

Dämmen, Lüften – Schimmel vermeiden: Energiesparen mit Experimenten erklären

Wilfried Walther & Janna Breitfeld

Abstract

In der bauberuflichen Aus- und Weiterbildung lassen sich mit Experimenten handlungsorientiert naturwissenschaftliche Lerninhalte mit technologischen Fachkenntnissen verknüpfen. Vor diesem Hintergrund werden im folgenden Beitrag drei Experimente aus dem Themenfeld „Richtig Heizen und Lüften“ vorgestellt, die mehrfach erfolgreich im Energie- und Umweltzentrum am Deister e. V. durchgeführt worden sind.

Schlagwörter: Experimente, Weiterbildung, Unterrichtsbeispiele, Bauphysik, Wohnen, energetische Sanierung, Wärmedämmung, Bauschaden

Einleitung

Experimentelles oder auch entdeckendes Lernen kennen die meisten aus dem Physik- und Chemie-Unterricht an allgemeinbildenden Schulen. Doch lässt sich diese Methode auch in der beruflichen Aus- und Weiterbildung für gewerblich-technische bzw. bau- und holztechnische Berufe anwenden? Im Folgenden wird dargestellt, wie mit dem Einsatz von Experimenten zum Thema Bauphysik sowohl Zusammenhänge bzw. bautechnische Lösungen nachvollzogen als auch Fakten bestätigt werden können.

Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden drei Experimente vorgestellt, die besonders großen Anklang bei Workshop-Teilnehmenden in mehrfach erfolgreich durchgeführten Kursen des Energie- und Umweltzentrum am Deister e. V. gefunden haben.¹ In den Experimenten geht es um

- die Oberflächentemperatur,
- die Wärmeleitfähigkeit von Materialien
- sowie um Wärmewiderstände.

Beratende und Lehrkräfte zum energieeffizienten Bauen werden mit vielen Fragen konfrontiert. Bringt Dämmung wirklich etwas? Entsteht dabei nicht Schimmel? Wie lüfte ich richtig? Müssen Wände nicht atmen können? Hinter solchen Fragen und Vorbehalten stecken oft bauphysikalische Zusammenhänge, die zunächst kompliziert erscheinen. Doch das muss nicht sein. Wie sich Bauphysik anschaulich erklären lässt, zeigt Wilfried Walther, Sachverständiger für Bauphysik, im Energie- und Umweltzentrum am Deister in Springe. Er entwickelte zwanzig Experimente und Modelle, mit denen sich oben genannte Fragen verständlich beantworten lassen. 2023 führte er dazu Workshops mit über 130 Multiplikator:innen durch. Das Projekt wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt sowie der IKEA Stiftung gefördert und von der BlowerDoor GmbH, der proclima Moll bauökologische Produkte GmbH sowie der Vallox GmbH finanziell unterstützt.

¹ Das Energie- und Umweltzentrum am Deister (e.u.[z.]) wurde 1981 als erstes Bildungszentrum für regenerative Energien und ökologisches Bauen in Deutschland gegründet. Auf seinem naturnahen Gelände zeigt das e.u.[z.] mit Gebäuden im Niedrigenergie- und Passivhaus-Standard, Solaranlagen, Pflanzenkläranlage u. v. m., wie sich die Energiewende umsetzen lässt. Bei seinen Seminaren und Tagungen erhalten Bauschaffende direkt anwendbares Praxiswissen u. a. zu Luftdichtheit, Bauphysik, erneuerbare Energien und Holzbau. Es ist anerkannter außerschulischer Lernort und bietet auch Gästezimmer und Räumlichkeiten sowie vegan-vegetarische Verpflegung an. Website: <https://e-u-z.de/>

1 Wie vermeide ich Schimmel auf Wandoberflächen?

Wenn wir Schimmel an der Wand vorfinden, erklären wir uns diesen oft mit unzureichendem Lüften und zu feuchter Raumluft. Doch ein weiterer Faktor wird dabei häufig außer Acht gelassen: die Temperatur auf der Wandoberfläche, die sogenannte Oberflächentemperatur. Im ersten Experiment schauen wir uns an, unter welchen Umständen diese ebenfalls Ursache von Schimmelwachstum sein kann.

1.1 Welche Rolle spielt die Oberflächentemperatur?

Schimmel entwickelt sich oft nur an bestimmten Stellen einer Wand, z. B. in der Nähe eines Fensters oder in einer Ecke. Schauen wir uns die Wand mit einer Thermografiekamera an, werden wir sehen, dass diese nicht überall die gleiche Temperatur hat. Manche Stellen sind wärmer und andere kälter. An den kälteren Stellen nimmt die Oberfläche mehr Feuchtigkeit aus der Luft auf. Dadurch wird das Wachstum von Schimmel aktiviert. Die Oberflächentemperatur entscheidet somit maßgeblich darüber, ob Schimmel wächst oder nicht.

Um herauszufinden, bei welcher Temperatur Schimmel entsteht und bei welcher nicht, vergleichen wir eine Foto- und Thermografie-Aufnahme derselben Wand. Legen wir beide Aufnahmen nebeneinander, können wir feststellen, dass ein Temperaturunterschied von weniger als 0,5 Grad schon darüber entscheidet, ob sich Schimmel bildet. Für viele Workshop-Teilnehmende ist es erstaunlich, wie klein die Temperaturunterschiede der Wandoberflächen zwischen den Bereichen mit und ohne Schimmel sind. Eine bildliche Darstellung hilft somit, Menschen für die Rolle der Oberflächentemperatur zu sensibilisieren.

1.2 Wodurch lässt sich die Oberflächentemperatur beeinflussen?

Nun geht es um die Frage, welche Faktoren bestimmen, ob die Temperatur einer Wandoberfläche bei z. B. 12 °C oder bei 13 °C liegt. Dazu haben wir ein Experiment entwickelt, das zeigt, wie die Oberflächentemperatur auf Wärmestrahlung, Abschirmung durch Möbel, Konvektion und Wärmeleitung reagiert. Viele Begriffe kennen die Teilnehmenden bereits aus der Theorie. Doch niemand hat die Effekte bisher in Echtzeit beobachtet.

Für den Versuch setzen wir eine Kühlkomresse aus dem Gefrierschrank in eine Box aus Holzfaserdämmplatten ein. Die Kühlkomresse steht dabei für die kalte Außenluft. Die Vorderseite der Box wird durch eine Tapete abgedeckt und symbolisiert so die Wandoberfläche. Die Komresse wird im Innern der Box fixiert, sodass sie nicht die Tapete berührt. Ihr Abstand zur Tapete beträgt ca. zwei Zentimeter.

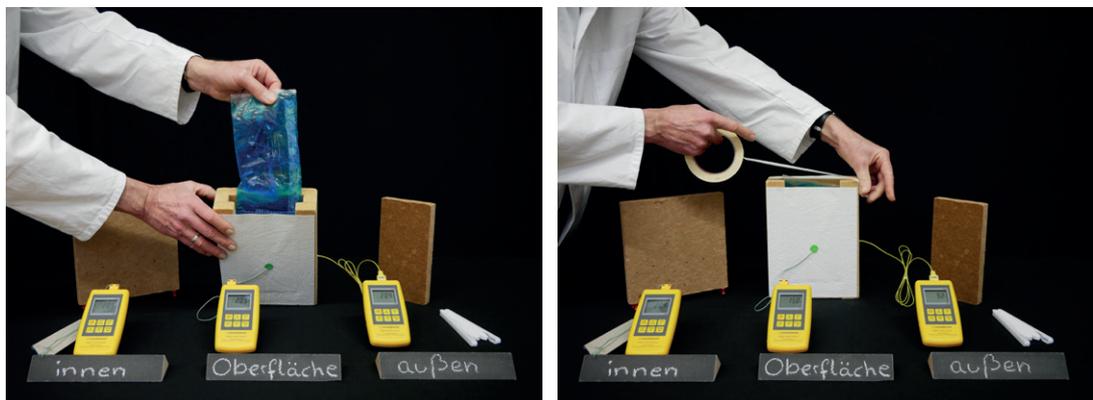


Abb. 1: Kühlkomresse in Box einsetzen und verschließen (Quelle: e.u.[z.] (2024))

Ein Sekundenthermometer, das sehr schnell und präzise Temperaturänderungen registriert, misst die Temperatur der Kühlkomresse, die die „Außenluft“ darstellt. Das zweite Sekundenthermometer misst die Oberflächentemperatur der Tapete und das dritte die

Raumtemperatur. Innerhalb von zwei Minuten stabilisieren sich die Werte. Um die Entwicklung der Oberflächentemperatur zu dokumentieren, tragen wir die Werte in eine Tabelle ein.

Nun bringen wir mit einem Fächer die Raumluft vor der Box in Bewegung. Bei der Frage, ob die Oberflächentemperatur sinken oder steigen wird, sind sich die Teilnehmenden nicht immer einig. Manche überrascht es, dass die Temperatur der Wandoberfläche ansteigt, da viele mit einem Fächer einen kühlenden Effekt assoziieren. Warum es sich hier anders verhält, können sich nicht alle sofort erklären. Die Oberflächentemperatur steigt an, weil durch die Luftbewegung der Oberfläche mehr Energie zugeführt wird.



Abb. 2: Luft zufächeln (Quelle: eu.[z.] (2024))

Wie reagiert nun die Oberflächentemperatur, wenn wir eine Art Schrank vor die Wand stellen? Dazu nehmen wir eine Holzfaserdämmplatte und platzieren sie mit zwei Zentimetern Abstand vor der Box. Die Temperatur sinkt rapide und ist deutlich niedriger als zu Beginn des Experiments. Das Fazit lautet: Wird ein Gegenstand vor die Oberfläche gestellt, kann weniger Wärmestrahlung aus der Umgebung zur Oberfläche gelangen.

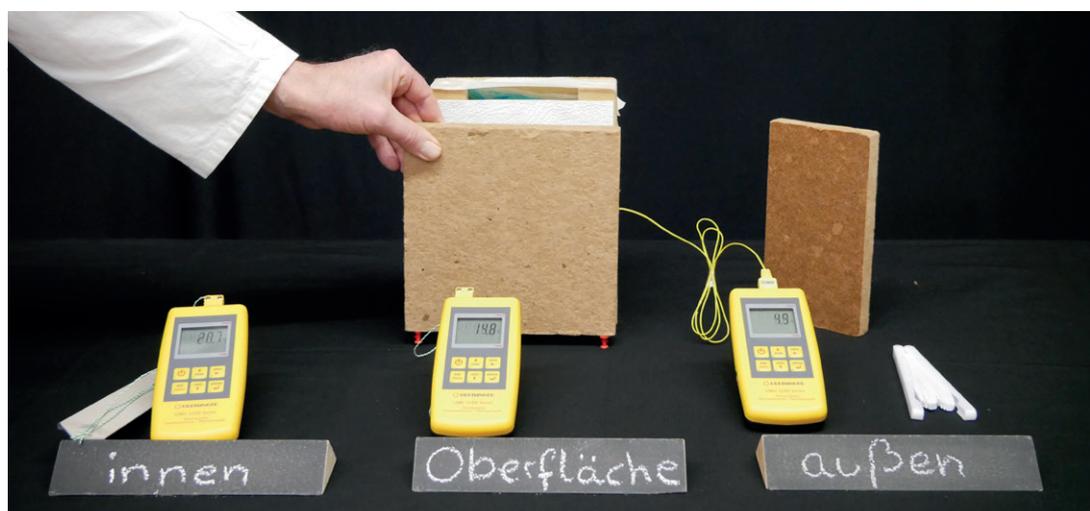


Abb. 3: Ein „Schrank“ vor der Außenwand (Quelle: eu.[z.] (2024))

Als nächstes schauen wir uns den Effekt einer Außendämmung an. Der Schrank bleibt dabei vor der Box stehen. Doch setzen wir in den Hohlraum zwischen Tapete und Kühlkomresse eine Dämmplatte ein. Nach kurzer Zeit steigt die Oberflächentemperatur an. Das lässt sich folgendermaßen erklären: Durch die Dämmung wird der Wärmewiderstand mehr als verdoppelt. Es fließt somit deutlich weniger Wärmeenergie von der Tapete zur Kühlkomresse und die Wärmeenergie, die aus der Umgebung auf die Tapete gelangt, kann diese nun deutlich mehr erwärmen.

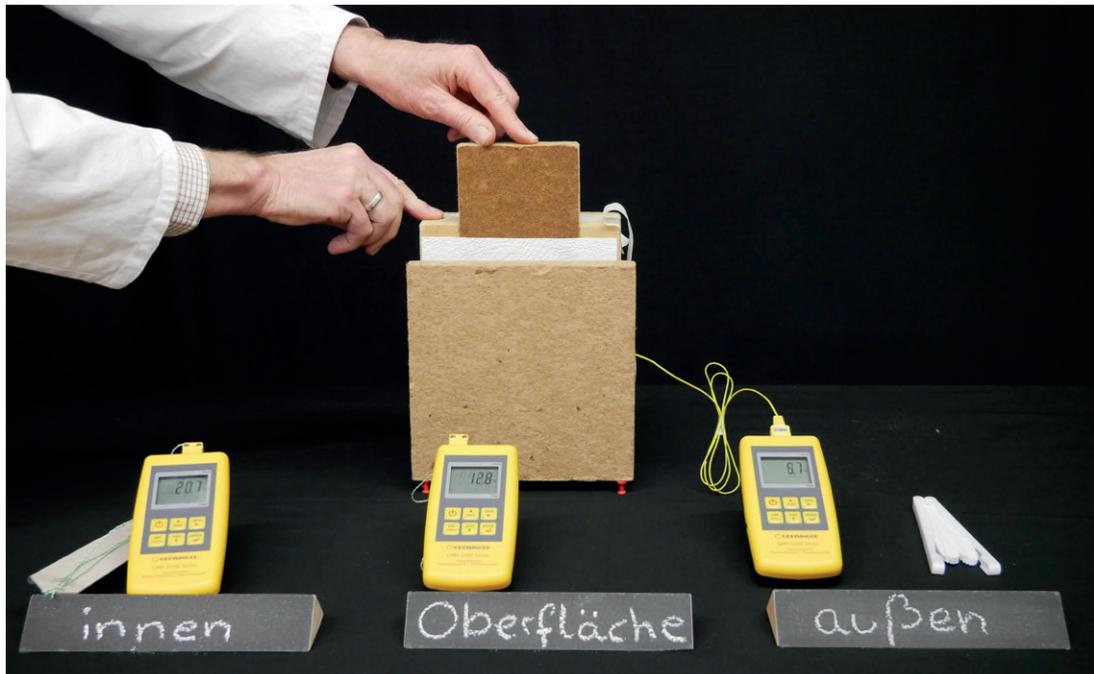


Abb. 4: Dämmung einsetzen (Quelle: e.u.[z.] (2024))

Zum Abschluss geht es darum, den Effekt einer Wärmequelle und einer zusätzlichen Wärmesenke zu beobachten. Zunächst entfernen wir den Schrank. Stattdessen halten wir eine warme Komresse im rechten Winkel zur Box. Durch ihre Wärmestrahlung erwärmt die Komresse die Tapete. Somit steigt die Oberflächentemperatur an. Wir können das z. B. mit einem Heizkörper vergleichen, der ebenfalls Strahlungswärme auf die Wandoberfläche überträgt.

Den umgekehrten Effekt erzielen wir mit einer kalten Komresse, die z. B. ein kaltes Fenster symbolisiert. Die Wärme der Tapete strömt nun nicht mehr ausschließlich zur Kühlkomresse an ihrer Rückseite, sondern auch zur zweiten kalten Komresse, dem Fenster. Da somit zusätzlich Wärme abwandert, sinkt die Oberflächentemperatur an der Tapete.

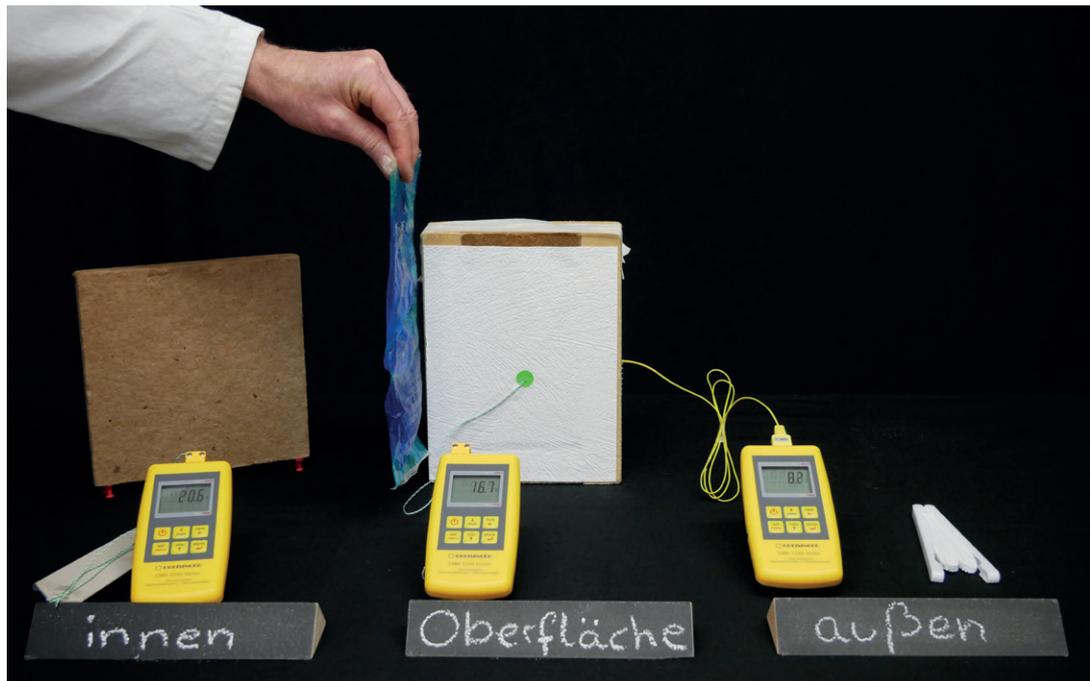


Abb. 5: Wärmequelle / Wärmesenke (Quelle: e.u.[z.] (2024))

Mit diesem Experiment können wir anschaulich zeigen, dass die Oberflächentemperatur keine konstante Größe ist, sondern auf Abschirmung durch Möbel, Dämmung, Luftbewegung, warme und kalte Flächen (z. B. Heizkörper, Fenster) sowie auf die Raum- und Außentemperatur reagiert.

Als Fazit können wir festhalten:

Grundsätzlich sollten wir dafür sorgen, dass die Wandoberflächen bei uns zu Hause nicht zu sehr abkühlen. Kurzfristig erreichen wir das durch Heizen, langfristig durch Dämmen. Ist unsere Wand nicht gedämmt, sollten wir keine großen Möbel vor die Außenwand stellen, sonst kühlt die Wandoberfläche so stark ab, dass sich dort Schimmel bilden kann. Ist die Wand gedämmt, können wir unsere Möbel sorglos so stellen, wie es uns beliebt.

2 Wie schnell ist Wärme?

Mit dem folgenden Experiment lässt sich der Begriff „Wärmeleitung“ veranschaulichen. Es zeigt, wie schnell Wärme durch unterschiedliche Materialien hindurchfließt. Dazu haben wir Stäbe aus Holz, Ziegel, Glas, Edelstahl, Aluminium und Stahl angefertigt. An jedem Stab wird mit Wachs eine Glocke befestigt. Wir setzen die Stäbe zeitgleich in Behälter mit heißem Wasser ein und stoppen die Zeit bis das Wachs am Ende der Stäbe schmilzt und die Glocke herunterfällt. Die Teilnehmenden sollen raten, bei welchem Material das Wachs als erstes schmelzen und die Glocke herunterfallen würde. Die meisten können die Zeitspanne nicht genau einschätzen und schwanken zwischen Stahl und Aluminium. Alle warten gespannt darauf, wo die erste Glocke herunterfällt und wollen wissen, ob sie richtig getippt haben. Durch das Raten und den Spannungseffekt sind bei diesem Experiment alle Teilnehmenden aufmerksam und aktiv dabei.



Abb. 6: Bei welchem Material fällt die Glocke als erstes herunter? (Quelle: e.u.[z.] (2024))

Die Auflösung erfolgt nach wenigen Minuten. Bei Aluminium fällt die Glocke als erstes herunter, gefolgt von Stahl und Edelstahl. Dies entspricht auch der Reihenfolge der abnehmenden Wärmeleitfähigkeit der Materialien, die in Datenblättern angegeben wird.

Mit dem Experiment zeigen wir, dass es maßgeblich von der Wärmeleitfähigkeit des Materials abhängt, wie schnell die Wärmeenergie durch das Material hindurchgeht. Die Erklärung lässt sich beliebig ausweiten. Wir stellen z. B. anhand einer Tabelle die Wärmeleitfähigkeit und den Wärmewiderstand der verschiedenen Materialien gegenüber. Als Fazit geben wir den Teilnehmenden mit auf den Weg, dass wir im Bauwesen nur Materialien verwenden sollten, die unter Berücksichtigung der sonstigen Anforderungen, eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzen. Zusätzlich sollten wir Baustoffe mit Dämmmaterialien kombinieren.

3 Wie wirken Wärmewiderstände?

Widerstände kennen wir alle, z. B. den inneren Widerstand, wenn wir etwas nicht möchten oder den Widerstand innerhalb einer Gesellschaft. Auch wenn wir bei Gegenwind Fahrrad fahren, spüren wir einen Widerstand. Selbst ein Gebäude besteht aus Widerständen. Sie haben Einfluss darauf, wie schnell Wärme von innen nach außen durch die Konstruktion hindurchfließt und wie hoch unsere Heizkosten werden. Wie groß ihre Wirkung ist, zeigen wir mit der folgenden Darstellung. Gemeinsam mit den Teilnehmenden visualisieren wir eine Wandkonstruktion, z. B. Mauerwerk, Luftschicht, Holzpaneel und Dämmung, mit verschiedenen farbigen Stoffstreifen. Die Breite der Stoffe entspricht allerdings nicht der realen Breite der Schichten, sondern ihrem jeweiligen Wärmewiderstand. Die Stoffe werden nacheinander an einer Stange aufgehängt. Rechts und links der Konstruktion befindet sich eine Temperaturskala für die Innen- bzw. Außenlufttemperatur von -5°C bis $+20^{\circ}\text{C}$. Indem wir eine Gummischur von einer Skala zur anderen spannen, stellen wir den Temperaturverlauf innerhalb der Wandkonstruktion dar. Im Folgenden erläutern wir drei verschiedene Wandaufbauten.

Variante 1: Wandkonstruktion mit Holzpaneel

Um eine Wandkonstruktion mit Holzpaneel darzustellen, werden fünf verschieden farbige Stoffe nebeneinander an einer Stange aufgehängt. An der Innenseite wird ein Stoff befestigt, der den „Übergangswiderstand innen“ darstellt, gefolgt von einem Stoff als „Holzpaneel“. Daneben wird ein Stoff aufgehängt, der eine Luftschicht symbolisiert.

Das Mauerwerk aus Kalksandstein mit einer Dicke von 24 Zentimetern wird mit einem roten Stoff dargestellt. Ein weiterer symbolisiert den „Übergangswiderstand außen“. Nun spannen wir die rote Gummischnur und fixieren sie an der Innenseite der Konstruktion bei $+20\text{ °C}$ und an der Außenseite bei -5 °C . Anhand der Schnur können die Teilnehmenden den Temperaturverlauf innerhalb der Konstruktion verfolgen und z. B. die Temperatur an der Oberfläche des Holzpaneels ablesen. Diese liegt bei 16 °C . Diese Temperatur ist aus Sicht des Mindestwärmeschutzes in Ordnung. Doch nun wollen wir in der nächsten Darstellung einen Schrank an diese Wand stellen. Was passiert dann mit der Oberflächentemperatur am Holzpaneel?

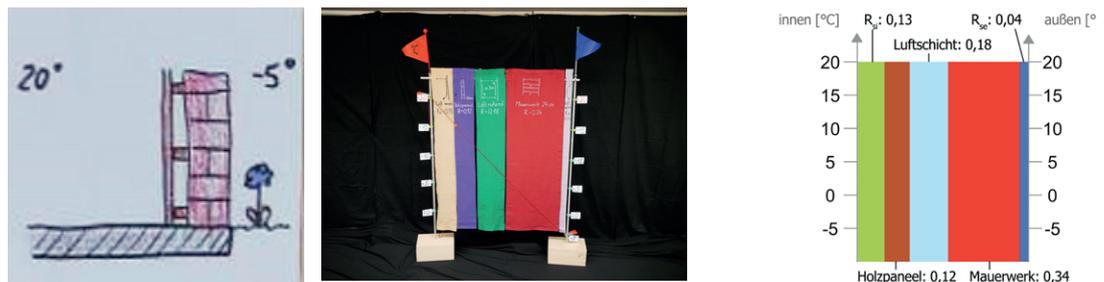


Abb. 7: Wandkonstruktion mit Holzpaneel – verschiedene Darstellungen
(Quelle: e.u.[z.] (2024))

Variante 2: Schrank an ungedämmter Außenwand

Bei der zweiten Variante schauen wir, wie sich die Temperatur am Holzpaneel verändert, wenn wir einen Schrank davorstellen. Dazu ersetzen wir den Stoff, der die „Luft innen“ darstellt, durch einen Stoffstreifen, der einen Schrank verkörpern soll. Der Stoff ist aufgrund des großen Widerstands eines Schrankes deutlich breiter. Anhand der roten Schnur ist nun zu sehen, dass die Temperatur am Holzpaneel nur noch 10 °C beträgt. Bei dieser Temperatur kann sich Schimmel hinter dem Schrank bilden. Was können wir tun, um dies zu verhindern? Dämmen wäre eine Option. Im nächsten Schritt zeigen wir den Effekt einer Innendämmung.



Abb. 8: Schrank an ungedämmter Außenwand – verschiedene Darstellungen
(Quelle: e.u.[z.] (Jahreszahl))

Variante 3: Schrank und Innendämmung

Bei der dritten Variante simulieren wir eine Innendämmung. Hierzu wird die „Luftschicht“ zwischen Holzpaneel und Mauerwerk durch zwei Stoffe ersetzt, die den Wärmewiderstand von je drei Zentimetern Dämmung darstellen. Die Stoffe sind wesentlich breiter als die der anderen Schichten und verdeutlichen somit den größeren Wärmewiderstand von Dämmung im Vergleich zu den anderen Schichten wie das Mauerwerk. Anhand der Schnur ist wieder der Temperaturverlauf zu sehen. Die Temperatur am Holzpaneel beträgt nun wieder 16 °C .



Abb. 9: Schrank und Innendämmung – verschiedene Darstellungen (Quelle: e.u.[z.] (Jahreszahl))

Mit diesem Modell zeigen wir, welchen Einfluss Wärmewiderstände auf den Temperaturverlauf innerhalb einer Konstruktion und auf die Oberflächentemperatur an der Innenseite der Wand haben. Je größer der Wärmewiderstand, desto langsamer strömt die Wärme hindurch und desto höher bleibt die Oberflächentemperatur. Das Modell veranschaulicht somit auch den Wärmetransport. Mit dieser Darstellung lässt sich auch anschaulich erklären, warum wir keine Möbel an eine ungedämmte Außenwand stellen sollten. Indem uns die Größenunterschiede vor Augen geführt werden, begreifen wir, wie klein der Wärmewiderstand massiver Baustoffe und wie mächtig der Wärmewiderstand von Dämmmaterialien ist.

Zusammenfassung

Die Experimente und Modelle finden großen Anklang, weil mehrere Sinne gleichzeitig angesprochen werden, vor allem der Sehsinn. Damit können Teilnehmerinnen und Teilnehmer bauphysikalische Zusammenhänge, die sie bisher nur aus Lehrbüchern kennen, in dreidimensionaler Form vor sich sehen und in Echtzeit erleben. Wichtig erscheint erfahrungsgemäß zudem eine entspannte Lernatmosphäre, in der Humor und insbesondere Interaktion erlaubt sind. Da während des Seminars – vergleichbar mit einem beruflichen „Stationenlernen“ – von Experiment zu Experiment gewandert wird, bleiben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in Bewegung und können Verbindungen zwischen den Experimenten, Themen und Erkenntnissen herstellen. Indem sie manche Experimente selbst durchführen, Antworten selbst formulieren und eigene Hypothesen entwickeln können, bleiben sie aufmerksam. Durch den engen Bezug der Experimente zur beruflichen Praxis, können die Teilnehmenden die Erkenntnisse direkt in ihren eigenen (Berufs-)Alltag übertragen.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Kühlkompressur in Box einsetzen und verschließen, Quelle: e.u.[z.]
- Abb. 2: Luft zufächeln, Quelle: e.u.[z.]
- Abb. 3: Ein „Schrank“ vor der Außenwand, Quelle: e.u.[z.]
- Abb. 4: Dämmung einsetzen, Quelle: e.u.[z.]
- Abb. 5: Wärmequelle / Wärmesenke, Quelle: e.u.[z.]
- Abb. 6: Bei welchem Material fällt die Glocke als erstes herunter?, Quelle: e.u.[z.]
- Abb. 7: Wandkonstruktion mit Holzpaneel – verschiedene Darstellungen, Quelle: e.u.[z.]
- Abb. 8: Schrank an ungedämmter Außenwand – verschiedene Darstellungen, Quelle: e.u.[z.]
- Abb. 9: Schrank und Innendämmung – verschiedene Darstellungen, Quelle: e.u.[z.]

Autorinnen- und Autorenangaben

Wilfried Walther

Energie- und Umweltzentrum am Deister e. V.
Springe-Eldagsen
walther@e-u-z.de

Janna Breitfeld

Energie- und Umweltzentrum am Deister e. V.
Springe-Eldagsen
breitfeld@e-u-z.de

Zitieren dieses Beitrags

Walther, W. & Breitfeld, J. (2024). Dämmen, Lüften – Schimmel vermeiden: Energie-sparen mit Experimenten erklären. BAG:on – Online-Journal der BAG Bau, Holz, Farbe, 1(1), 50–58. <https://doi.org/10.69804/bagon.v1i1.9>