

Wärmeverluste

1 Kurzübersicht

Neben der Energiegewinnung und dem Verkehr ist das Bauen einer der drei großen Bereiche, in denen gravierende Veränderungen stattfinden müssen, um langfristig CO₂-Neutralität und damit das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen. So können die Folgen des anthropogenen Klimawandels gemindert werden. Ein zentrales Mittel, um den Energieverbrauch von Gebäuden zu senken, ist die Wärmedämmung. Diese verhindert das Entweichen von Wärmeenergie aus dem Innenraum, wodurch weniger geheizt werden muss. Da dies vielerorts noch mit fossilen Brennstoffen wie Heizöl und Gas erfolgt, wird somit der CO₂-Ausstoß verringert. Die Anzahl unsanierter Gebäude in Deutschland ist jedoch noch sehr hoch. Etwa 75 % der Wohneinheiten sind vor 1979 und damit vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet worden. Von diesen 75 % sind weitere 70 % unzureichend oder gar nicht gedämmt (Stand 2019).¹

Wohnen bildet jedoch einen zentralen Bestandteil im Leben aller Menschen und damit auch im Leben von Schülerinnen und Schülern. Vielen ist ebenfalls das Problem einer mangelnden Dämmung der Wohnung bekannt. Im Sommer ist es in Innenräumen auch nachts unangenehm warm (insbesondere bei Altbauten) und im Winter viel zu kühl. Gerade in Zeiten unsicherer Versorgung mit geeigneten Energieträgern müssen Wege zur Einsparung von Energie gefunden werden. In diesem Modul sollen sich Schülerinnen und Schüler mit Möglichkeiten des nachhaltigen Bauens und Wohnens auseinandersetzen und diese näher erforschen. Dabei wird der Fokus vor allem auf die Gebäudedämmung gelegt. Je nachdem wie die Zukunftspläne der Schülerinnen und Schüler aussehen, schadet ein Bewusstsein über Gebäudedämmung und der damit einhergehenden Kostenersparnis keineswegs der zukünftigen Wohnungswahl.

2 Thematische Einordnung

Dieser Bildungsbaustein ist für eine 90-minütige, selbstständige Gruppenarbeit in Gruppen (drei bis vier Schülerinnen und Schüler) konzipiert. Im Vordergrund dieses Moduls stehen die Unterrichtsfächer Physik und Geographie. Es wird die Wärmedämmung von Gebäuden betrachtet. Dazu sollen die Schülerinnen und Schüler sich zum einen theoretisch damit auseinandersetzen und zum anderen praktisch, indem sie mit einer Wärmebildkamera experimentieren. Mithilfe der Wärmebildkamera sollen in der Umgebung des Schulhauses gut von schlecht gedämmten Gebäuden unterschieden werden. Für diesen Bildungsbaustein sind Vorkenntnisse über den anthropogenen Klimawandel, dem Wärmehaushalt der Erde, insbesondere der Infrarotstrahlung sowie über fossile Heizstoffe, wie Heizöl und deren Rolle im anthropogenen Treibhauseffekt vorteilhaft.

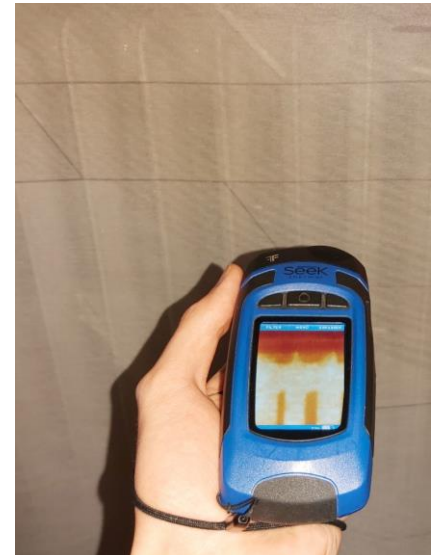


Abbildung 1 Wärmebildkamera

3 Benötigte Materialien

Im SENSOR-Paket enthalten:

Bezeichnung	Anzahl	Bezugsquelle (Beispiel)
Wärmebildkamera	1	https://www.voelkner.de/products/2647408/Infrarotkamera-Seek-Thermal-Reveal.html?offer=6cac6496dfb227c9435a2829573b6404&utm_source=preissuchmaschine&utm_medium=CPC&utm_campaign=Q69385703-2647408-13889&utm_content=extern&utm_term=334050337656489216

¹ Umweltbundesamt (2019): Wohnen und Sanieren – Empirische Wohngebäudedaten seit 2002. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-23_cc_22-2019_wohnenundsaniieren_hintergrundbericht.pdf, letzter Zugriff: 29.07.2022.

4 Ablauf

4.1. Einstieg – Nachhaltigkeit im Kontext des Wohnens und Bauens

Für die Bearbeitung der ersten Aufgabe wäre die Bereitstellung eines PC-Raums oder die Nutzung der eigenen Smartphones vorteilhaft. Diese Aufgabe dient dem allgemeinen Einstieg in das Thema. Dafür sollen sie recherchieren, was unter Nachhaltigkeit im Kontext des Bauens und Wohnens verstanden wird. Bei einer kurzen Recherche werden vor allem die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit gefunden werden, da der Fokus im Bereich Bauen und Wohnen darauf liegt. Mit der Planung soll vor allem der Verbrauch von Energie und Ressourcen minimiert werden. Das bedeutet: flächensparend bauen, Beachtung der Recyclingfähigkeit der genutzten Materialien oder die Frage, woher gewinne ich meinen Strom. Passende Beispiele sind dementsprechend die Einbindung erneuerbarer Energien wie Wind oder Solarenergie, die Wärmedämmung oder auch der Bau von Kleinsthäusern. Mit allen Möglichkeiten kann der CO₂ Ausstoß verringert werden, da bspw. keine fossilen Brennstoffe verbrannt werden müssen oder Pflanzen dies speichern. Dieses Modul fokussiert stark den ökologischen Aspekt des nachhaltigen Wohnens. Es empfiehlt sich daher Schülerinnen und Schülern vorzuschlagen, bei der Recherche den wirtschaftlichen und sozialen Bereich zu betrachten. Dazu zählt u. a. der soziale Wohnungsbau, faire Bezahlung der Arbeitskräfte oder die Betrachtung der entstehenden Kosten im Vergleich zur Haltbarkeit eingesetzter Materialien. Dies kann während der Erarbeitung geschehen oder am Ende des Moduls im Plenum diskutiert werden. So wird verdeutlicht, dass Nachhaltigkeit nicht nur aus ökologischen, sondern auch aus wirtschaftlichen und sozialen Aspekten besteht.

4.2. Was ist eine gute Gebäudedämmung

Zuerst arbeiten die Schülerinnen und Schüler mit der Quelle „Dämmstoffe“. Dieses Material umfasst die Themen des U-Werts, was im Haus gedämmt werden kann, wo gedämmt werden muss und welche Dämmmaterialien es gibt. Der U-Wert wird auch Wärmedurchgangskoeffizient genannt und ist der Wert, der bei Entscheidungen zur Wärmedämmung eingehalten bzw. berücksichtigt werden muss. Er gibt an, wie groß der Wärmeverlust der Fläche pro m² ist. Dieser ist abhängig von der Wärmeleitfähigkeit des genutzten Materials sowie der Dicke des Bauelementes. Je niedriger der Wert ist, desto besser ist die Isolationswirkung. Abbildung 2 zeigt, welche Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) bei Neubauten oder Sanierungen nicht überschritten werden dürfen.

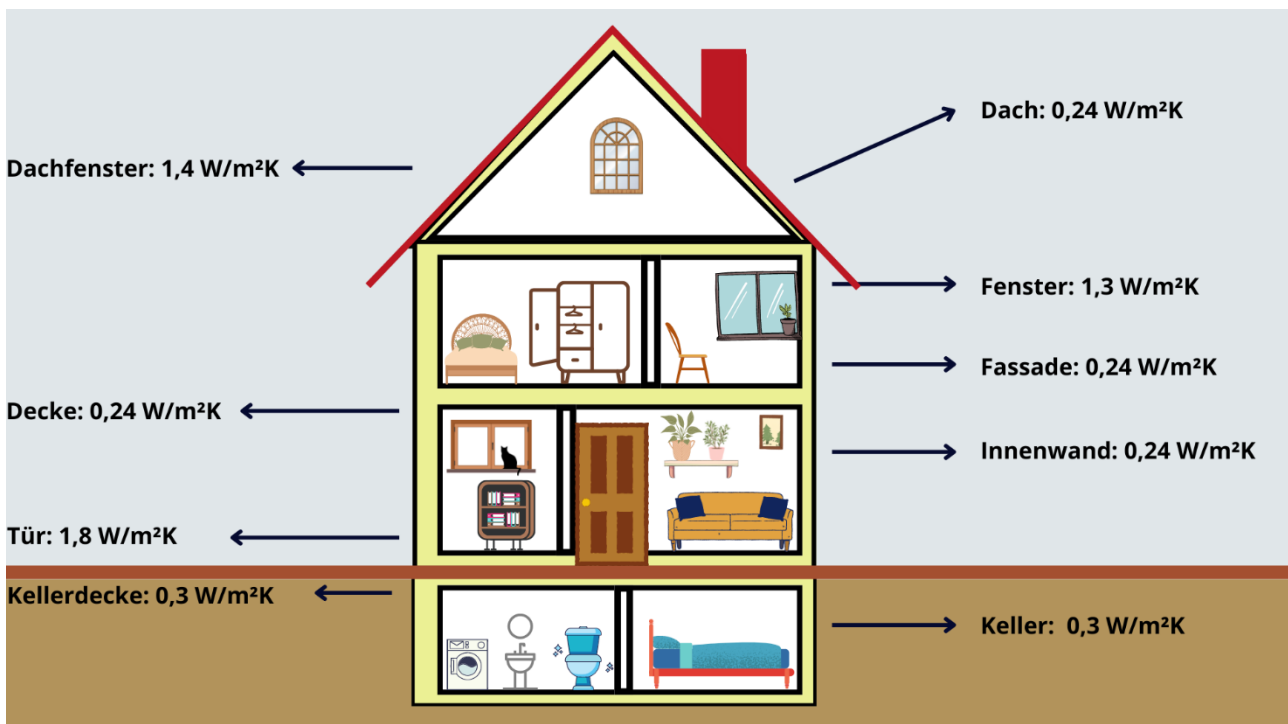


Abbildung 2 Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) verschiedener Flächen bei Neubauhäusern in W/(m²K)

Die Aufgabe 2 c) soll das Verständnis des U-Wertes verstärken. Dafür berechnen die Schülerinnen und Schüler den Wärmeverlust eines beschriebenen Gebäudes im unisolierten und gedämmten Zustand. Der Wärmeverlust eines Gebäudes lässt sich wie folgt bestimmen:

$$\text{Gesamtwärmeverlust der Bezugsfläche} = (U - \text{Wert}) * \text{Fläche (A)} * \text{Temperaturdifferenz } (\Delta T)$$

Dabei wird die Fläche in Quadratmetern [m^2] angegeben und die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und Außenwand in Kelvin [K]. Der U-Wert ist die Leistung Watt pro Quadratmeter*Kelvin sodass die Einheit der Wärmeverlustleistung Watt [W] entspricht.

Musterlösung der Aufgabe 2 c)

	U-Wert		Fläche	Temperaturdifferenz	Wärmeverlust	
	unisoliert	gedämmt			unisoliert	gedämmt
Fassade	$1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$	232 m^2	$(20^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})) = 30 \text{ K}$	12.528 W	$1.604,4 \text{ W}$
Dach	$2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$	220 m^2	$(22^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})) = 32 \text{ K}$	18.304 W	$1.689,6 \text{ W}$
Fenster	$2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	$1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	48 m^2	$(20^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})) = 30 \text{ K}$	2.880 W	1.872 W
Gesamtwärmeverlust:					33.712 W	5.166 W

In Aufgabe 2 d) können Schülerinnen und Schüler das beschriebene Eigenheim komplett neu dämmen. Unter Berücksichtigung von M2 sollen sie die Fragen beantworten, welches Dämmmaterial sie verwenden würden, wo sie dämmen und ob sie verschiedene Materialien für unterschiedliche Bauteile nutzen würden. Hierfür gibt es keinen Erwartungshorizont, da komplett frei gewählt werden kann, was die Entscheidungskriterien sind. Ist der Preis besonders wichtig oder die benötigte Dicke? Wird auch auf die Haltbarkeit oder Recyclingfähigkeit des Dämmmaterials geachtet? Die Begründung ihrer Entscheidung stellt später eine Diskussionsgrundlage dar. Wichtig ist bei dieser Aufgabe nur, dass das Dach und die Fassade gedämmt werden müssen, um die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten.

Im Jahr 2010 verabschiedete das Europäische Parlament und der Europäische Rat die Richtlinie [2010/31/EU](#).² Sie dient der Förderung der Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Diese Richtlinie wird in Deutschland mit dem Gebäudeenergiegesetz umgesetzt. Seit 2013 schreibt dieses Gesetz einen U-Wert für Fassaden und Dächer von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei Neubauten oder Sanierungen vor. Für neue Fenster gilt ein U-Wert von höchstens $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dachfenster dürfen einen U-Wert von $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschreiten.

4.3. Warum eine gute Gebäudedämmung wichtig ist

Innerhalb dieser Aufgabe wägen die Schülerinnen und Schüler ab, warum eine gute Gebäudedämmung wichtig ist. Vorteile einer guten Wärmeisolation sind zum einen ein geringerer Heizbedarf und damit geringere Heizkosten und ein sparsamer Umgang mit Ressourcen. Zum anderen kommt im Sommer die Hitze nicht ins Haus und es bleibt angenehm kühl. Ein gut installierter Dämmstoff senkt ebenfalls das Schimmelrisiko in der Wohnung und steigert den Marktwert der Immobilie. Als Nachteil gilt neben den hohen anfallenden Kosten der bauliche Aufwand bei einer kompletten Sanierung des Gebäudes.

Musterlösung zu Aufgabe 3

Eine gute Gebäudedämmung ...	Wahr	Falsch
... führt zu Wärmeverlusten im Haus.		x
... führt zu geringerem Heizbedarf.	x	
... wird nur bei Gebäuden mit mindestens drei Etagen angewendet.		x
... hilft sowohl im Winter als auch im Sommer.	x	
... ist nicht verpflichtend für Eigentümer.		x
... ist nur dann sinnvoll, wenn mit fossilen Brennstoffen geheizt wird.		x
... führt zu Schimmel in der Wohnung.		x
... führt zu steigenden Heizkosten.		x

² Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.
 URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:de:PDF>, letzter Zugriff: 29.07.2022.

4.4. Experimentdurchführung – Arbeit mit der Wärmebildkamera

Für die Durchführung des Experiments eignen sich Wintermorgen am besten. Durch die Heizperiode können die tatsächlichen Wärmeverluste gemessen werden, da es einen ausreichend großen Temperaturunterschied zwischen der Innen- und Außenwand gibt. Warme Sommer- oder Nachmittage eignen sich nur bedingt dafür, denn diese können zu Verzerrungen der Ergebnisse führen.

Hierfür stellen die Schülerinnen und Schüler in Aufgabe 4 a) zuerst die Hypothese auf, wie mithilfe der Wärmebildkamera schlecht isolierte von gut gedämmten Gebäuden unterschieden werden können. Diese sollen sie anschließend nahe des Schulgebäudes untersuchen. Eine schlechte Isolierung wird dadurch ersichtlich, dass mehr Wärme aus dem Gebäude entweichen kann und die Wärmebildkamera eine höhere Oberflächentemperatur anzeigt. Die Kamera erstellt elektronisch die Oberflächentemperatur mithilfe der gemessenen Infrarotenergie (Wärmestrahlung), die von Gegenständen abgegeben wird. Je heller der Farbton (rot, orange, gelb und heller) ist, desto größer ist die Oberflächentemperatur und desto größer die abgegebene Wärme. Violett, blau und dunkler stellen die kälteren Bereiche dar. Die Benutzung der Wärmebildkamera ist sehr intuitiv. Damit diese an- bzw. ausgeschaltet wird, muss der mittlere Knopf gedrückt und gehalten werden. Die Oberflächentemperatur wird in der Mitte des Bildschirms angezeigt. Je nach Typ der Wärmebildkamera kann die Farbskala manuell angepasst werden.

Die Aufgabe beachtet jedoch nicht nur die Gebäudedämmung, sondern auch Unterschiede der Oberflächentemperaturen von Grünflächen und versiegeltem Grund, Fenstern sowie Sonnen- und Schattenseiten. Grünflächen erscheinen bei Sonneneinstrahlung stets kühler als versiegelte Flächen und die Sonnenseiten von Fassaden heizen sich stärker auf als die dazugehörigen Schattenseiten. Bei dauerhaft gekippten Fenstern gleicht sich die Innentemperatur an die Außentemperatur an, weshalb ein Wärmeaustausch nur bei geschlossenen Fenstern festgestellt werden kann.

Nachdem die Schülerinnen und Schüler die Beobachtungen festgehalten haben, können sie daraus Rückschlüsse auf die Funktionsweise der Wärmebildkamera ziehen. Im Anschluss sollen sie überprüfen, ob ihre Beobachtungen mit ihrer Hypothese übereinstimmen. Abschließend werden Überlegungen angestellt, welche Faktoren die Messung am Gebäude beeinflussen können. Diese Faktoren sind in der folgenden Tabelle 1 gesammelt. Aus ihnen wurden Hinweise abgeleitet, wann am besten eine Wärmebildkamera zum Einsatz kommt.

Tabelle 1 Einflussfaktoren und Hinweise bei der Messung mit der Wärmebildkamera

Faktoren, die die Messung beeinflussen	Hinweise zur Nutzung einer Wärmebildkamera
Wetterverhältnisse <ul style="list-style-type: none"> - Schneebedeckung: Teile des Hauses, die mit Schnee bedeckt sind, können von der Kamera nicht erfasst werden - viel Sonnenschein, hohe Außentemperaturen 	<p>Schneebedeckung sollte beim Messen vermieden werden. Die Dachflächen sind nicht repräsentativ.</p> <p>Idealerweise wird in den Morgen- oder Nachtstunden gemessen. An trüben Tagen kann auch tagsüber gemessen werden.</p>
Jahreszeit <ul style="list-style-type: none"> - Sommer: es findet keine Heizperiode statt und die Innen- und Außentemperaturen ähneln sich. - es findet kein Wärmeaustausch statt zwischen der Innen- und Außenwand, sodass v. a. nur die Sonneneinstrahlung gemessen wird. 	<p>Am besten ist die Messung im Winter zur Zeit der Heizperiode durchzuführen.</p>
Tageszeit <ul style="list-style-type: none"> - Nachmittag: das Haus hat sich schon über den Tag aufgeheizt und dies führt zu Verzerrungen der Ergebnisse. Das Wärmeleck am Haus kann somit nicht eindeutig identifiziert werden. 	<p>Idealerweise wird in den Morgen- oder Nachtstunden gemessen. An trüben Tagen kann auch tagsüber gemessen werden.</p>
Lüftung <ul style="list-style-type: none"> - offene Fenster: dies führt zu einem Angleichen der Innen- und Außentemperatur, sodass der tatsächliche Wärmeaustausch nicht gemessen werden kann. Wärmelecks können auch hiermit nicht eindeutig identifiziert werden. 	<p>Bei der Messung sollte auf geschlossene Fenster geachtet werden. Es sollte vorher kein Kipplüften stattfinden, sondern wenn nur Stoßlüften.</p>

4.5. Auswertung und Sicherung

Mit der letzten Aufgabe soll ein individuelles Fazit den Ergebnissen gezogen werden. Dabei wird idealerweise die Forschungsfrage: „Wie kann durch eine gute Gebäudedämmung zum Klimaschutz beigetragen werden?“ im Plenum beantwortet. Das Fazit einzelner Schülerinnen und Schüler kann unterschiedlich ausfallen.

Um die gesamte Einheit abzurunden, kann auf die erste Aufgabe noch einmal eingegangen und ein allgemeines Fazit zur Nachhaltigkeit im Bauen und Wohnen gezogen werden. Eine mögliche Einordnung in die Säulen der Nachhaltigkeit ist hier ebenfalls möglich.