

Wärmedämmung – Das Element des Wohlbefindens



Gattlen Larissa
Leginglenstrasse 15a
7320 Sargans

Ackle Tabea
Ahornstrasse 1
9444 Diepoldsau

IDPA 2014

Buchs, 13.03.2014

Berufs- und Weiterbildungszentrum Buchs

Abstract

Wärmedämmung gibt es schon seit hundert Jahren. Der Grundstein einer Wärmedämmung ist die eingeschlossene Luft in den Poren der Dämmung. Luft die ruht, leitet keine Wärme. So wird im Sommer die warme Luft draussen gehalten und im Winter die Wärme im Gebäude gespeichert. In den meisten Fällen wird eine Aussenwärmedämmung angebracht. Der Dämmstoff liegt ausserhalb der tragenden Wand. Bei der Innendämmung, die nur bei Sanierungen von alten Gebäuden verwendet wird, wird die Dämmung auf der Innenseite der Wand angebracht.

Die vielen verschiedenen Dämmstoffarten sind in Gruppen eingeteilt und weisen daher unterschiedliche Eigenschaften auf. Zudem werden die Dämmarten nach Kennwerten qualifiziert.

Der U-Wert, auch Wärmedurchgangskoeffizient genannt, ist der wichtigste Faktor für die Bestimmung einer effizienten Wärmedämmung. Er zeigt auf, wie stark Dämmmaterialien dem Wärmefluss von Warm zu Kalt widerstehen können.

Die Phasenverschiebung, die graue Energie und die Luftdichtigkeit sind weitere wichtige Faktoren, um eine Dämmung zu bestimmen.

Steinwolle, Zellulosefasern, EPS und XPS sind die meistgebrauchten Dämmmaterialien auf dem Bau. Sie weisen alle sehr gute Kennzahlen auf.

Doch diese positiven Werte der einzelnen Dämmstoffe nützen nichts, wenn sie nicht richtig angewendet und verbaut werden. Die Folgen der falschen Ausführung können verheerend sein. Durch Feuchtigkeit können sich Algen und Schimmel bilden. Im schlimmsten Fall muss die ganze Dämmung ausgewechselt werden.

Wärmedämmung wird nicht nur in der Schweiz eingesetzt. Sie sieht überall auf der Welt anders aus und wird den klimatischen Verhältnissen angepasst. So sind in den heissen Regionen leichte Bauweisen vorherrschend, die praktisch keine Dämmung benötigen. In den arktischen Zonen haben sich Unterkünfte bewährt, die einen tiefliegenden Eingang haben. So kann die warme Luft nicht entweichen.

Thermal insulation was there for hundreds of years already. The basis of a thermal insulation is the air trapped in the pores of the insulation. Air that rests, does not conduct heat. So the warm air is kept outside in the summer and in the winter the heat will be stored inside the building. In most cases, an external insulation is applied. The insulation stays outside the supporting wall. The interior insulation is used only when renovating old buildings.

The many different insulation types are divided into groups and have therefore different properties. In addition, the insulation is qualified according characteristics.

The U-value, also known as heat transfer coefficient, is the most important factor in determining an efficient thermal insulation. It shows how efficient insulation materials can resist the flow of warm air from hot to cold.

The phase shift, embodied energy and air tightness are other important areas to determine insulation. Mineral wool, cellulose fibre, EPS and XPS are the most commonly used insulation materials in constructions. They all have very good qualities. However, these positive values of the individual insulation materials are useless, if they are not properly used and installed. The consequences of incorrect execution can be devastating. Moisture, algae and mould can be the result. In the worst case, the entire insulation needs to be replaced. Thermal insulation is not only known in Switzerland. All over the world it is different. In the hot regions lightweight construction methods are prior, which practically don't need any insulation. In the arctic zones accommodations have proven with a low centre entrance. So the warm air can't escape.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Wärmedämmung bei Mensch und Tier	5
3	Funktion	6
4	Experiment – der Wanderer	7
4.1	Benötigtes Material	7
4.2	Aufbau	7
4.3	Beobachtung.....	8
4.4	Fazit.....	9
5	Wärmewanderung	10
6	Luftdichtigkeit	11
7	Methoden	12
8	Dämmstoffarten	13
8.1	Steinwolle	15
8.2	Glaswolle	15
8.3	Schaumglas	16
8.4	Kork	16
8.5	Zellulosefasern.....	17
8.6	Expandierter Polystyrolschaum (EPS)	17
8.7	Extrudierter Polystyrolschaum (XPS)	18
8.8	Vakuum-Hochleistungsdämmplatten.....	18
9	Kennwerte der Wärmedämmung	19
9.1	Graue Energie.....	19
9.2	Phasenverschiebung.....	19
9.3	λ -Wert (Lambda-Wert)	20
9.4	U-Wert und R-Wert	20
10	Folgen und Fehler – die Zusammenhänge	22
10.1	Algenbefall.....	22
10.2	Schimmel.....	22
10.3	Wärmebrücken.....	23
10.4	Homogene und inhomogene Schichten	23
11	Fazit – Beste Wärmedämmung	24
12	Wärmedämmung in verschiedenen Klimazonen	25
12.1	Die Tropen	26
12.2	Subtropen	27
12.3	Gemässigte Zone.....	28
12.4	Subpolare & polare Zone	29
13	Fazit	31
13.1	Persönliches Schlusswort	31
14	Literaturverzeichnis	32
15	Eidesstattliche Erklärung	34
16	Anhang	35

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: aufgeplusterter Vogel (Hermann, 2010)	5
Abb. 2: Haare als Wärmeleiter (bossert, 2000)	5
Abb. 3: Luftporen der Wärmedämmung (Ytong, 2003)	6
Abb. 4: Vergleich Temperaturverlauf (guender, 2012)	6
Abb. 5: Molekularbewegung (muetter, 2010)	10
Abb. 6: Joseph Louis Gay-Lussac (chem.wisc, 2012)	10
Abb. 7: korrekte Verbauung (daemmen- und sanieren, 2012)	11
Abb. 8: Wärmebild (jutzy, 2012)	11
Abb. 9: hinterlüftete Fassade (lessenich, 2014)	12
Abb. 10: Zweischalenmauerwerk (isover, 2013)	12
Abb. 11: Phasenverschiebung (Hebel, 2010)	19
Abb. 12: Temperaturverlauf des Beispiels (u-wert.net, 2014)	21
Abb. 13: extremer Algenbefall (baupraxis-blog, 2011)	22
Abb. 14: Schimmelbefall (bausachverstaendiger, 2014)	23
Abb. 15: Wärmebrücken (Tabea Ackle, 2013)	23
Abb. 16: Klimazonen der Welt (LordToran, 2007)	25
Abb. 17: Tropenzone (LordToran, 2007)	26
Abb. 18: Strohütte auf Pfählen (Andurinha, 2009)	26
Abb. 19: Subtropische Zone (LordToran, 2007)	27
Abb. 20: Kalksteinhäuser (corbis, 2010)	27
Abb. 21: kleine Fenster und enge Gassen (chromorange, 2012)	27
Abb. 22: gemässigte Zone (LordToran, 2007)	28
Abb. 23: Haus der gemässigten Breiten (swisshaus, 2011)	28
Abb. 24: Subpolare Zone (LordToran, 2007)	29
Abb. 25: Polarzone (LordToran, 2007)	29
Abb. 26: Aufbauspirale (Anuskafm, 2007)	29
Abb. 27: Iglu (Schule Rümlang, 2008)	30
Abb. 28: beheizte Arktishäuser (NRD, 2013)	30

1 Einleitung

Wärmedämmung ist ein zentrales Thema im Baugewerbe. Heutzutage ist der Bau eines Gebäudes ohne sie unvorstellbar, denn jeder will ein angenehmes Wohnklima in seinem Zuhause. Die Wärme soll im Sommer draussen bleiben und im Winter nicht verloren gehen. Wir sind daran interessiert, dass ein möglichst geringer Wärmeaustausch zwischen innen und aussen stattfindet.

In unserer Lehrzeit haben wir uns immer wieder mit diesem Thema beschäftigt. Dabei haben wir erkannt, dass die Wärmedämmung einer der wichtigsten Grundbausteine des Bauens überhaupt ist. Aus diesem Grund haben wir das Thema Wärmedämmung für unsere Arbeit ausgewählt.

Eine gute Wärmedämmung bewirkt ein besseres Raumklima, wodurch das Wohlbefinden der Bewohner gesteigert wird. Daher gibt es viele verschiedene Arten von Dämmstoffen. Die optimale Wärmedämmung zeichnet sich durch einen energieeffizienten und nachhaltigen Baustoff aus. Es spielen diverse konstruktive und physikalische Faktoren eine Rolle. Konstruktiv wird eine luftdichte Gebäudehülle vorausgesetzt. Der U-Wert, die Phasenverschiebung und die Stärke der Dämmmaterialien sind die physikalischen Grundsätze. Ausserdem ist die Nachhaltigkeit heute ein wichtiger Bereich. Durch das niedrig halten der grauen Energie und die Sicherstellung der Wiederverwendbarkeit der Dämmstoffe schützen wir unsere Umwelt.

Die Faszination dieses Themas besteht darin herauszufinden, welche Wärmedämmung die Beste ist und unser Wohlbefinden am meisten befriedigt. Interessant ist zudem die Funktion einer Wärmedämmung. Wie kann eine 20cm dicke Platte aus Faserstoffen den Austausch zwischen Wärme und Kälte so effizient verhindern?

Wir haben die bekanntesten Dämmmaterialien miteinander verglichen. Dabei haben wir gemerkt, dass es nicht nur auf die Kennwerte ankommt, sondern dass auch Probleme bei fehlerhafter Verarbeitung eine grosse Rolle spielen.

Wir haben uns deshalb die Frage gestellt, welche Folgen das hat und wie Schäden vermieden werden können.

Feuchtigkeit ist der Hauptfeind, den eine Dämmung haben kann. Undichte Stellen lassen Kondensat entstehen, woraus sich Schimmel oder Algen bilden. Die Wärmedämmung wird unter Umständen zerstört und muss unter grossem Aufwand erneuert werden.

Wärmedämmung kennt jedermann als Styropor- oder Steinwollplatten. Doch wie sieht es in anderen Teilen der Welt aus? Wir haben die Wärmedämmmethoden in den 5 Klimazonen untersucht und herausgefunden, dass es noch viele andere Lösungsansätze für eine Wärmedämmung gibt.

Ziel unserer Arbeit ist es, das Prinzip der Wärmedämmstoffe zu verstehen. Durch den Überblick, den wir uns über die einzelnen Wärmedämmarten verschafft haben, sehen wir Vor- und Nachteile und können so die Qualität des Dämmstoffes einschätzen.

Wir haben versucht, das Thema Wärmedämmung einfach und kompakt zusammenzufassen.

Informationen haben wir uns grösstenteils im Internet beschafft. Die Erkenntnisse aus dem Netz waren sehr fundiert und umfangreich. Um die Zusammenhänge genauer zu verstehen, haben wir uns Hilfe bei Herrn Schumacher geholt. Er hat uns einiges über die physikalischen Grundlagen und die Zusammenhänge der Wärmedämmung erklärt.

Zudem haben Herr Schumacher und Herr Heeb uns geholfen, einen passenden Versuch zu unserem Thema zu finden.

Für Ihre Unterstützung danken wir recht herzlich.

2 Wärmedämmung bei Mensch und Tier

Jeder Mensch hat eine Körpertemperatur von ca. 37°C, die für das Überleben notwendig ist. Diese Körperwärme wird durch einen chemischen Vorgang in unserem Körper erzeugt. Durch die Verbrennung von aufgenommener Nahrung wird Wärme produziert, die den Körper aufheizt. Durch die Wärmeabgabe der Körperoberfläche an die Umgebung kann die Überhitzung des Körpers verhindert werden.

Bei hohen Aussentemperaturen ist der Wärmeaustausch erschwert. Man fängt an zu schwitzen, dadurch wird, durch Verdunsten des Schweißes, dem Körper Wärme entzogen. Die Kühlung durch Wind bewirkt ausserdem eine schnelle Abführung der Wärme mittels Wärmeströmung.

Vor Kälte schützen sich die Menschen vor allem durch warme Kleidung. Besonders effizient ist Thermokleidung, da sie viel Luft, gespeichert in Hohlräumen enthält.

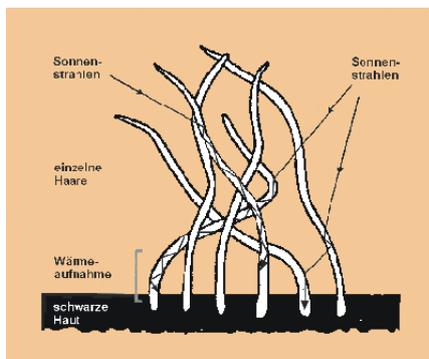
Der Mensch hat sehr viele Möglichkeiten sich zu schützen, vor allem auch durch ein Haus, das beheizt oder klimatisiert ist. Tiere hingegen haben nur ihren Körper und eventuell ein Zuhause, das mit natürlichen Stoffen gebaut ist. Um sich vor Unterkühlung zu schützen besitzen Säugetiere ein Fell und Vögel ein Federkleid. Die Luft wird zwischen den dichten Haaren bzw. Federn gut festgehalten. Dadurch, und auch weil Luft ein schlechter Wärmeleiter ist, wird die Wärmeabgabe auf ein Minimum beschränkt.

Das Winterkleid ist bei den Tieren noch dichter als ihr Sommerfell. Vögel können sich ausserdem aufplustern, sodass zusätzlich Luft unter ihr Federkleid gerät und die Dämmschicht vergrössert wird.



Abb. 1: aufgeplusterter Vogel (Hermann, 2010)

Tiere, die in kalten Zonen leben, haben eine dicke Speckschicht, denn Fett und Speck sind schlechte Wärmeleiter. Vor allem Tiere, die unter Wasser leben wie Delphine, Wale und Seeelefanten besitzen eine extra dicke Schicht. Das kalte Wasser, das ständig an ihnen vorbeizieht, kühlt sie dadurch nicht aus.



Eisbären besitzen eine sehr spezielle, aber effiziente Art der Wärmedämmung. Ihr Fell ist zwar weiss, um sich in ihrer Umgebung zu tarnen, doch darunter kommt eine schwarze Haut zum Vorschein. So wird die Strahlung der Sonne gut aufgenommen. Damit die Sonnenstrahlen auch bis zur Haut durchdringen, sind die Härchen der Eisbären hohl und wirken wie ein Lichtleiter. Zusätzlich schützt sich der Eisbär durch eine dicke Speckschicht.

Abb. 2: Haare als Wärmeleiter (bossert, 2000)

Andere Tiere, wie Eichhörnchen oder Marmeltiere fressen sich ihren Winterspeck an. Sie verbringen den Winter in einem Bau unter der Erde, der optimalen Schutz vor Kälte, Regen, Schnee und Wind bietet und schlafen bis im Frühling durch. Der Winterspeck ist dabei ihre Energiereserve und schützt sie zusätzlich vor Kälte.

Der Mensch und die Tiere bilden die Grundlage, um auch eine Wärmedämmung an einem Haus vornehmen zu können. Im Grunde ist die Funktion einer Wärmedämmung aus Steinwolle oder Ähnlichem exakt dieselbe wie bei Mensch und Tier.

3 Funktion

Die Wärmedämmungen beruhen auf der Tatsache, dass Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist. Besonders ruhende Luft kann praktisch keine Wärme speichern. Dämmstoffe sind alle porös oder faserig mit Luftlöchern. Durch diese kleinen Luftporen in der Wärmedämmung wird der Wärmestrom, das heisst die Bewegung der warmen Luft zur kalten Luft, verkleinert. Je grösser der Anteil der Luftporen, umso kleiner ist der Wärmestrom und desto kleiner auch der Wärmeverlust.

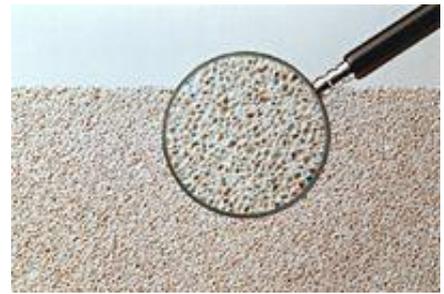


Abb. 3: Luftporen der Wärmedämmung (Ytong, 2003)

Durch den Temperaturverlauf ist der Wärmestrom sehr gut ersichtlich. Im linken Bild haben wir eine Wand ohne Dämmung. Der Temperaturverlauf von aussen nach innen erfolgt praktisch linear. Bis ins Innere vermag sich die Innenoberfläche nur bis 14°C zu erwärmen. Bei der zweiten Abbildung mit Wärmedämmung ist die Oberflächentemperatur um 5°C höher. Die kalte sowie die warme Luft bleiben in der Dämmung hängen. So haben wir ein viel besseres Raumklima.

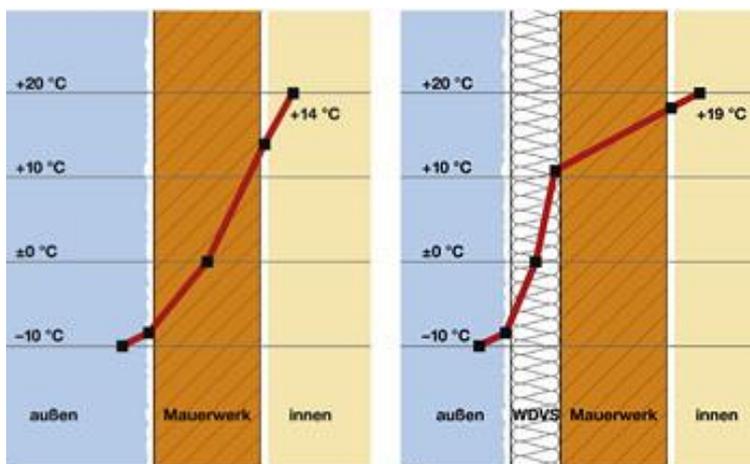


Abb. 4: Vergleich Temperaturverlauf (guender, 2012)

Warme und kalte Luft weisen einen unterschiedlichen Luftdruck auf. Da Luft ein Gas ist, hat sie das Bestreben, überall einen einheitlichen Druck zu erreichen.

Um zu verstehen und um zu zeigen, dass der Druck von Luft bei unterschiedlichen Temperaturen nicht gleich gross ist, haben wir den Versuch „der Wanderer“ durchgeführt. Der Versuch zeigt uns ausserdem, dass ein wichtiges Argument für die richtige Wärmedämmung auch die Luftdichtigkeit eines Gebäudes ist.

Wärmedämmung schützt aber nicht nur vor Wärme oder Kälte. Die Dämmstoffe sind zudem sehr gute Lärm- und Schallabsorber wegen ihren vielen Poren. Ausserdem kann das Klima und die Umwelt geschützt werden. Durch weniger Heizen und Kühlen wird nicht nur Geld gespart, sondern auch der CO₂-Ausstoss und die Verbrennung fossiler Brennstoffe reduziert. Ein weiterer Aspekt ist der Brandschutz. Einige Dämmstoffe weisen eine Nichtbrennbarkeit auf. Dadurch sind die Bewohner relativ sicher vor der Ausbreitung eines Feuers.

4 Experiment – der Wanderer

4.1 Benötigtes Material

- Kühlschrank mit Temperaturanzeige und Ausgangsmöglichkeit für Schlauch
- Zwei Blechkanister
- Zwei Gummischläuche
- Wasser
- Manometer mit U-förmigem Rohr

4.2 Aufbau

Als erstes versorgen wir den Kühlschrank mit Strom. Wir stellen einen der leeren Blechkanister in den Kühlschrank hinein und schliessen den Schlauch an. Der Kanister muss dicht sein.

Der Schlauch wird über eine dafür vorgesehene, ebenfalls dichte Öffnung nach aussen geleitet.



Am zweiten Kanister wird ebenfalls ein Schlauch angeschlossen. Dieser bleibt auf dem Tisch stehen. Der Kanister ist mit zimmerwarmer Luft gefüllt.

Wir stellen das Manometer bereit. Wir füllen Wasser hinein, wobei auf beiden Seiten eine gleich hohe Wassersäule entsteht.



An den beiden Enden des U-förmigen Rohres werden nun die beiden Schläuche der Kanister befestigt. Es entsteht ein luftdichtes, in sich abgeschlossenes System.

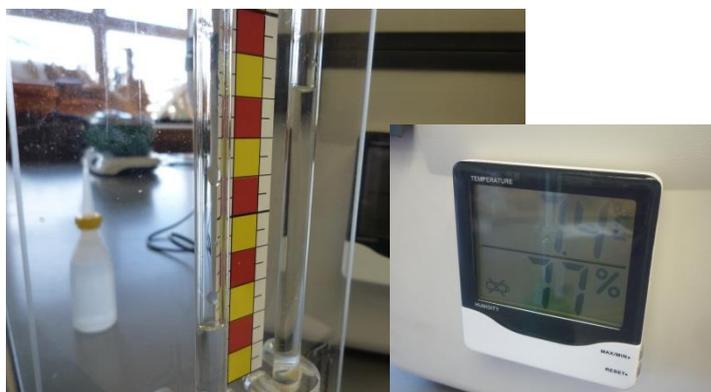
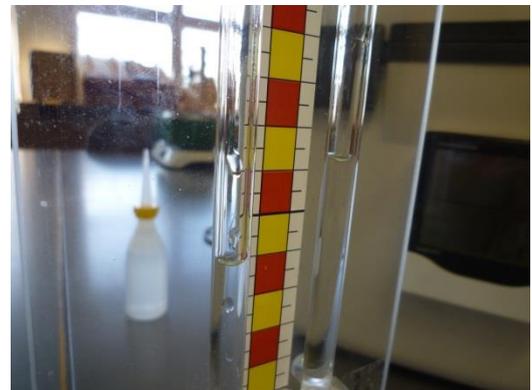


4.3 Beobachtung



Wir schalten nun den Kühlschrank ein. Zuerst dauert es einige Minuten – wir sehen keine Veränderung an unserem System.

Nach einigen weiteren Minuten hat der Kühlschrank die Luft in seinem Inneren um einige Grad abgekühlt. Nun sehen wir einen Höhenunterschied beim Wasserspiegel der beiden Säulen. Die Säule auf der rechten Seite, welche an den Kühlschrank angeschlossen ist, weist den höheren Wasserspiegel auf. Auf der linken Seite ist das Rohr mit dem Kanister verbunden, welcher im Zimmer steht und somit mit zimmerwarmer Luft (ca. 21°C) gefüllt ist. Der Wasserstand ist hier tiefer.



Wir warten noch etwas länger. Die Luft im Inneren des Kühlschranks ist nun auf 7.4°C abgesunken. Wir sehen jetzt im Rohr einen eindeutigen und beachtlichen Unterschied der Höhen!

Wir sind mit unserem Versuch fertig, schalten den Kühlschrank aus und öffnen ihn. Dabei können wir noch beobachten, wie sich die Wassersäule ziemlich schnell wieder ausgleicht und in ihre ursprüngliche Position übergeht.

4.4 Fazit

Die Luft im Inneren des Kanisters im Kühlschrank wurde abgekühlt. Damit wurde die kalte Luft über den Schlauch auf die rechte Säule umgeleitet. Auf der linken Seite hat die wärmere Luft auf die linke Wassersäule gewirkt.

Die warme und die kalte Luft drücken auf das Wasser. Die warme Luft drückt aber viel fester, weshalb die zugehörige Wassersäule auch tiefer liegt. Warme Luft hat somit einen grösseren Druck.

Wir sehen also, dass Luft mit unterschiedlicher Temperatur auch einen unterschiedlichen Druck aufweist, und dass sich dieser ausgleichen möchte!



5 Wärmewanderung

Als nächstes untersuchen wir die Ursache genauer, warum auf Grund des Temperaturunterschiedes zwischen innen und aussen eine Wärmewanderung entsteht.

Der schottische Botaniker Robert Brown (1773-1858) entdeckte die Molekularbewegung. Er erkannte, dass es sich bei Wärmeenergie eigentlich um eine kinetische Energieform (Energie auf Grund einer Teilchenbewegung) handelt.

Der Botaniker stellte durch Beobachtungen unter dem Mikroskop fest, dass sich kleine, sichtbare Teilchen in einer Flüssigkeit zuckend und regellos bewegen.

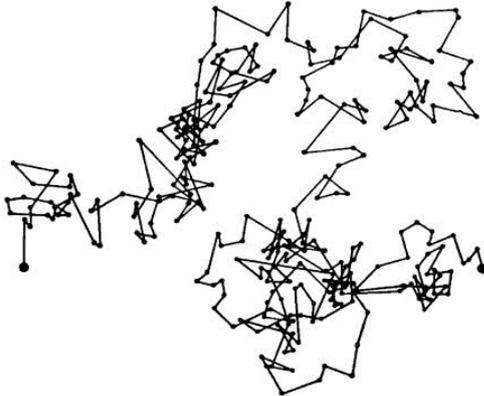


Abb. 5: Molekularbewegung (muetter, 2010)

Er stellte weiter fest, dass die Geschwindigkeit der Teilchen grösser ist, wenn die Teilchen kleiner und die Temperatur höher ist.

Wir wissen jetzt also, dass die Bewegung der Moleküle (Molekularbewegung) abhängig ist von der Temperatur. Wenn die Molekularbewegung zum Stillstand kommt, sprechen wir vom absoluten Nullpunkt (tiefst mögliche Temperatur), welcher bei -273.15°C liegt.

Aus dem Alltag wissen wir Folgendes: Wenn ich kaltes und warmes Wasser mische, gleicht sich die Temperatur aus. Dies ist auf Grund des Energieerhaltungsgesetzes so. Das kalte Wasser hat weniger Wärmeenergie, als warmes Wasser. Bei einer Mischung gleicht sich diese Energie deshalb aus. Unterstrichen wird diese Tatsache vom zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Dieser besagt: „Wärme kann nie von selbst von einem Körper tieferer Temperatur auf einen Körper höherer Temperatur übergehen (Definition nach Clausius).“

(Lehrmittel Physik Berufsmatura, Kapitel 7: Thermodynamik, S.19, G.Lenherr)

Ein weiteres Gesetz, entdeckt von Joseph Gay-Lussac (1802), besagt zudem: Wenn ein Gas erhitzt wird und der Druck im Behälter konstant gehalten wird, dann verändert sich das Volumen. „Je grösser die Temperatur, desto grösser das Volumen.“

(Lehrmittel Physik Berufsmatura, Kapitel 7: Thermodynamik, S.27, G.Lenherr)

Um hier wieder den Zusammenhang zu unserem Thema zu finden, müssen wir daran denken, dass sich das Luftvolumen in einem Gebäude nicht verändern kann. Es bleiben der Luft daher zwei Möglichkeiten:

Entweder wird die sich ausdehnende Luft zusammengepresst, wodurch der Druck der Luft steigt.

Oder die Luft versucht einen anderen Weg zu finden, um ihr Volumen wieder zu erreichen und fliesst nach draussen.

Der Wärmefluss nach draussen ist jedoch nachteilig, da wir so unser angenehmes Wohnklima verlieren. Deshalb muss ein Gebäude luftdicht gebaut werden.



Abb. 6: Joseph Louis Gay-Lussac (chem.wisc, 2012)

6 Luftdichtigkeit

Die Luftdichtigkeit eines Gebäudes ist ein sehr wichtiger Faktor. Eine gute Wärmedämmung alleine reicht noch nicht, um die Luftdichte zu gewährleisten.

„Durch undichte Stellen in der Gebäudehülle entsteht ein nicht zu unterschätzender Energieverlust. Es ist schon in der Planung darauf zu achten, dass die Luftdichtigkeitsschicht systemgerecht in der ganzen Gebäudehülle vorhanden ist. In der Ausführung sind Stösse, Fugen und Durchdringungen luftdicht auszuführen.“ (Zitiert: Lehrmittel für Zimmerleute, 1.Bauphysik Grundlagen, Seite 7)



Abb. 7: korrekte Verbauung (daemen- und sanieren, 2012)

Man kann zwar eine Dämmplatte verbauen, die viele Luftporen hat, und so die Wärme nicht abfließen lässt. Das alleine nützt aber nichts, wenn die Luftdichtigkeit nicht gewährleistet ist und die Materialien nicht sauber und korrekt verbaut werden!

Konstruktiv sieht es so aus, dass bei Häusern mit einer Aussenwärmedämmung die luftdichte Gebäudehülle einfacher erzielt werden kann, als beispielsweise bei einem Holzhaus.

Ein Haus mit Aussendämmung wird mit grossen Platten eingepackt. Die Platten haben gerade Kanten und sind einfach zu verbauen. Lücken gibt es zwischen den Platten sehr wenig und auch die Anschlüsse an Fenster oder ans Dach sind gut gelöst. Auf dem Dach wird zudem vollflächig eine Bitumen-dichtungsbahn verlegt, was zu einer völlig dichten Gebäudehülle führt.

Bei einem Holzhaus ist schon das Prinzip des Aufbaues anders. Die Übergänge sind oft Holz auf Holz. Bei diesem Aufbau entstehen viele Ritzen und Spalten. Diese werden zwar abgeklebt, aber es wird nicht immer sauber gearbeitet, und manchmal ist auch ein sauberer Abschluss gar nicht möglich.

Eine gut geplante Luftdichtigkeitsschicht ist aber nicht einfach ein blosser "Plastiksack", sondern ähnlich raffiniert wie die menschliche Haut. Die Luftdichtigkeitsschicht muss fähig sein, innen anfallende Feuchtigkeit nach draussen zu transportieren, um so Schäden an und in der Gebäudehülle vorbeugen zu können.

Die Kunst eines Hauses ist es mit einer funktionstüchtigen Wärmedämmung, die allen Anforderungen genügt, Luftdichtigkeit zu gewährleisten und dennoch eine genügende Luftzufuhr zu bieten.

Um undichte Stellen in einem Gebäude zu orten, wird heutzutage eine Wärmebildkamera eingesetzt. Diese zeigt einem über die Oberflächentemperatur an, wo warme Luft abfließt. Die Stelle, an der viel warme Luft verloren geht, färbt sich rot bis weiss.

Viel Wärmeverlust kommt vor allem bei Fenstern vor. Die optimale Farbe ist blau, weil dort keine warme Luft abfließt. In diesem Bereich sind keine undichten Stellen vorhanden und das Raumklima im Innern des Gebäudes ist optimal.

In der heutigen Zeit gibt es viele verschiedene Methoden um effektiv luftdicht zu bauen.



Abb. 8: Wärmebild (jutzy, 2012)

7 Methoden

Wärmedämmung wird grundsätzlich auf der Gebäudeaussenseite angebracht. Sie wird entweder an der tragenden Schicht mittels Kleber oder Dübel befestigt und dann verputzt oder verkleidet, oder sie wird zwischen zwei Schalen aus Mauerwerk oder Beton eingebaut.

Heute unterscheidet man die folgenden gängigen Konstruktionen:

Verputzte Aussenwärmedämmung, Zweischalenmauerwerk (Sichtmauerwerk, Sichtbeton, oder verputztes Zweischalenmauerwerk), und hinterlüftete Fassadenkonstruktionen (verkleidete Aussenwärmedämmung). Weiter gibt es den Holzbau, wobei die Dämmung zwischen tragenden Holzern eingebaut wird.

Die Innendämmung wird an der Gebäudeinnenseite montiert. Sie wird vorwiegend bei Sanierungen von alten Gebäuden verwendet und nur in speziellen Fällen bei Neubauten, da sie wesentliche Nachteile gegenüber einer Aussendämmung besitzt. Bei innenseitigen Dämmungen kann es schnell zu Tauwasserbildung kommen, was zur Durchfeuchtung des Mauerwerks und zu Schimmelbildung führen kann. Dies wird aber durch eine dampfsperrende Schicht vor der Dämmung verhindert.

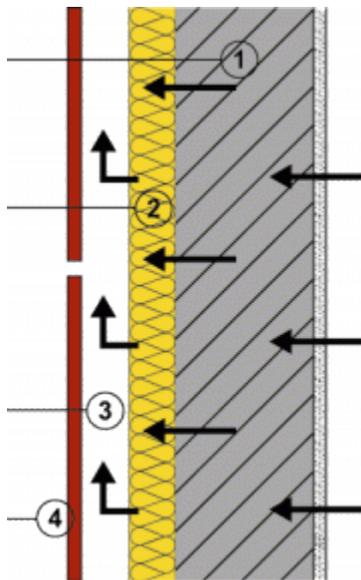


Abb. 9: hinterlüftete Fassade (lessenich, 2014)

1. Mauerwerk oder Beton
2. Dämmung
3. Luftzufuhr, -abzug
4. Fassadenplatten

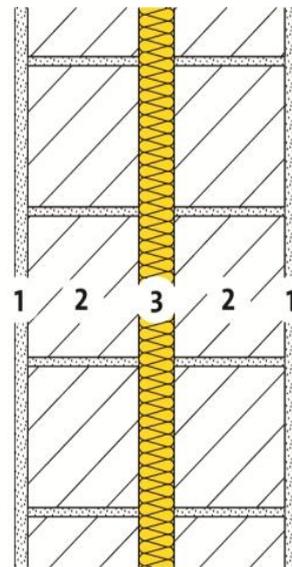


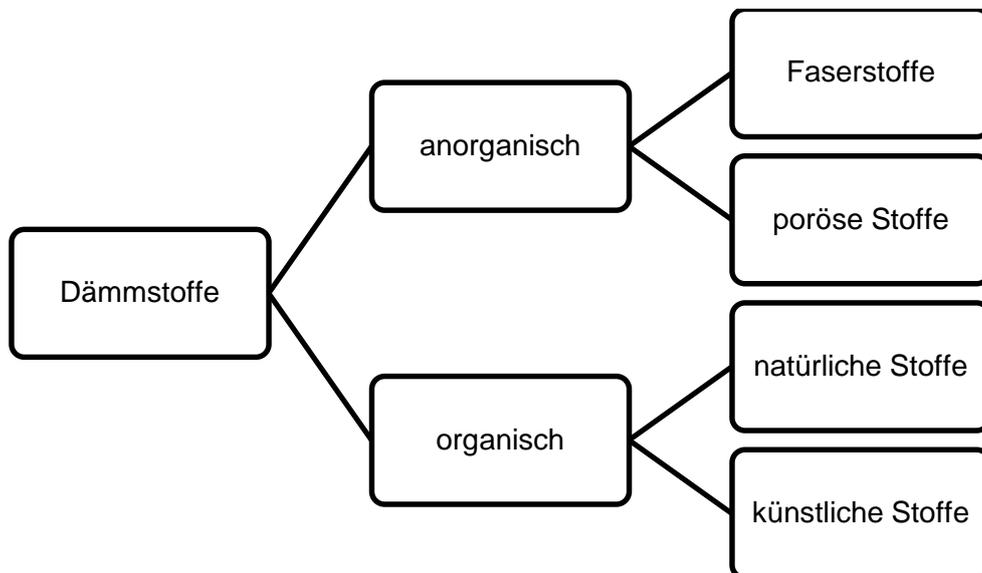
Abb. 10: Zweischalenmauerwerk (isover, 2013)

1. Innen-, Aussenputz
2. Mauerwerk, Beton oder Holz
3. Dämmung

8 Dämmstoffarten

Die Wärmedämmung hat ihren Ursprung bereits in der Bronzezeit (2200-800 v. Chr.). Damals haben sich die Menschen schon mit dem Prinzip der geringen Wärmeleitfähigkeit ruhender Luft beschäftigt. Sie haben Schilf oder Stroh genutzt, um ihre Häuser zu dämmen. Später hat sich dieses Wissen aber wieder verloren. Erst Anfang des 20. Jahrhunderts kam die Wärmedämmung wieder ins Gespräch. Als erste Stoffe wurden Kork, Glaswolle und Vulkangestein benutzt. Später kamen die Baum- oder Schafswolle, sowie mineralische Fasern dazu. In den vierziger Jahren, zu Beginn der Industrialisierung insbesondere durch die Chemie, wurden erstmals Kunstschäume hergestellt. Im Laufe der Jahre wurden immer mehr Dämmstoffe produziert und ihre Eigenschaften verbessert.

Heute gibt es Unmengen von verschiedenen Dämmstoffen. Sie werden in zwei Hauptgruppen unterteilt, die anorganischen und die organischen Stoffe. Anorganisch bedeutet, dass der Rohstoff nicht aus der Natur stammt, bei den organischen Stoffen kommen die Grundmaterialien aus der Natur. Weiter werden die zwei Obergruppen in vier Untergruppen unterteilt. Faserstoffe und poröse Stoffe aus den anorganischen Wärmedämmungen und die natürlichen und künstlichen Stoffe aus dem organischen Bereich.



Grafik 1: Gruppierung der Dämmstoffe (Larissa Gattlen, 2014)

Jede Gruppe und jeder Wärmedämmstoff hat verschiedene Eigenschaften, sowie Vor- und Nachteile. Deshalb ist es auch sehr schwierig zu entscheiden welcher Dämmstoff der Beste ist.

Auf dem Bau ist es meist so, dass sich die Firmen einen oder zwei Dämmstoffarten aussuchen und diesen dann auf allen Baustellen einsetzt. Für spezielle oder hochwertige Arbeiten muss aber doch der dazu passende Dämmstoff ausgewählt werden.

Tabelle mit verschiedenen Dämmstoffen und den zugehörigen Kennwerten

Dämmstoffe	λ -Wert (in W/mK)	graue Energie (in MJ/kg)	Rohdichte (in kg/m ³)	spez. Wärmekapazität (in kJ/kgK)
anorganische Faserstoffe				
Steinwolle*	0.035-0.045	17.5	30-165	0.83
Glaswolle*	0.035-0.045	41	16-110	0.83
Dämmputze*	0.047	8.6	950	1.60
anorganische poröse Stoffe				
Schaumglas*	0.038-0.048	59	120	0.85
Vermiculit	0.07	5.7	75-130	1.15
Perlit	0.05	9.3	40-90	1.00
Blähton	0.10-0.18	5	300-700	1.00
Porenbeton	0.08-0.10	4.7	400-600	1.00
organische natürliche Stoffe				
Baumwolle	0.04	17.6	20	1.15
Schafschurwolle	0.04	16.4	25-65	1.70
Holzwoollplatten	0.085	6	360-500	2.10
Holzfasierplatten	0.048-0.06	15.4	200-270	2.10
Kork*	0.038	12.7	90-350	1.95
Kokfasern	0.04-0.05	20	40-120	1.45
Hanfiasern	0.06	4.1	180-280	2.30
Zellulosefasern*	0.04	3.2	30-80	1.90
organische künstliche Stoffe				
Expandierter Polystyrolschaum (EPS)*	0.024-0.036	105	15-40	1.50
Extrudierter Polystyrolschaum (XPS)*	0.024-0.036	109	20-60	1.45
Polyurethanschaum (PU / PUR)	0.021	102	30-35	1.40
Vakuuplatten				
Vakuu-Hochleistungsdämmplatten*	0.006-0.08	hoch	180-220	0.90

* meistverwendete Dämmstoffe

8.1 Steinwolle > Flumroc

Rohstoffe:

- künstlich hergestellte Mineralfasern aus Gestein
- Phenolharz und Mineralöl als Bindemittel

Eigenschaften

- nicht brennbar bis 750°C
- alterungsbeständig
- resistent gegen Säuren, Schimmel, Ungeziefer
- weich mit vielen Luftporen

Anwendungsbereich:

- Schalldämmung
- Brandabschottungen
- verputzte Aussendämmung
- Schrägdächer

Phasenverschiebung:

$$0.83\text{kJ/kg}\cdot\text{K} \times 100\text{kg/m}^3 = \underline{83\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}}$$

recyclebar: nur teilweise



8.2 Glaswolle > Isover, Sager

Rohstoffe:

- Quarzsand
- Kunstharz als Bindemittel

Eigenschaften:

- nicht brennbar bis 550°C
- weitgehend alterungsbeständig
- resistent gegen Säuren, Schimmel, Ungeziefer

Anwendungsbereich:

- Schalldämmung
- Brandabschottungen
- verputzte Aussendämmung
- Schrägdächer

Phasenverschiebung:

$$0.83\text{kJ/kg}\cdot\text{K} \times 70\text{kg/m}^3 = \underline{58\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}}$$

recyclebar: nur teilweise



8.3 Schaumglas >Foamglas, Misapor

Rohstoffe:

-Quarzsand oder recycliertes Glas

Eigenschaften:

- nicht brennbar
- nicht wasseraufnahmefähig (Vorteil)
- alterungsbeständig
- resistent gegen Säuren und Lösungsmittel
- druckfest



Anwendungsbereich:

- Dämmung Flachdächer
- Aussendämmsysteme
- Steildach

Phasenverschiebung:

$$0.85\text{kJ/kg}\cdot\text{K} \times 120\text{kg/m}^3 = \underline{102\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}}$$

recyclebar: nur teilweise



8.4 Kork >Isokork, Pronouvo

Rohstoffe:

-Rinde der Korkeiche

Eigenschaften:

- mittel- bis schwer brennbar
- nicht beständig gegen längere Einwirkung von Wasser (Pilzbefall)
- alterungsbeständig



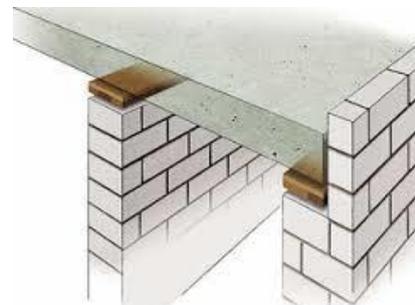
Anwendungsbereich:

- Bodenbeläge
- Trockenunterlagsboden
- Deckenaufleger
- sehr gute Schalldämmung

Phasenverschiebung:

$$1.95\text{kJ/kg}\cdot\text{K} \times 220\text{kg/m}^3 = \underline{429\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}}$$

recyclebar: ja



8.5 Zellulosefasern >Fermacell, Isofloc

Rohstoffe:

- Altpapier
- Mineralsalz
- Gips als Bindemittel

Eigenschaften:

- verrottungssicher
- nicht brennbar

Anwendungsbereich:

- Ausflockung von Hohlräumen im Holzelementbau
- Innendämmung
- Altbauten

Phasenverschiebung:

$$1.90\text{kJ/kg}\cdot\text{K} \times 55\text{kg/m}^3 = \underline{\underline{105\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}}}$$

recyclebar: ja



8.6 Expandierter Polystyrolschaum (EPS) >Sagex, Swisspor

Rohstoffe:

- Polystyrolgranulat (Kunststoff >Erdöl)
- Pentan als Treibmittel

Eigenschaften:

- schwer entflammbar
- fäulnisbeständig
- altersbeständig
- druckfest
- nicht beständig gegen Öle, Benzine
- vor UV-Strahlen schützen

Anwendungsbereich:

- verputzte Aussenwärmedämmung
- Boden- und Dachkonstruktionen
- Unterlagsböden

Phasenverschiebung:

$$1.50\text{kJ/kg}\cdot\text{K} \times 30\text{kg/m}^3 = \underline{\underline{45\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}}}$$

recyclebar: nur teilweise



8.7 Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) >Styrodur, Swisspor

Rohstoffe:

- Polystyrolgranulat (Kunststoff >Erdöl)
- organisches Lösungsmittel

Eigenschaften:

- fäulnisbeständig
- druckfest
- feine Porenstruktur
- nicht beständig gegen Öle, Benzine
- brennbar
- nicht UV-beständig

Anwendungsbereich:

- Perimeterdämmung
- Wand-, Boden und Dachkonstruktionen
- Wärmeplatte mit verbesserter Haftfestigkeit

Phasenverschiebung:

$$1.45\text{kJ/kg}\cdot\text{K} \times 40\text{kg/m}^3 = \underline{58\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}}$$

recyclebar: nur teilweise



8.8 Vakuum-Hochleistungsdämmplatten >Vacucomp

Rohstoffe:

- luftdichte Umhüllung (Folien)
- Füllmaterial aus pyrogener Kieselsäure und Faserfilamente

Eigenschaften:

- fünf- bis zehnfach bessere Wärmedämmwirkung als normale
- relativ neue Wärmedämmung (seit 2000)
- empfindliche Folien
- hohe Materialkosten

Anwendungsbereich:

- Boden- und Wanddämmung
- Flach und Schrägdächer

Phasenverschiebung:

$$0.90\text{kJ/kg}\cdot\text{K} \times 200\text{kg/m}^3 = \underline{180\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}}$$

recyclebar: schwierig



9 Kennwerte der Wärmedämmung

Wärmedämmstoffe besitzen verschiedene Kennwerte, die angeben, wie viel Wärme sie speichern, ob sie die Wärme wieder abgeben oder ob sie umweltfreundlich sind. Jeder Wert ist wichtig, um auf dem Bau zu entscheiden, welche Dämmung für das zu bauende Objekt am besten geeignet ist. Der Preis, sowie Feuchte- und Brandschutz des Dämmstoffes spielen heutzutage ebenso eine grosse Rolle.

9.1 Graue Energie

Graue Energie bezeichnet man als die gesamte Menge an nicht erneuerbaren Energien, wie Kohle, Erdgas und Erdöl, die für den Produktionsprozess eines Stoffes benötigt werden. Die graue Energie wird in Megajoule pro Kilogramm gemessen. Zum Beispiel benötigt man für ein Kilogramm Schokolade ca. 9 MJ Energie oder 200 A4-Blätter (1kg) haben eine graue Energie von 59 MJ. Viele Dämmstoffe sind in diesem Bereich oder sogar darunter, was für unsere Umwelt ein enormer Vorteil ist.

9.2 Phasenverschiebung

Die Phasenverschiebung ist die Zeitspanne zwischen dem Auftreten der höchsten Temperatur auf der Außenoberfläche eines Bauteils bis zum Zeitpunkt, in der die Temperaturwelle das Innere des Raumes erreicht.

Sie wird durch die Wärmespeicherzahl angegeben mit der Einheit $\text{kJ/m}^3\text{K}$.

Konkret bedeutet das, dass die Wärmemenge, die in Joule pro m^3 Material bei einem Kelvin Temperaturunterschied gespeichert werden kann oder welche Wärmemenge notwendig ist, um 1 m^3 eines Baustoffes um 1 K zu erwärmen.

Berechnung: $S = c \times \rho$.

c = spez. Wärmekapazität

ρ = Rohdichte

Je höher die Wärmespeicherzahl, desto besser speichert der Dämmstoff die Wärme in sich ab. Wenn im Sommer hohe Aussentemperaturen herrschen, können Stoffe mit einer hohen Wärmespeicherzahl grosse Energiemengen speichern. Diese Wärme wird dadurch tagsüber nicht im Hausinnern verteilt. Mit grosser Verzögerung lässt der Dämmstoff die gespeicherte Wärmemenge nachts, wenn die Luft draussen etwas abgekühlt ist, wieder frei. Optimale Werte dieser Zeitverschiebung sind 10 bis 14 Stunden. Die Mittagshitze um 12-13 Uhr wird so erst um Mitternacht wieder an die Innenräume abgegeben. Das Raumklima bleibt dadurch angenehm, da praktisch keine Temperaturschwankungen vorkommen. Allgemein hat man festgestellt, dass Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen einen deutlich besseren Wärmespeicherwert haben als z.B. Steinwolle oder Styropor.

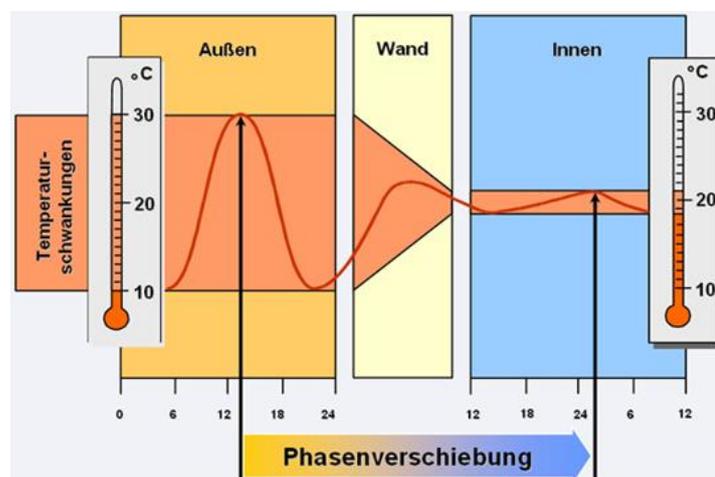


Abb. 11: Phasenverschiebung (Hebel, 2010)

9.3 λ -Wert (Lambda-Wert)

Die Wärmeleitfähigkeit, ausgedrückt durch die Wärmeleitzahl (λ) in Watt pro Meter mal Kelvin ($W/m \cdot K$), ist der Transport von Wärme durch einen Körper. Eine Wärmeleitfähigkeit von 1 bedeutet also, dass 1 Watt Wärme in 1 Sekunde durch eine 1 Meter dicke Stoffschicht mit der Fläche 1 Quadratmeter fließt, wenn der Temperaturunterschied von der einen Seite zur anderen 1 Kelvin beträgt.

Je geringer der λ -Wert, desto besser ist der Dämmstoff, da die Wärme nicht verloren gehen darf. Die Wärmeleitfähigkeit ist ausserdem ein wichtiger Wert für die Berechnung des U-Wertes.

9.4 U-Wert und R-Wert

Der U-Wert, auch Wärmedurchgangskoeffizient genannt zeigt, wie stark Dämmmaterialien dem Wärmefluss von Warm zu Kalt widerstehen können.

Die Einheit ist $W/m^2 \cdot K$. Der U-Wert 1 bedeutet, dass 1 Watt Wärme pro Quadratmeter und pro Grad Kelvin Temperaturunterschied verloren geht. Gute Werte liegen bei $0.20 W/m^2 \cdot K$, sehr schlechte Werte befinden sich über $1.00 W/m^2 \cdot K$. Wenn der Wert $1.00 W/m^2 \cdot K$ übersteigt spricht man nicht mehr von einem Dämmstoff.

Der Wärmedurchgangswiderstand R, in $K \cdot m^2 / W$, ist der Kehrwert des U-Wertes.

Der U-Wert und der R-Wert sind die wichtigsten Kennzahlen für die effiziente Bestimmung einer Wärmedämmung.

Je höher der Wärmedurchgangskoeffizient U, desto geringer ist die Wärmedämmeigenschaft der Dämmung. Je höher der Wärmedurchgangswiderstand R, desto besser ist die Dämmeigenschaft.

Die Berechnung des U-Wertes erfordert einige Schritte.

1. Wärmedurchlasswiderstand R ($m^2 \cdot K / W$)

Einschichtiges Bauteil	$R = d / \lambda$	d= Bauteilstärke λ = Wärmeleitfähigkeit
mehrschichtiges Bauteil	$R = d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + d_3 / \lambda_3 \dots$	

2. Wärmedurchgangswiderstand R_T ($m^2 \cdot K / W$)

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

R_{si} = Wärmewiderstand innen
 R_{se} = Wärmewiderstand aussen

R_{si} und R_{se} müssen aus einer Tabelle entnommen werden:

Wärmeübergangswiderstand	Richtung des Wärmestroms		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
R_{si} - Innenraum	0.10	0.13	0.17
R_{se} - Aussenluft, nicht abgedeckt	0.04	0.04	0.04
R_{se} - Aussenluft, abgedeckt und hinterlüftet	0.13	0.13	0.13

Tabelle 1: Wärmeübergangswiderstände R_s (Larissa Gattlen, 2014)

3. Wärmedurchgangskoeffizient U ($W/m^2 \cdot K$)

$$U = 1 / R_T$$

Beispiel:

Eine Aussenwand im Erdgeschoss wird folgendermassen erstellt:

-Kunstharzputz	2cm	$\lambda = 0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$
-Lochziegel	15cm	$\lambda = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$
-Steinwolle	20cm	$\lambda = 0.045 \text{ W/m}^2\text{K}$
-Gipsputz	1cm	$\lambda = 0.51 \text{ W/m}^2\text{K}$

Berechnung:

1. $R = d / \lambda$

Kunstharzputz	$R = 0.02\text{m} / 0.70 \text{ W/m}^2\text{K} =$	$0.029 \text{ m}^2\text{K/W}$
Lochziegel	$R = 0.15\text{m} / 0.50 \text{ W/m}^2\text{K} =$	$0.300 \text{ m}^2\text{K/W}$
Steinwolle	$R = 0.20\text{m} / 0.045 \text{ W/m}^2\text{K} =$	$4.444 \text{ m}^2\text{K/W}$
Gipsputz	$R = 0.01\text{m} / 0.51 \text{ W/m}^2\text{K} =$	$0.020 \text{ m}^2\text{K/W}$
Total R		<u>$4.793 \text{ m}^2\text{K/W}$</u>

2. $R_T = R_{si} + R + R_{se}$

Wärmestrom geht horizontal von innen nach aussen. Die Aussenwand ist nicht abgedeckt.

>> $R_{si} = 0.13$ $R_{se} = 0.04$

$R_T = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W} + 4.793 \text{ m}^2\text{K/W} + 0.04 \text{ m}^2\text{K/W} = \underline{4.963 \text{ m}^2\text{K/W}}$

3. $U = 1 / R_T$

$U = 1 / 4.963 \text{ m}^2\text{K/W} = \underline{0.20 \text{ W/m}^2\text{K}}$

Der U-Wert dieser Aussenwand beträgt $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dieser Wert bedeutet, dass diese Konstruktion sehr gut geschützt ist vor Wärmeverlust.

Im Temperaturverlauf ist schön zu sehen, dass die Wärmedämmung die Temperaturen zwischen 18°C und -9°C aufnimmt.

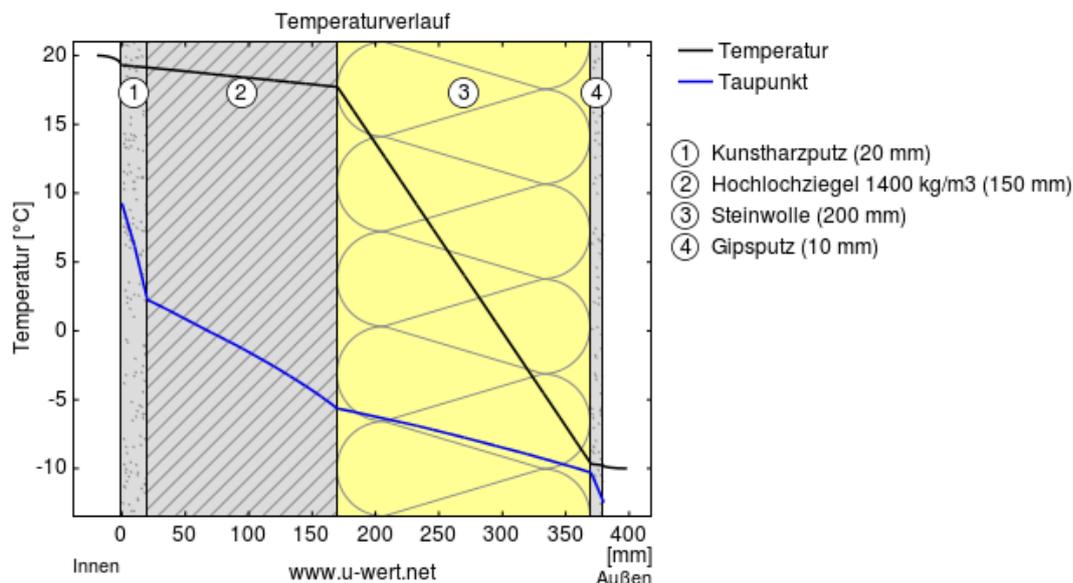


Abb. 12: Temperaturverlauf des Beispiels (u-wert.net, 2014)

10 Folgen und Fehler – die Zusammenhänge

Wir haben nun viele verschiedene Dämmstoffe kennengelernt. Alle weisen Eigenschaften auf, die sich bewährt haben und sich eignen auf dem Bau. Aber man kann mit jedem Dämmstoff Fehler machen. Sei dies direkt beim Verbauen, oder sei es ein Schaden, der erst nachträglich entsteht. Nachfolgend gehen wir genauer auf die möglichen Fehler und deren Folgen ein.

10.1 Algenbefall

Algen sehen wir oft an Häusern mit einer verputzten Außenwärmedämmung (meistens bestehend aus EPS). Es gilt jedoch zu beachten, dass auch noch andere Gründe aus der Natur (z.B. nahe gelegene Flüsse oder Biotope) Algen begünstigen.

Die EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt) hat Messungen durchgeführt, welche zeigen, dass die Wandoberfläche bei verputzten Wärmedämmungen in klaren Nächten kälter wird, als die Lufttemperatur. Die Oberflächentemperatur kann 2-4 Grad unter die Lufttemperatur sinken.

Jede Oberfläche hat eine gewisse Wärmestrahlung. Wenn eine Oberfläche wärmer ist als ihr Umfeld, gibt sie Wärme ans Umfeld ab. In unserem Fall ist die Wärmestrahlung gegen den kalten Nachthimmel oder gegen das Weltall ziemlich gross. Es wird mehr Wärme von der Fassade abgegeben, als aus der Konstruktion oder aus der Umgebung wieder nachfliessen kann.

Dieser Effekt hat vor allem in klaren Nächten Folgen: Dann schlägt sich Tauwasser auf der Verputzoberfläche nieder. Bei Minustemperaturen bildet sich in diesem Fall eine Eisschicht.

Das Wasser auf der Oberfläche bildet die Lebensgrundlage für Algen, welche sich dann auf der Fassade festsetzen und ausbreiten.

Je stärker die Dämmung ist, desto weniger Wärme kann über die Konstruktion nachfliessen und desto eher kühlt eine gut gedämmte Fassade aus.

Wir sehen also, dass zu starke Wärmedämmung auch negative Folgen haben kann!



Abb. 13: extremer Algenbefall (bau-praxis-blog, 2011)

10.2 Schimmel

Schimmelsporen sind sehr oft anzutreffen und können zu gesundheitlichen Schäden führen. Schimmel kann durch folgende Dinge verursacht werden:

- Niedrige Oberflächentemperaturen
- Erhöhte Raumlufftfeuchtigkeit
- Direkter Eintritt von Feuchtigkeit
- Unvollständiges Austrocknen der Konstruktion

Niedrige **Oberflächentemperaturen** entstehen, wenn eine Stelle im Gebäude nicht luftdicht ist. Dadurch fliesst die warme Luft ab nach aussen und die Oberfläche an der undichten Stelle kühlt aus. Da die kalte Luft weniger Feuchtigkeit speichern kann, bildet sich Kondenswasser, was in einem weiteren Schritt zu Schimmelpilzen führt.

Erhöhte **Raumlufftfeuchtigkeit** kann durch Duschen, Kochen, Wäschetrockner oder viele Pflanzen entstehen.

Beim Kochen entsteht beispielsweise warme Luft, die aufsteigt und dann wieder kondensiert. Dadurch bilden sich kleine Tröpfchen. Wenn kein Abzug vorhanden ist oder nicht genügend gelüftet wird, können die feuchten Stellen nicht austrocknen. Auch in diesem Fall kann sich Schimmel bilden.

Direkter Eintritt von Feuchtigkeit ist der schwerwiegendste Fall von zu viel Feuchtigkeit. Er tritt vor allem dann ein, wenn effektiv undichte Stellen in einer Konstruktion vorhanden sind. Das kann zum Beispiel ein undichtes Dach sein.

Unvollständiges Austrocknen ereignet sich dort, wo der Taupunkt (0°C -Grenze) innerhalb der Dämmschicht liegt. An diesen Stellen wird vorausgesetzt, dass die Feuchtigkeit, die sich dort bildet, über das Jahr hinaus wieder austrocknet. Beim Bau einer solchen Konstruktion muss gewährleistet sein, dass über die warmen Sommermonate alle Feuchtigkeit, die sich über den Winter angesammelt hat, vollständig austrocknet. Wenn dies nicht der Fall ist, bildet sich bleibende Feuchtigkeit.

Bei den nächsten Minustemperaturen gefriert das Wasser zu Eis. Das führt zu Schäden.

Im Idealfall würde der Taupunkt ausserhalb der Konstruktion liegen.



Abb. 14: Schimmelbefall (Bausachverständiger, 2014)

10.3 Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Stellen, bei denen viel Wärme aus dem Innenbereich an den Aussenbereich verloren geht. Die Gebäudehülle ist an diesen Orten erheblich geschwächt und die Oberflächentemperatur ist niedrig, was zu Tauwasserbildung und dadurch zu Schäden führen kann.

Wärmebrücken können da auftreten, wo Baustoffe mit verschiedener Wärmeleitfähigkeit aufeinander treffen.

Ein Beispiel: Die Decke besteht aus Stahlbeton und die Aussenwände, die direkt auf die Decke abgestützt sind, sind in Mauerwerk ausgeführt. Durch die höhere Leitfähigkeit des Betons ist die Oberflächentemperatur gegenüber der Mauer niedriger und die Wärme kann so austreten.

Besonders gross sind Wärmebrücken bei Bauteilen, die die Gebäudehülle direkt durchstossen, wie zum Beispiel eine auskragende Balkonplatte.

Um Wärmebrücken zu vermeiden, muss gewissenhaft gedämmt werden. Bei auskragenden Platten muss diese getrennt und mit ausreichend Dämmung eingekleidet werden.

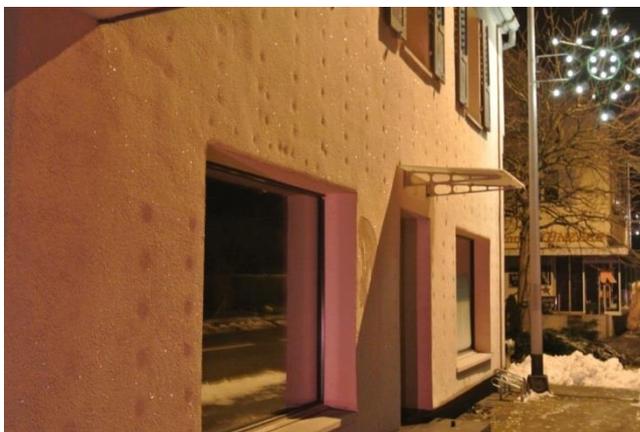


Abb. 15: Wärmebrücken (Tabea Ackle, 2013)

Abb. 15: Hier sehen wir ein Haus, bei dem zwei Probleme auftreten. Durch die Sanierung wurde eine weitere Wärmedämmung angebracht. Die Dämmstärke ist nun ziemlich hoch. Dadurch kondensiert das Wasser auf der Oberfläche – in diesem Fall ist es zu einer Eisschicht gefroren von ca. einem Zentimeter Stärke!

Des Weiteren wurde die Dämmung mit Dübeln an die innere Wand befestigt. Das stellt eine Wärmebrücke dar. Deshalb ist hier jeder einzelne Dübel als runder Fleck zu sehen. Dort hat es kein Eis, weil die Stelle erwärmt ist.

10.4 Homogene und inhomogene Schichten

Ein Haus mit Aussenwärmedämmung hat eine homogene Isolationsebene. Die Styroporplatten werden auf der ganzen Fassade ohne Unterbruch verlegt. Auf dem Dach gilt dasselbe.

Es gibt aber auch inhomogene Konstruktionen. Bei einem Holzbau werden Holzelemente produziert. Diese bestehen aus einem Rahmen mit einzelnen Stützen. Zwischen dem Holz wird dann ausgedämmt. Das heisst, dass die Dämmschicht nicht durchgehend ist und sie bei jedem Holz geschwächt ist. Holz hat zwar auch ein gewisses Wärmedämmvermögen, aber ein viel schlechteres als die dazwischenliegende Dämmung.

Die Schwachstellen können zu Bauschäden führen. Heute werden das Holz und die Dämmung aber so dimensioniert, dass die Konstruktion zwar geschwächt ist, aber dass keine Bauschäden durch Auskühlung entstehen können.

11 Fazit – Beste Wärmedämmung

Die wichtigsten Faktoren zur Bestimmung des besten Dämmstoffes sind die Dämmwirkung und die Nachhaltigkeit, da es in der heutigen Zeit sehr wichtig ist, die Umwelt zu schonen.

Wenn wir die vorher genannten Dämmstoffe betrachten, fällt folgendes auf:

Anorganische Faserstoffe, anorganische poröse Stoffe und organische natürliche Stoffe, alles Dämmstoffe mit einem Lambda-Wert zwischen 0.035 und 0.048 W/m*K, haben einen relativ geringen Verbrauch an grauer Energie: 3.2 – 17.5 MJ/kg (Schamglas bis 59 MJ/kg).

Dazu gehören Steinwolle, Glaswolle, Zellulosefasern und Kork (auch Schaumglas, mit einem etwas höheren Wert an grauer Energie).

Im Vergleich dazu stehen die organisch künstlichen Stoffe mit einem Lambda-Wert zwischen 0.024 und 0.036 W/m*K. Dieser Wert ist um einiges besser, aber wir sehen, dass die graue Energie um ein vielfaches höher ist: Expandierter Polystyrolschaum (EPS) und Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) weisen einen Wert von 105-109 MJ/kg auf.

Des Weiteren gilt es Folgendes zu beachten: Das chemisch veredelte, aufgeschäumte Rohöl (EPS) kann kaum recycelt werden und wir könnten deshalb schon bald vor riesigen Müllhalden stehen, da diese Dämmungen nur eine begrenzte Haltbarkeit haben.

- Bei einer Verbesserung des Lambda-Wertes um maximal 50% wird ein um mehr als 600% höher Anteil an grauer Energie benötigt.

Ein weiterer Punkt kommt aber noch dazu, da EPS und XPS billiger sind als Steinwolle oder Glaswolle. Dieser Faktor spielt heutzutage eine entscheidende Rolle.

Schlussendlich gleichen sich die Nachhaltigkeit, die Dämmwirkung und auch der Preis der verschiedenen Dämmstoffe weitgehend aus.

Ein absolut bester Dämmstoff kann deshalb nicht bestimmt werden.

12 Wärmedämmung in verschiedenen Klimazonen

Auf unserer Erde gibt es acht Milliarden Menschen. Davon lieben die einen die Sonne und wollen den ganzen Tag ausschliesslich am Strand liegen und sich bräunen. Andere gehen gerne Skifahren oder machen eine Skitour. Natürlich geht es für diese Personengruppe schon im Sommer auf die Gletscher oder besser noch, man lebt in einem Gebiet, welches das ganze Jahr Schnee hat. Zum Glück ist unsere Welt so vielfältig, dass sie jedem Geschmack etwas zu bieten hat.

Unserer Erde wird in fünf verschiedene Klimazonen unterteilt. Die Tropen, die Subtropen, die gemässigten Zonen, die Subpolargebiete und die Polargebiete. In diesen fünf Zonen ist das Aussenklima sehr unterschiedlich. Um im Gebäudeinneren das Wohlbefinden möglichst hoch zu halten, müssen die baulichen Massnahmen auf das Aussenklima abgestimmt werden. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Wärmedämmung.

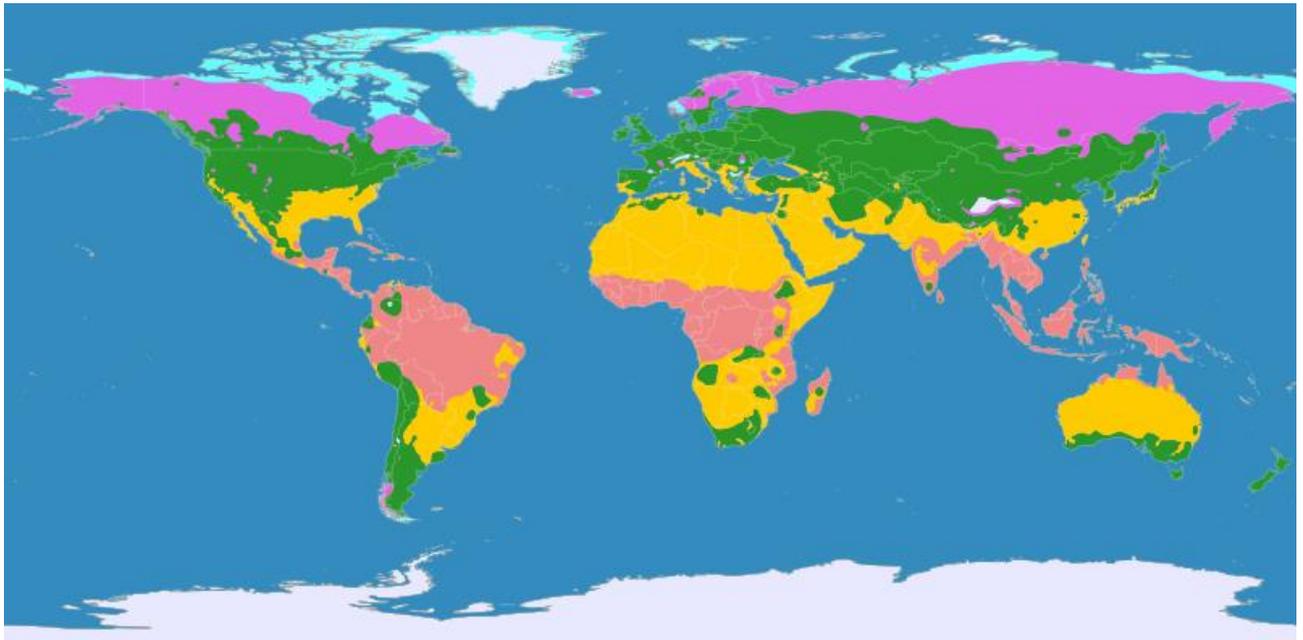


Abb. 16: Klimazonen der Welt (LordToran, 2007)

	Polarzone
	Subpolare Zone
	Kaltgemässigte Zone
	Warmgemässigte Zone
	Subtropen
	Tropen

12.1 Die Tropen

Die Tropen werden auch Sonnenwendegebiet genannt und erstrecken sich von den Breitengraden 0° bis 23.5° . Die Sonne in den Tropen ist sehr stark. Mindestens einmal im Jahr steht sie exakt senkrecht am Himmel, was in den anderen Klimazonen nie vorkommt. Die Strahlungsbilanz in den Tropen erreicht einen grossen Energieüberschuss, d.h. die Strahlung die in die Atmosphäre eindringt und auf die tropischen Breitengrade trifft, ist höher als die Abgabe der Strahlung. Dadurch gibt es sowohl nur geringe Temperaturschwankungen im Jahr, als auch nicht nennenswerte Unterschiede zwischen Tag und Nacht. Die durchschnittliche Temperatur im Jahr beträgt 25°C .

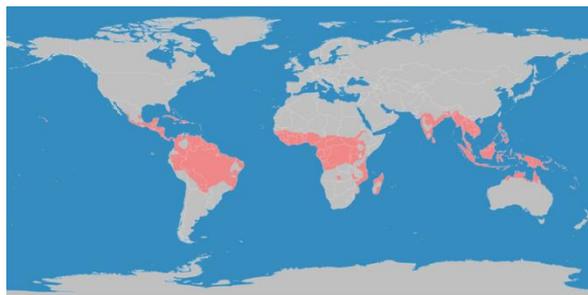


Abb. 17: Tropenzone (LordToran, 2007)

Die Tropen werden in drei Hauptgegenden unterschieden: der tropische Regenwald, die Savannen (diese werden nochmals in drei Teilgebiete unterteilt) und die Wüsten.

Gebiete der Tropen: Indonesien, obere Teile von Brasilien, Kongo, Nigeria

In den tropischen Gebieten sind offene Bauweisen aus leichten Baustoffen sinnvoll. Eine gute Durchlüftung ist zwingend und die Wärme sollte nicht lange gespeichert werden. Windfänge oder Windtürme haben sich in diesen Regionen bewährt. Dies sind Hohlräume die ganz in das Haus integriert sind. Ein Kanal führt vom Boden des Hauses bis über das Dach hinaus. Dabei strömt die warme Luft wegen der geringeren Dichte hinauf. Die kalte Luft hingegen wird von unten in den Turm hineingesogen. So werden die Innenräume des Gebäudes gekühlt.

Beschattungen sind auch sehr wichtig, um die Sonneneinstrahlung zu dämpfen. Hierfür können Pflanzen oder Dachüberstände verwendet werden.

In diesen Gegenden sind Pfahlbauten zudem äusserst praktisch. Dadurch, dass die Häuser nicht auf dem Grund stehen, sondern sich in der Luft befinden, gibt es eine ständige Belüftung von unten. Einen Schattenplatz bietet das Gebäude unter sich auch und die Bewohner sind vor Eindringlingen wie Ratten und Schlangen geschützt.

Viele Gebäude in den Tropen werden aus Lehm gebaut. Der Vorteil dieses Baustoffes ist, dass er unbegrenzt vorhanden ist. Ausserdem ist er nicht teuer, dafür umso wirkungsvoller. Der Lehm speichert Wärme und gibt diese nicht in den Innenraum ab. Die starke Strahlung wird abgeschirmt, was eine kühle Innentemperatur zur Folge hat. In den Tropenregionen ist die Luftfeuchtigkeit zudem sehr hoch. Der Lehm nimmt die Feuchtigkeit bis zu 30-mal besser auf als gebrannte Ziegel wie wir sie kennen. Somit ist Lehm der perfekte Baustoff und die beste Wärmedämmung für die Tropen.



Abb. 18: Strohütte auf Pfählen (Andurinha, 2009)

12.2 Subtropen

Die Subtropen befinden sich zwischen dem 23.5° und dem 40° Breitengrad der Erde. In dieser Klimazone gleich sich die Strahlungsbilanz im Jahr ziemlich aus, da die Sommer zwar durch hohe Temperaturen geprägt, die Winter aber nur mäßig warm sind. Die Mitteltemperatur im Jahr liegt bei 22°C, wobei der kälteste Monat aber unter der Marke von 20°C bleibt. Auch die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind sehr hoch.



Abb. 19: Subtropische Zone (LordToran, 2007)

Gebiete der Subtropen: Italien, Griechenland, obere Teile von Afrika, Arabien, Australien

In den Ländern am Mittelmeer ist es wichtig die Tageswärme für die Nacht zu speichern. Dies wird durch massive Bauformen mit kleinen Fensteröffnungen erreicht. Ausserdem sind zwischen den Gebäuden nur schmale, schattige Gassen vorhanden, wodurch die direkte Sonneneinstrahlung verhindert wird. Durch die Wärmespeicherkapazität der massiven Wände wird die Mittagshitze gedämpft, die Wärme aber gespeichert und diese erst in der Nacht wieder abgegeben. Die meisten Häuser in dieser Klimazone haben ausserdem eine weisse Farbe. Dies kommt vom Kalkanstrich, der viele Vorteile hat. Zum einen reflektiert die weisse Farbe des Kalks die Sonnenstrahlen in den Sommermonaten, so bleiben die Fassade und der Innenbereich relativ kühl. Ausserdem schützt der Kalk vor Schädlingen und ist resistent gegen Feuchtigkeit.

Die normale Gebäudedämmung hilft in diesen Gegenden nicht nur wie bei uns gegen die Kälte, sondern schützt auch vor Wärme. Die Hitze des Tages wird isoliert und in der Nacht dringt keine Kälte ein. Ausserdem eignet sich die Wärmedämmung auch für die Entfeuchtung der Räume. Dadurch wird viel Geld für Klimaanlage oder Entfeuchtungen gespart.



Abb. 20: Kalksteinhäuser (corbis, 2010)



Abb. 21: kleine Fenster und enge Gassen (chromorange, 2012)

12.3 Gemässigte Zone

Die gemässigte Zone füllt die Breitengrade 40° bis 60°. Die Strahlungsbilanz ist negativ, da die Strahlung durch die Atmosphäre im Winter deutlich länger ist als im Sommer.

In dieser Klimazone leben wir. Es gibt vier Jahreszeiten, die in Bezug auf die Temperatur sehr weit auseinander liegen. In der Schweiz zum Beispiel beträgt die durchschnittliche Temperatur 2°C im Winter und 18°C im Sommer. Die Unterschiede zwischen Tag und Nacht variieren je nach Jahreszeit auch sehr stark. Im Sommer gibt

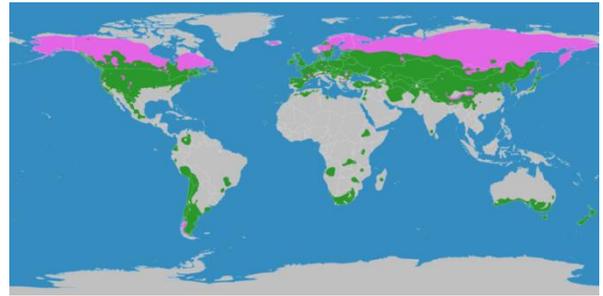


Abb. 22: gemässigte Zone (LordToran, 2007)

es 16 Sonnenstunden, im Winter nur deren 8 Stunden. Durch diese Schwankung der Tageslängen sind die Niederschläge über das ganze Jahr ausgeglichen und dadurch die Witterung sehr unbeständig. Die gemässigte Zone hat die zweitgrösste Niederschlagsmenge nach den Tropen. Die Vegetation besteht vorwiegend aus Laub-, Misch- und Nadelwäldern. Ausserdem wird die gemässigte Zone in zwei Gruppen unterteilt, die warmgemässigte Zone und die kaltgemässigte Zone.

Gebiete der warmgemässigten Zone (grün): Schweiz, grosse Teile Europas, USA

Gebiete der kaltgemässigten Zone (pink): grosse Teile von Russland und Kanada

In den gemässigten Zonen wird so gebaut wie wir es kennen. Steinwolle, EPS etc. sind unsere üblichen Wärmedämmstoffe. Anwendung, Funktion und Arten der Wärmedämmung sind bereits erklärt worden.



Abb. 23: Haus der gemässigten Breiten (swisshaus, 2011)

12.4 Subpolare & polare Zone

Die Subpolare Zone erstreckt sich vom 60° bis zum 90° Breitengrad, wobei die Pole ausgeschlossen sind. Die Schwächung der Strahlung ist in diesen Breitengraden sehr stark. Diese Klimazone ist gekennzeichnet durch trockene, lange, bis zu acht Monate andauernde Winter und kurze, kühle Sommer. Die winterliche Schneedecke beträgt aber nur 20-30 cm. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei -7°C, wobei sich der wärmste Monat zwischen 6°C und 10°C bewegt. Durch die tiefen Temperaturen können nur begrenzt Pflanzen wachsen. Tundren, offene, baumfreie Flächen, die mit Moos, Grass und Flechten bewachsen sind, erstrecken sich grösstenteils in dieser Region.

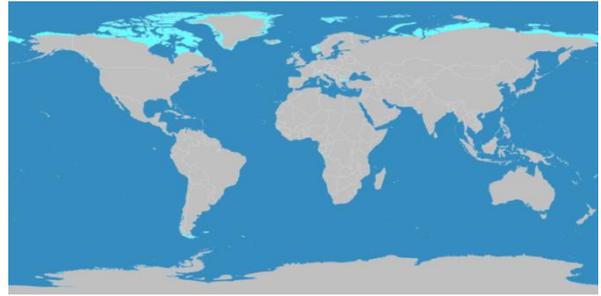


Abb. 24: Subpolare Zone (LordToran, 2007)

Gebiete der Subpolarzone: oberste Teile von Russland und Kanada

Die Polarzone, auch als ewiges Eis bezeichnet, umfasst den nördlichen Polarkreis, die Arktis, sowie den südlichen Polarkreis, die Antarktis. Die Sonneneinstrahlung im Vergleich zu den Tropen beträgt nur noch 40%. Dadurch ist die Polarregion gekennzeichnet von einem kalten Klima mit viel Schnee und Eis. Die mittlere Temperatur beträgt nur noch -23°C. Der grösste Unterschied zu allen anderen Klimazonen ist wohl der, dass die Sonne in diesem Gebiet nur einmal pro Jahr auf- und wieder untergeht. Im ersten Halbjahr scheint die Sonne, im zweiten Halbjahr kommt sie gar nicht zum Vorschein.

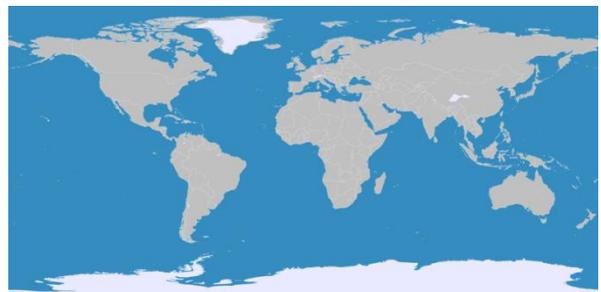


Abb. 25: Polarzone (LordToran, 2007)

Gebiete der Polarzone: Grönland, Antarktis, Arktis

In den kältesten Zonen der Erde findet man nur wenige bewohnte Gebiete. Die Siedlungen, die mehrheitlich in Zentral- und Nordostkanada, sowie in Alaska und Grönland zu finden sind, bewohnen die Inuit. Die nördlichste bewohnte Ansiedlung liegt auf 82°22' nördliche Breite. Im Polargebiet gibt es die Wärmedämmung, so wie wir sie kennen, nicht. Dämmplatten würden in dieser kalten Region nichts nützen. Deshalb haben sich die Einwohner etwas anderes überlegt, um sich vor der grossen Kälte zu schützen.

Iglus sind ein optimaler Schutz gegen das Klima, werden jedoch seit 1950 nur noch als Unterschlupf bei Jagdausflügen gebraucht. Das Iglu hat eine sehr kompakte Bauform, da es von unten mit Schneeblöcken in einer sich verjüngenden Spirale aufgebaut ist. Wegen der kleinen Oberfläche und dem grossen Innenraumvolumen, hält sich der Wärmeverlust so niedrig wie möglich. Schnee ist ausserdem ein guter Wärmeisolator.

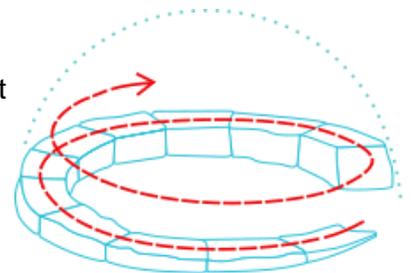


Abb. 26: Aufbauspirale (Anuskafm, 2007)

In den Iglus herrscht etwa eine Temperatur um den Gefrierpunkt, was für die Arktisbewohner durchaus angenehm ist. Der Eingang wird schmal und möglichst tief liegend am Boden gebaut, so kann wenig kalte Luft eindringen und die warme Luft im Innern nicht raus.

So herrschen im Vergleich Innen- und Aussentemperatur im Höchstfall Temperaturunterschiede von 50°C.

-46°C Aussentemperatur, -6°C auf Bodenhöhe und sogar +4°C auf Schulterhöhe im Iglu. Der Schlafplatz wird somit auf einen Sockel gebaut, der höher liegt als die Oberkante des Eingangs, damit die Iglubewohner möglichst warm haben.



Abb. 27: Iglu (Schule Rümlang, 2008)

Normalerweise leben die Inuitfamilien in Torf- und Steinhütten. Eine typische Torfhütte ist niedrig, quadratisch und hat Mauern aus großen Steinen und Torf, die meist mit Robbenfellen überzogen sind. Die Dachkonstruktion besteht aus Holzbalken und Treibholz. Die Häuser sind solide und gut isoliert, wodurch sie permanent bewohnt werden können.

Die moderne Technik hat sich aber auch bei den Inuit durchgesetzt. Einige wohnen in zentralbeheizten Häusern.



Abb. 28: beheizte Arktishäuser (NRD, 2013)

13 Fazit

Zusammenfassend ist Wärmedämmung seit jeher einer der wichtigsten Faktoren für das Wohlbefinden des Menschen. Dämmstoffe hindern die warme Luft sich mit der kalten zu vermischen und auszugleichen. Dadurch wird ein angenehmes Wohnklima sichergestellt. Die vielen verschiedenen Dämmmaterialien mit den zugehörigen Kennwerten und Eigenschaften lassen sich auf dem Bau in jede Problemstellung einpassen, vorausgesetzt der Einbau ist fachgemäss erfolgt. Die Dämmstärke und das verwendete Material sind zudem stark abhängig vom jeweiligen Klima. Ohne Wärmedämmung wir bei den heutigen Neubauten nicht mehr aus, was die Dämmung zu einem festen Bestandteil der Menschheit macht.

13.1 Persönliches Schlusswort

Tabea:

Unsere gemeinsame Projekt Arbeit über das Thema Wärmedämmung ist meiner Meinung nach sehr gelungen. Ich habe selber Neues über dieses Thema dazugelernt, und vor allem habe ich die physikalischen Zusammenhänge viel tiefer verstanden, was mir auch in meinem Beruf als Hochbauzeichnerin sehr nützlich ist.

Unsere Frage: „Was ist die beste Wärmedämmung“, können wir jetzt am Ende unserer Untersuchungen nicht mit einem Satz festhalten. Dennoch haben wir nun ein vertieftes Wissen und können Effizienz, Fehler und Folgen abwägen.

Zu Beginn unserer Arbeit haben wir gemeinsam einen Zeitplan erstellt, welchen wir aber nur teilweise eingehalten haben. Trotzdem war es sehr nützlich, einen Zeitplan zu erstellen, weil wir dadurch einen Überblick bekamen. Von Zeit zu Zeit habe ich mir ausserdem ein neues angepasstes Konzept gemacht, welche Unterthemen ich wie angehen möchte. Dadurch konnte ich jeweils wieder auf ein neues, naheliegendes Ziel hinarbeiten. Dieses Vorgehen hat sich durchaus bewährt.

Persönlich habe ich gelernt, immer einen kleinen Leitfaden durch das Thema zu erarbeiten, bevor ich beginne, definitive Texte zu schreiben. So lernte ich immer besser, Texte zu verfassen, welche die Sache auf den Punkt bringen.

Unsere Zusammenarbeit im Team empfand ich sehr angenehm. Wir konnten uns gegenseitig immer wieder ergänzen, und haben so alle Themenbereiche abdecken können.

Larissa:

Durch unsere Arbeit habe ich viele neue Dinge erfahren und kennengelernt, die ich im weiteren Berufsleben sehr gut gebrauchen kann. Viele Informationen waren neu für mich, aber haben mein Interesse geweckt, um an diesem Thema gewissenhaft zu arbeiten. Ich habe mir von Anfang an einen Plan erstellt, was ich alles erledigen muss, dadurch bin ich ziemlich schnell und effizient vorwärts gekommen.

Zudem sind Tabea und ich ein gutes Team. Wir haben die Arbeiten fair verteilt und dies bis zum Schluss durchgezogen. Zwischendrin haben wir unsere Unterthemen der Arbeit ändern oder neu ordnen müssen, denn das Thema Wärmedämmung ist sehr vielschichtig. Wir haben Schritt für Schritt die guten Texte behalten und die schlechten eliminiert. Am Ende haben wir, meiner Meinung nach, eine informative und umfangreiche Arbeit zusammengestellt.

14 Literaturverzeichnis

Internet

- 12.10.2013 Baunetz Wissen: Dämmstoffe
http://www.baunetzwissen.de/index/Daemmstoffe_558.html
- 12.10.2013 Alles zum Thema Dämmen
<http://www.knaufinsulation.at/alles-zum-thema-daemmen>
- 12.10.2013 Wärmeschutz
<http://www.baustoffverbund.de/index.php?id=29>
- 24.10.2013 Wärmedämmung bei Tieren
<http://files.schulbuchzentrum-online.de/onlineanhaenge/files/978-3-507-86301-9-5-l.pdf>
- 24.10.2013 Wärmedämmung
http://m.schuelerlexikon.de/mobile_physik/Waermedaemmung.htm
- 24.10.2013 Einblicke in die Geschichte
<http://www.baufachinformation.de/zeitschrift/Einblicke-in-die-Geschichte-der-W%C3%A4rmed%C3%A4mmung/2008029017782>
- 24.10.2013 Kleine Geschichte
http://www.energiesparaktion.de/downloads/Kacheln/Energieeinsparung/Geschichte_Daemmung.pdf
- 31.10.2013 Klimazonen
<http://de.wikipedia.org/wiki/Klimazonen#Subpolargebiete>
- 31.10.2013 Architektur der Tropen
<http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch02.htm>
- 31.10.2013 Tropen
<http://de.wikipedia.org/wiki/Tropen>
- 31.10.2013 Subtropen
<http://de.wikipedia.org/wiki/Subtropen>
- 31.10.2013 Subpolare Zone
http://de.wikipedia.org/wiki/Subpolare_Zone
- 31.10.2013 Polargebiet
http://de.wikipedia.org/wiki/Kalte_Zone
- 31.10.2013 Verschiedene Bauweise
http://www.egenius.at/fileadmin/user_upload/raumklima/07_traditionelle_klimagerechte_bauweise.html
- 31.10.2013 Bauen in den Klimazonen
http://www.egenius.at/fileadmin/user_upload/raumklima/06_bauen_in_verschiedenen_klimazonen.html
- 21.11.2013 Klimazonen
<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Klimazone.html>
- 23.11.2013 Iglu
<http://de.wikipedia.org/wiki/Iglu>
- 23.11.2013 Klimagerechtes Bauen
<http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/pdf/Klimag-B-EU-2000.pdf>

04.12.2013 Behausung der Inuitkultur

<http://www.greenland.com/de/about-greenland/kultur-sjael/fangerkulturen/inuitkultureernes-boliger.aspx>

04.12.2013 Klimazonen und Bauen

<http://www.ecobine.de/indexc.php?SESSID=&id=2.2.2&kurs=9&l=de>

12.12.2013 Wärmebild

<http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmebildkamera>

28.11.2013 Dämmung Vergleich

<http://www.u-wert.net/10-daemmstoffe-im-vergleich/>

04.12.2013 Schimmel im Haus

<http://www.raum-analyse.de/schimmel-wohnung.html>

23.01.2014 Phasenverschiebung

<http://www.thema-energie.de/bauen-modernisieren/waermedaemmung/kenngroessen-fachbegriffe/phasenverschiebung-beim-waermeschutz.html>

23.01.2014 Sommerlicher Wärmeschutz

<http://www.inaro.de/deutsch/rohstoff/industrie/faser/sommer.htm>

03.02.2013 Dämmstoff Magazin

<http://www.baulinks.de/baumaterial/lambda-werte-waermeleitzaehl-waermeleitfaehigkeit-waermedaemmung.php>

03.02.2013 U-Wert

<http://www.energie-umwelt.ch/haus/renovation-und-heizung/isolation/421>

03.02.2013 Wärmeleitfähigkeit

<http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmeleitfaehigkeit>

04.02.2014 Wärmespeicherzahl

<http://www.code-knacker.de/waermespeicherzahl.htm>

04.02.2014 Transmissionswärmeverluste

http://www.mauerwerksbau-lehre.de/download/studierende/waermeschutz/8.1_Ermittlung_der_Transmissionswaermeverluste.pdf

04.02.2014 Dämmstoffe im Vergleich

<http://www.richtigbauen.de/info/phy/phy15.htm>

04.02.2014 Effizienz mit Wärmekomfort

<http://www.ikz.de/nc/ikz-energy/energieeffizienz/news/article/maximale-effizienz-mit-hoehstem-waermekomfort-br-0012555.html>

Bücher

01.11.2013 Lehrmittel Hochbauzeichner

„Baustoffkunde für Bauberufe“, „Konstruktionslehre für Bauberufe“ und „naturwissenschaftliche Grundlagen für Bauberufe“, 12.Auflage, 2007

22.02.2014 Lehrmittel Physik Berufsmatura

Kapitel 7: Thermodynamik, S.19, G.Lenherr

22.02.2014 Lehrmittel für Zimmerleute

1.Bauphysik Grundlagen, Seite 7, F. Schumacher

15 Eidesstattliche Erklärung

„Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt, nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben sowie wörtliche und sinngemässe Zitate gekennzeichnet habe.“

Ort, Datum

Unterschrift
Tabea Ackle

Unterschrift
Larissa Gattlen

16 Anhang

Projektanmeldung

Projekttitel	Wärmedämmung – das Element des Wohlbefindens
Projektleiter/in	Welche Funktion, Rollen und Kompetenzen haben die Teammitglieder? Tabea Ackle
Projektziele (Fragestellung)	Was wollen wir nachher wissen? Welche Ergebnisse wollen wir vorweisen? etc. <ul style="list-style-type: none"> • Was ist Wärmedämmung? Wie sieht es bei Mensch und Tier aus? • Kurzer geschichtlicher Hintergrund • Was gibt es für Dämmstoffe und wann wird welcher eingesetzt? • Wie funktioniert eine Wärmedämmung? • Welche ist die energieeffizienteste Wärmedämmung? • Welche Dämmstärke ist am besten? • Was für äussere und innere Einflüsse spielen bei der Bestimmung der Dämmstärke eine Rolle? • Was können für Probleme auftreten? • Was ist ein Passivhaus? Was sind seine Vorteile? • Welche Anforderungen gibt es bei einem Passivhaus? Beispiele? • Wie wird in den verschiedenen Klimazonen der Welt isoliert?
Kurzbeschrieb	Beschreiben Sie stichwortartig den Inhalt Ihrer Projektarbeit. Allgemeine Informationen Die effizienteste Wärmedämmung Passivhäuser: Funktion, Anforderungen Geographie: Welche Dämmstoffe wo auf der Welt werden wie eingesetzt
Interdisziplinarität	Welche Fachgebiete (z.B. Physik, Biologie, Geographie, Mathematik, Geschichte etc.) wollen Sie wie berücksichtigen? Physik und Geographie
Themenbegründung	Was interessiert Sie an diesem Thema? Warum haben Sie dieses ausgewählt? Wir arbeiten beide in der Baubranche und wählten daher ein Thema, dass sich mit unserem Beruf befasst. Die Wärmedämmung ist schon seit jeher ein zentrales Element des Hauses, deshalb wollen wir uns näher damit auseinandersetzen.
Versuch resp. Experiment	Was für ein Versuch resp. Experiment machen wir? Fallen Kosten an? Wie hoch sind diese? Was für Material wird verwendet? etc. Für den Versuch verwenden wir eine Glühbirne und verschiedene Dämmstoffe. Wir werden diese Stoffe für eine bestimmte Zeit über die Birne halten und die Temperaturentwicklung beobachten. Am Ende wissen wir dann, welcher Dämmstoff der energieeffizienteste ist.
Bewertung des Projektergebnis	Wann sind wir mit dem Projekt zufrieden? Wie kontrollieren wir es? Zufrieden: Wenn alle Fragen beantwortet sind und wir uns mit dem Thema so weit auseinandergesetzt haben, dass wir alle Vorgänge und Zusammenhänge verstehen. Kontrolle: durch Eltern (Verständnis von Laien), durch Chef (Fachrichtigkeit)

Zeitplanung

IDPA Wärmedämmung		Okt.'13			Nov.'13			Dez.'13			Jan.'14			Feb.'14			Mz.									
		23.	30.	07.	14.	21.	28.	04.	11.	18.	25.	02.	09.	16.	23.	30.		06.	13.	20.	27.	03.	10.	17.	24.	03.
Nr.	Vorgangname																									
1	Projektanmeldung																									
2	Herbstferien																									
3	Rückmeldung Projektanmeldung																									
4	Informationsbeschaffung																									
5	Bearbeitung "allgemeine Informationen"																									
6	Bearbeitung der Themen "Dämmstärke und Energieeffizienz"																									
7	Material besorgen für Versuch																									
8	Whefnachtsterien																									
9	Versuch durchführen																									
10	Bearbeitung der Themen "Geografie" und "Passivhäuser"																									
11	Gliederung Layout, Korrektur und letzter Schliff																									
12	Vorbereitung Präsentation																									
13	Abgabe Dokumentation																									

Datum: Mi 25.09.13 Terminprogramm IDPA.mpp	Vorgang	Meilenstein	◆	Sammelvorgang	⇌	Rollup: Vorgang	
							Seite 1

Arbeitsjournal

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 21.10.13 - 03.11.13
----------------------------	--

Tätigkeiten

- Internetrecherche über allgemeine Sachen, Passivhäuser, die verschiedenen Klimazonen und den geschichtlichen Hintergrund
- Termin mit Beni Heeb abgemacht (12.12.13 10.15-11.00)
- Text Passivhaus begonnen (Tabea)

Name, Vorname: Gattlen Larissa

Reflexion

Ich hatte keine Probleme, einige Seiten zu finden. Es gibt viele Seiten über Wärmedämmung, aber nicht alle sind nützlich. Zuerst hatte ich auch Probleme, Seiten zum Thema Geographie zu finden. Ich habe dann angefangen, etwas über die Klimazonen zu suchen und bin fündig geworden. Als nächstes muss ich noch mehr und vor allem detailliertere Seiten suchen und dann beginne ich die Texte zu schreiben.

Name, Vorname: Tabea Ackle

Reflexion

Meine Recherche im Internet, bei der ich mich in den vergangenen zwei Wochen vor allem mit dem Thema Passivhaus beschäftigt habe, hat mich zu vielen wichtigen Seiten geführt. Als Ergänzung habe ich unser Lehrmittel für Hochbauzeichner mit einbezogen. Durch diese beiden Grundlagen kann ich jetzt bereits fundiert über das Passivhaus schreiben.

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 04.11.13 – 17.11.13
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Weitere Bearbeitung des Themas Passivhaus, Beschaffung von Abbildungen und grafischen Erklärungen zum Thema (Tabea)• Bearbeitung des Themas Geografie (Larissa)<ul style="list-style-type: none">➔ Infos aus Internet ausgedruckt➔ Eigener Text angefangen zu schreiben	

Name, Vorname: Gattlen Larissa
Reflexion
<p>Die ersten paar Texte zu schreiben, ging recht gut. Die Informationen habe ich zusammen und muss jetzt nur noch eigene Formulierungen daraus machen.</p> <p>Weiter mache ich das Thema Geographie fertig, vor allem beim „Bauen in den verschiedenen Klimazonen“ muss ich noch mehr Infos finden.</p>

Name, Vorname: Tabea Ackle
Reflexion
<p>Bis auf die Abbildungen habe ich nun das Thema Passivhaus im groben abgedeckt, und einen Text dazu geschrieben. Ich beschäftige mich jetzt mit den Themen der Dämmstärke und Probleme die auftreten können. Wenn ich über diese Themen genauer Bescheid weiss, werde ich das Thema Passivhaus noch überarbeiten und anpassen, da es einen engen Zusammenhang zwischen diesen Themen gibt.</p>

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 18.11.13 – 01.12.13
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Texte und Recherche über Einflüsse und Probleme der Wärmedämmung (Tabea)• Bearbeitung des Themas Geografie (Larissa)<ul style="list-style-type: none">➔ Texte fertig geschrieben	

Name, Vorname: Gattlen Larissa
Reflexion
Das Schreiben der Texte über das Bauen in den verschiedenen Klimazonen gestaltet sich als recht schwierig. Ich muss sehr viele Infos verknüpfen und das Nützliche rausfiltern.

Name, Vorname: Tabea Ackle
Reflexion
Die Beschaffung von Informationen über die Einflüsse auf die Wärmedämmung ist nicht so schwierig, obwohl es viele Themen beinhaltet. Das Schwierige ist aber, zwischen den einzelnen Dämmstoffen einen sinnvollen Zusammenhang zu finden, und die Erkenntnisse miteinander zu verknüpfen. Darum werde ich mich in der nächsten Woche noch weiter mit diesem Thema auseinandersetzen.

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 02.12.13 – 15.12.13
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Bearbeitung des Themas Geografie (Larissa)<ul style="list-style-type: none">→ Texte fertig geschrieben• Übersicht über Wärmedämmstoffe erstellt (Tabea)• Erste U-Wertberechnungen durchgeführt (Tabea)• 12.12.13 > Termin mit Beni Heeb<ul style="list-style-type: none">→ Erkenntnisse über Versuch→ Wärmebildkamera	

Name, Vorname: Gattlen Larissa
Reflexion
Die Texte über die Geographie sind fertig gestellt. Am Schluss bin ich sehr zügig vorangekommen. Nun werde ich mit dem grossen Thema über die allgemeinen Sachen der Wärmedämmung anfangen.

Name, Vorname: Tabea Ackle
Reflexion
Bei der U-Wertberechnung und bei der Übersicht über die Wärmedämmstoffe ist es herausfordernd, die wichtigen Sachen von den unwichtigen zu unterscheiden. Der Termin mit Herrn Heeb hat uns neue Ideen gegeben, einerseits für den Versuch und andererseits für das Unterthema Passivhaus, welches ich bearbeite.

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 16.12.13 – 29.12.13
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Beginnen mit dem Thema der allgemeinen Wärmedämmung (Larissa)<ul style="list-style-type: none">→ Mensch und Tier• Informationen sammeln über Wärmebildkamera (Tabea)	

Name, Vorname: Gattlen Larissa
Reflexion
<p>Das Thema über die Dämmung bei Mensch und Tier ist sehr simpel und gut aufzuschreiben. Ich habe zudem einen guten Einstiegstext gefunden, den wir sicher verwenden können.</p>

Name, Vorname: Tabea Ackle
Reflexion
<p>Das Thema des Wärmebildes ist ein neuer Aspekt in unserer Projektarbeit, den wir bisher nicht einbezogen haben. Er ist aber sehr hilfreich, da wir damit unser Thema noch mehr veranschaulichen können.</p>

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 30.12.13 – 12.01.14
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Projekt bei Klimawerkstatt angemeldet• Texte über allgemeine Themen weiterschreiben (Larissa)<ul style="list-style-type: none">➔ Aussen- und Innendämmung• Zusammenstellung der noch anstehenden Arbeiten (Tabea)• Besprechung mit Felix Schumacher<ul style="list-style-type: none">➔ Versuch und Wärmebildkamera	
Name, Vorname: Gattlen Larissa	
Reflexion	
<p>Die Besprechung mit Herr Schumacher war sehr aufschlussreich. Wir haben viel erfahren über die Wärmebildkamera und werden diese dann an der Präsentation auch verwenden. Ausserdem hat er uns angeboten, einen seiner Versuche auszuprobieren. Das werden wir tun und dann schauen, ob er tauglich ist.</p>	
Name, Vorname: Tabea Ackle	
Reflexion	
<p>Dadurch, dass ich mir einen Überblick verschafft habe über alles was es noch zu tun gibt, kann ich jetzt viel zielorientierter arbeiten. Die Besprechung mit Herrn Schumacher hat uns auch sehr geholfen. Wir haben neue verschiedene Informationen bekommen. Durch diese Informationen haben wir einen roten Faden gefunden, wie wir unsere Arbeit aufbauen können.</p>	

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 13.01.14 – 26.01.14
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Versuch durchgeführt<ul style="list-style-type: none">➔ Luftdichtigkeit überprüft• Vergleiche der verschiedenen Dämmstoffen (Larissa)<ul style="list-style-type: none">➔ Tabelle aufführen, ausfüllen• Text über Wärmebildkamera schreiben (Tabea)	

Name, Vorname: Gattlen Larissa
Reflexion
<p>Ich habe begonnen, eine Tabelle zu erstellen, die die Eigenschaften der verschiedenen Dämmstoffe zusammenfasst. Man findet viele Informationen im Internet, aber eben auch solche, die sich widersprechen. Deshalb habe ich darauf achten müssen, die Infos auszusortieren und dann die Wahrscheinlichste aufzuschreiben. Nun werde ich Texte dazu verfassen.</p>

Name, Vorname: Tabea Ackle
Reflexion
<p>Durch unseren Versuch habe ich die Zusammenhänge besser verstanden. Jetzt werde ich im Zusammenhang mit dem Versuch die Luftdichtigkeit beschreiben. Ich denke, jetzt habe ich dazu ein umfassendes Wissen, um dieses Thema schriftlich festzuhalten.</p>

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 27.01.14 – 09.02.14
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Thema Dämmstoffarten (Larissa)<ul style="list-style-type: none">➔ Kennwerte mit Berechnung➔ Kurzer Beschrieb der verschiedenen Dämmstoffe • Versuch und Wärmewanderung (Tabea)<ul style="list-style-type: none">➔ Beschäftigung mit der Wärmewanderung	

Name, Vorname: Gattlen Larissa
Reflexion
<p>Dieser Teil der Arbeit hat sehr viel Zeit gebraucht. Die Kennwerte so zu beschreiben, dass auch Laien dies verstehen, war eine echte Herausforderung. Auf den Webseiten gab es viele kompliziert Texte, die ich umschreiben musste. Schlussendlich bin ich zufrieden mit dem Geschriebenen.</p>

Name, Vorname: Tabea Ackle
Reflexion
<p>Nachdem wir den Versuch durchgeführt haben, interessierte mich auch, wie die Wärmewanderung physikalisch genau funktioniert. Ich habe darüber recherchiert und auch einige interessante Zusammenhänge gefunden. Damit konnte ich einen guten Text schreiben über die Wärmewanderung.</p>

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 10.02.14 – 23.02.14
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Allgemeiner Teil (Larissa)<ul style="list-style-type: none">→ Funktion der Wärmedämmung→ Bildersuche• Fazit, Abstract, Einleitung schreiben• Versuch (Tabea)• Bildersuche (Tabea)	

Name, Vorname: Gattlen Larissa
Reflexion
<p>Nun habe ich den letzten Teil der Arbeit fertiggeschrieben. Der grobe Teil steht nun, ich muss nur noch Bilder einfügen und die Texte korrigieren lassen.</p> <p>Die Einleitung, das Fazit und den Abstract waren die schwierigsten Texte. Tabea und ich haben uns jedoch viel Zeit genommen und ein gutes Resultat erzielt.</p>

Name, Vorname: Tabea Ackle
Reflexion
<p>In diesen Wochen habe ich unseren Versuch genau dokumentiert und die gemachten Bilder beschrieben. Das ging sehr gut.</p> <p>Weiter habe ich Bilder gesucht, um meine nun fast fertigen Texte zu unterstreichen. Es ist nicht ganz einfach, immer passende Bilder zu finden, aber schlussendlich habe ich einige spannende und aussagekräftige Bilder einfügen können.</p>

Thema: Wärmedämmung	Datum, Dauer: 24.02.14 – 13.03.14
Tätigkeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Zusammenfügen der Texte• Bildersuche• Letzter Feinschliff• Korrektur der Texte (Mutter, Chef)	

Name, Vorname: Gattlen Larissa
Reflexion
<p>Der letzte Schliff unserer Arbeit steht noch an. Wir sind gut durch den Zeitplan gekommen, was mich freut. Das Formatieren und Zusammenfügen der Texte wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen, doch danach sind wir endgültig am Ziel.</p>

Name, Vorname: Tabea Ackle
Reflexion
<p>Wir sind jetzt in der letzten Phase der Dokumentation. Ein paar Texte kürzen wir noch so weit es geht, um überall möglichst nur das wirklich Wesentliche zu sagen. Insgesamt lief es aber sehr gut, und ich bin froh, dass wir in den letzten zwei Wochen keinen grossen Stress haben.</p>