

Wie funktioniert eine Wärmedämmung?



So sicher nicht besonders erfolgreich.

Um mit dem Thema richtig umgehen zu können, folgen hier besonders für Laien ein paar grundsätzliche Informationen.

Wie funktioniert eine Wärmedämmung?

Um diese Frage zu beantworten muss man sich zwangsläufig damit befassen, was Wärme eigentlich ist.

Ohne auf tiefgründige wissenschaftliche Erläuterungen einzugehen -

Wärme ist eine Form von Energie.

Diese Energie äußert sich in Körpern in Form von Bewegung der Teilchen (Atome), je mehr Energie, je höher die Bewegung.

Außerhalb von festen Körpern äußert sich Wärme in Form von energetischer Strahlung.

Wie entsteht Wärme?

Wenn ich Teilchen dazu bringe, sich schneller zu bewegen.

Das kann durch chemische Reaktionen, z.B. bei Verbrennung, mechanische Übertragung (Reibung), durch Änderung des Aggregatzustandes (Phasen- umwandlung), elektrischen Widerstand (Bewegung von Elektronen) oder Veränderung des Energieniveaus der Atome durch Bestrahlung bewerkstelligen.

Die entstehende Energie verteilt sich vom höheren zum niedrigeren Energieniveau, vom wärmeren zum kälteren Zustand.

Wie verteilt sich Wärmeenergie?

Wir kennen 3 Arten der Wärmeausbreitung:

1. Wärmeleitung

In festen Körpern überträgt sich die Energie in Form von Wellen von Teilchen zu Teilchen. Die Effizienz und Geschwindigkeit dieser Ausbreitung hängt von der Struktur der Stoffe ab; je enger und kompakter die Stoffe aufgebaut sind, je besser die Ausbreitung. Metalle mit ihren festen Kristallgittern leiten Wärme besser als amorphe Festkörper wie z.B. Glas oder Kunststoffe.

2. Wärmeströmung (Konvektion)

Wenn flüssige oder gasförmige Stoffe in Kontakt zur wärmeren Festkörperoberflächen treten, wird Wärme übertragen. Die erwärmten Teilchen verteilen diese aufgenommene Wärme durch Strömungsbewegung, also im Luftstrom oder in Leitungen fließendes Flüssigkeitsströmen, an die Grenzschichten anderer Festkörper oder andere Teilchen im Strom.

3. Wärmestrahlung

Wärme tritt in Form von langwelliger Strahlung(Infrarotbereich) an der Oberfläche von erwärmten Körpern bzw. Teilchen aus. Je höher das Energieniveau(je heißer die Oberfläche), je höher die Strahlungsintensität und die Wellenlänge.

Trifft Infrarotstrahlung auf Körper auf, wird sie absorbiert, die Körperoberflächen erwärmen sich. Je dichter die Materie, je höher die Dämpfung. Im Vakuum erfolgt die Ausbreitung praktisch ohne Dämpfung, in der Luft fast ohne.

Festkörper mit bestimmten Oberflächeneigenschaften können Infrarotstrahlung ganz oder teilweise reflektieren. Das können z.B. glatte, glänzende bzw. spiegelnde Flächen sein. Schon die Farbe verändert die Reflektionseigenschaften; je heller, je mehr Reflektion.

Relativ dichte und schwere Stoffe reflektieren bzw. absorbieren Wärmestrahlung mehr oder weniger. Bei dem leichten Schaumglas zeigt sich die Kombination von schlecht leitendem, aber infrarotdurchlässigem Glas und den kleinen eingeschlossenen Luftbläschen, die nahezu keine Konvektion ausbilden. Um die Infrarotdurchlässigkeit zu mindern, ist das Glasmaterial schwarz eingefärbt.

Mineralwolle mit ihrem hohen Luftanteil ist gut durchlässig für Infrarotstrahlung. Aber schon eine aufkaschierte Alufolie(das gilt auch für das Schaumglas) kann das Ergebnis drastisch mindern.

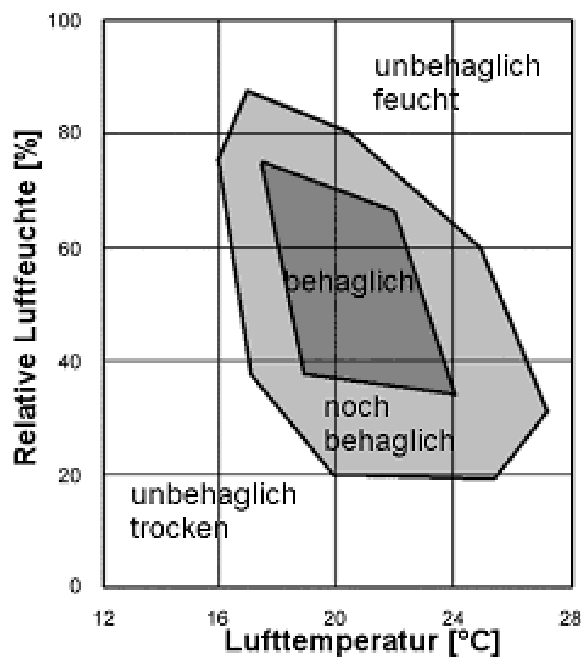
Bei den anderen Materialien ist das Ergebnis ebenfalls stark abhängig von der Oberfläche, also der Farbe und der Struktur.

Kommen wir jetzt zur Wärmedämmung.

Was will ich mit einer Dämmung erreichen?

Nun, ich möchte einen möglichst geringen Wärmeaustausch zwischen innen und außen, zwischen Wohnraum und Umwelt.

Wir fühlen uns nur in einem eng begrenzten Temperaturfenster wohl. Dieses „Fenster“ liegt im Bereich zwischen ca. 19- 24°C.



Die Umgebungstemperatur liegt nur selten in diesem Bereich und das auch nur für kurze Zeiträume.

Die überwiegende Zeit innerhalb eines Jahres liegt die Umgebungstemperatur niedriger.

Im Sommer liegen wir nur kurzzeitig in diesem Behaglichkeitsfenster, am Mittag kann es schon zu warm, nachts zu kalt sein.

Zwischen innen und außen liegt als Bauteil die Gebäudehülle.

Sie hat eine Menge Aufgaben zu lösen:

Sie muss neben der raumbildenden Funktion:

- statische Funktionen erfüllen,
- Sicherheit gewähren,
- Schallschutz bieten,
- Schutz vor Witterungseinflüssen wie Regen, Schnee, Wind, Sturm bieten und
- die beschriebene Innenraumtemperatur sichern.

Dazu stehen verschiedene Baumaterialien zur Verfügung, die über unterschiedliche Eigenschaften verfügen.

Nehmen wir als typischen Vertreter Stahlbeton(Normalbeton) und betrachten ihn hinsichtlich seines thermischen Verhaltens:

Stahlbeton hat eine Dichte von ca. 2,5 Tonnen pro m^3 Volumen und ist sehr stabil(Druckfestigkeiten zwischen 25 bis über 100 N/mm^2 , E- Modul zwischen 30.000 bis 40.00 N/mm^2). Schon bei einer Dicke von ca. 20cm kann er hervorragend die o.g. Bedingungen als Wandbaustoff erfüllen, außer der letzten Forderung nach Wärmeschutz.

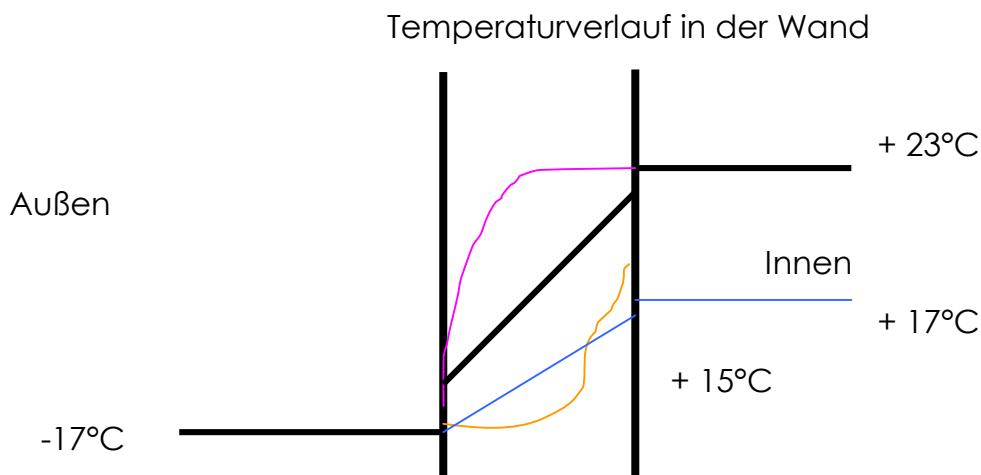
Warum?

Dazu sollte man sich den Baustoff unter thermischen Gesichtspunkten ansehen:

Beginnen wir mit dem Verhalten einer Betonwand, wenn außen ein windiger, kalter Wintertag ist, sagen wir $-17^\circ C$, innen mollige $23^\circ C$.

Zwischen innen und außen herrscht eine Temperaturdifferenz von $40^\circ C$.

Theoretisch müsste also die 20cm dicke Betonwand außen an der Oberfläche $-17^\circ C$ und innen $+ 23^\circ C$ aufweisen. Nehmen wir das als anzustrebenden Zustand an.



Die Grafik zeigt den gedachten(idealen) Temperaturverlauf in der Wand als schwarze bzw. blaue Gerade.

Schwarz, wenn die Wärmeverluste innen ständig ausgeglichen werden. Blau, wenn kein ausreichender Ausgleich erfolgt.

Da auch eine Betonwand nicht ideal isotrop ist, wird der Temperaturverlauf immer eine Art Kurve sein. Die obere rosa Kurve stellt einen Beton mit geringerer, die gelbe Kurve einen mit höherer Wärmeleitfähigkeit dar.

Wenn ich weniger Heizenergie bereitstelle, ergibt sich die blaue Kurve; die Innentemperatur und damit die Temperatur der Innenwandfläche sinkt. Folge (außer Gänsehaut und Zähneklappern) Kondenswasser fällt an der kühlen Wand aus.

Andere Wärmeverluste wie durch Lüftung bzw. Transmission und durch andere Bauteile wie Fenster, Decken und Fußböden werden der Einfachheit halber vernachlässigt. Für sie gelten die gleichen Prinzipien.

Innen warm, außen kalt-

die Wärme wird von innen nach außen infolge der Wärmeleitung abfließen.

Theoretisch bis sich die Außenfläche auch auf 23°C erwärmt hat.

Das wird aber nicht passieren, da die Außenfläche unserer Betonwand durch Konvektion und Strahlung auskühlt und von innen nicht genug Wärme nachgeliefert wird. Sie gibt Wärme ab, an die kalten an ihr entlangströmenden Luftteilchen und strahlt langwellige Infrarotstrahlung ab.

Je größer die äußere Oberfläche, der Temperaturunterschied und die Luftbewegung (Wind) ist, je mehr Wärme wird abgeführt (Grundgleichung der Wärmelehre, Richmannsche Regel für den Wärmeaustausch). Wenn ich innen keine Wärme erzeuge und damit die Verluste nicht ausgleiche, stellt sich ein Gleichgewicht, eine „Mischungstemperatur“ zwischen der wärmeren Gebäudemasse und der Masse der gesamten äußeren Umwelt ein. Nun kann ich die Masse der Gebäudehülle zwar vergrößern und so die der gespeicherten Wärme erhöhen, aber etwas später ist auch diese größere Menge abgeflossen.

Da die Umwelt eine unendlich größere Masse darstellt wie ein Gebäude, wird die Mischungstemperatur der Außentemperatur entsprechen. Je schlechter

die Wärme durch das Wandmaterial abgeleitet wird, je länger dauert der Prozess des Temperatenausgleiches.

Es fließt also **je Zeiteinheit** und abhängig von der Dämmwirkung der Wand mehr oder weniger Wärme ab. Um die Temperatur innen zu halten, muss ich diese abfließende Menge je Zeiteinheit erzeugen, um die Temperatur innen zu halten.

Die obige Betrachtungsweise geht von einem **stationären** Zustand aus; Außen- und Innentemperatur werden als gleichbleibend angenommen. Es kann je nach Wanddicke eine ganze Weile dauern, bis sich so ein stabiler(stationärer) Zustand hinsichtlich des Wärmeabflusses einstellt. In dieser Zeit ändern sich bereits wieder die Ausgangsparameter wie Wärmezufuhr, Außentemperatur, Wind...). Nur die Materialeigenschaften der Wand bleiben gleich, um die geht es hier.

Wie wird die Wärme nach außen transportiert?

Wärmestrahlung durch die dicke, schwere Betonwand ist vernachlässigbar. Strahlung dringt nicht durch den Beton.

Glas z.B. kann Strahlung fast ungedämpft durchlassen - so kann in kalten Nächten Wärme durch Abstrahlung über die Fenster verloren gehen.

Konvektion fällt auch weg, da der Beton eine dichte, feste Masse ohne Gase oder Flüssigkeiten ist; nur über diese könnte Wärme über Konvektion abfließen. Das wäre nur möglich, wenn z. B. der Beton voller durchgehender Risse wäre - dann wenn es zieht!

Nicht verputzte Fachwerkwände haben dieses Problem - der Übergang zwischen Holz und Gefachausmauerung ist nie dicht. Bei Wind können sich zwischen Luv und Leeseite eines Hauses erhebliche Druckunterschiede aufbauen, so gelangt kalte Luft ins Haus bzw. warme heraus. Auch defekte Außenputze, offene, knirsch gesetzte Stoßfugen oder die senkrechten Kanäle in modernen Ziegeln können durch Konvektion Luft und damit Wärme abführen.

Auch ohne durchgehende Fugen funktioniert Konvektion; in den eingeschlossenen Hohlräumen z.B. in der Stoßfugen bilden sich interne kleine Luftströme aus, die Wärme an der inneren warmen Seite aufnehmen und an der äußeren kälteren Seite der Fuge abgeben.

Wie gelangt jetzt Wärme in den Beton?

Nehmen wir **Wärmeleitung**:

Das z.B. wäre eine Wandheizung. In der Wand sind Heizschlangen eingebettet, die den Beton direkt erwärmen. Das Heizmedium Wasser, warme Luft oder ein von Strom durchflossener Draht geben ihre Wärme durch feste Körper direkt an die Wand ab. Ein Teil gelangt durch Infrarotstrahlung der aufgeheizten Wandfläche nach innen in den Raum, ein Teil durch Konvektion zwischen Raumluft und wärmerer Wandinnenfläche. Ein großer Teil wird durch Wärmeleitung in die Wand bis zum kalten Niveau der Außenwand geleitet.

Oder eine **Strahlungsheizung**. Ein Heizkörper steht vor der Wand, der ca. 50°C Oberflächentemperatur hat. Er strahlt Wärme ab, die von der Wand aufgenommen wird. Das kann auch ein Ofen sein.

Dann fehlt noch Konvektion: Der Heizkörper erwärmt die umgebende Luft, die warme Luft strömt an der Wand nach oben und erwärmt die Innenfläche.

Mit solchen Heizungen kann man also den Wärmeverlust durch Wärmeleitung ausgleichen.

Wenn die Wand also von außen Wärme verliert, muss das, was außen verloren geht, innen nachgeliefert werden.

Wie das geschieht, durch Wärmeleitung, -strahlung oder -konvektion, ist zweitrangig und hängt vom Heizungstyp ab.

In der Wand, also in festem Material, erfolgt der Wärmetransport ausschließlich durch Wärmeleitung.

In der Atmosphäre gibt es kein Heizsystem, das nur auf einem Prinzip der Wärmeübertragung heizt. Auch ein Ofen heizt durch Konvektion, nicht nur durch Strahlung. Nur im Vakuum sind Konvektion und Leitung ausgeschlossen.

Warum also dämmen?

Ich muss nur genügend Wärme in den Raum bringen, am besten so, dass die innere Oberfläche der Wand Raumtemperatur aufweist- dann ist es schön warm.

Nun, eine Wohnung mit einer Heizung warm zu kriegen ist nicht das Problem. Es geht um die Menge an Energie, die ich dafür aufwenden muss.

Diese Energie muss ich kaufen und das kostet Geld. Nur wer in ausreichender Menge über eigene Energie verfügt, dem mag das egal sein nach dem Motto: dann hacke ich eben noch einen Baum mehr um.

Das ist aber die Ausnahme.

Dämmen heißt den Abfluss von Energie aus dem Wohnbereich nach außen verringern.

Da bei unserem Beispiel die Energie durch Wärmeleitung verloren geht, macht es Sinn, diese Wärmeleitung zu verringern.

Bei anderen Wandbaustoffen und Aufbauten macht es Sinn, andere Arten der Wärmeleitung zu verringern, z.B. Konvektion, aber bleiben wir bei der Betonwand:

Wovon hängt die Wärmeleitung ab:

Sie ist zuerst eine materialabhängige Größe. Gemessen wird sie in Watt je Meter und Kelvin.

Definiert ist sie als die Wärmeleitfähigkeit eines homogenen Stoffes, in dem sich beim Fließen eines Wärmestromes der Dichte 1W pro m^2 die Temperatur in Richtung des Wärmestromes auf 1 m um 1 K ändert. Die Einheit wird mit dem griechischen Buchstaben λ gekennzeichnet.

Normalbeton hat ein λ von $1,6$ bis $2,1$. Zum Vergleich: Keramikziegel etwa der gleichen Dichte haben ein λ von $1,2$.

Zum weiteren Vergleich: Moderne Ziegel weisen ein λ zwischen $0,21$ (Dichte $0,9$) bis $0,12$ (Dichte $0,65$) auf.

Das heißt: Die Wärmeleitfähigkeit eines modernen Ziegels weist nur ein Zehntel und weniger auf, als die von Beton!

Wärmeleitung hängt also auch von der Dicke der Wand ab. Je dicker, je weniger Wärme fließt durch die Wand nach außen.

Nun ist das aber nur ein Teil des Problems; Außenwände haben auch noch andere Funktionen zu erfüllen.

Um die Tragfähigkeit und den Schallschutz zu gewährleisten, sollte eine Außenwand aus Poroton mindestens 30 cm dick sein.

Und eine meterdicke Betonwand bei einem Wohnhaus ist schon aus Kostengründen Nonsens.

Wenn ich also Materialien wähle, die eine möglichst geringe Wärmeleitfähigkeit haben, kann ich Energie sparen.

Eine Wand aus Stahl würde schon mit ein paar cm Dicke die Kriterien einer Außenwand erfüllen, das Material ist aber ein sehr guter Wärmeleiter.

Kunststoffe und Glas leiten die Wärme schlecht, sind aber als Wandbaustoffe ungeeignet. Um dieses Problem zu lösen, muss man Kompromisse eingehen. Je weniger Masse, also feste Körper ein Material hat, je weniger Teilchen können Wärme übertragen und damit fortleiten. Im Hochvakuum ist die Wärmeleitung gleich Null. Gase wie unsere Umgebungsluft leiten Wärme praktisch nicht, dafür übertragen sie Wärme durch Konvektion und halten keine Infrarotstrahlung zurück. Aus Luft kann ich aber keine Wand bauen.

Ein Weg ist die Kombination beider Stoffgruppen in einem Baustoff.

Porenbeton ist dafür ein gutes Beispiel. Ich habe Beton, der Masse, Strahlungssicherheit und Festigkeit bringt und ich habe Luft, die in Form von kleinen Bläschen bzw. Poren im Beton verteilt ist.

Die Luft dämmt gegen Wärmeleitung, der Beton macht das andere; tragen, sichern, Schall dämmen, Witterung abhalten, Strahlung dämpfen.

Heraus kommt aber auch ein Kompromiss, die Tragfähigkeit ist mäßig bis schlecht, gegen Witterung schützt das Material nur begrenzt, die Luftmenge ist begrenzt, Wärmeleitung findet nach wie vor statt, nur weniger.

Statt einer schlanken Stahlbetonwand habe ich jetzt eine dicke Gasbetonwand, die besser dämmt aber schlechter trägt und schützt- eben ein Kompromiss.

Ein weiterer Kompromiss ist die Verwendung von massivem Holz. Holz trägt gut und verfügt über eine recht gute Wärmedämmung. Nachteile sind die mäßige bis schlechte Schalldämmung und die Inhomogenität. Die Wand ist aus einzelnen Teilen(Balken, Bohlen...) gefügt; die Verbindungsstellen sind nie ganz dicht. Damit kann Wärmeübertragung durch Konvektion stattfinden. Dazu kommen ungünstige statische Eigenschaften wie Verformungsneigung unter Last oder bei Veränderung der Eigenfeuchte.

Ein zweiter Weg ist die Kombination unterschiedlicher Stoffe im Verbund.

Um meine Normalbetonwand besser vor Wärmeverlusten zu schützen, kann ich die Wärmeleitfähigkeit des Materials selbst nicht ändern. Ich kann aber ein gut dämmendes Material nehmen und es vor die Betonwand stellen.

Ich brauche dafür ein **Dämmmaterial**, das weder tragen noch schützen muss, nur dämmen. Dafür eignen sich am besten porige Materialien, die möglichst viel Luft einschließen und selbst eine niedrige Wärmeleitfähigkeit besitzen.

Wenn ich die Luft in möglichst viele kleine Kammern einschließe, verringere ich Wärmeübertragung durch Konvektion drastisch. Wenn das kammerbildende Material eine geringe Wärmeleitung aufweist, ist auch dieser Übertragungsweg minimiert.

Bleibt noch die Übertragung durch Strahlung. Bei alleinigem Einsatz von Dämmung wäre dieser Übertragungsweg noch offen, aber der schwere, dichte Beton auf der warmen Seite verhindert das zum großen Teil. Nur die erwärmte Betonoberfläche kann Strahlung emittieren. Handelsübliche Dämmstoffe sind nach diesen Prinzipien konstruiert, als Stützmaterial dienen Stoffe mit niedriger Wärmeleitfähigkeit wie Polymere, Glas, Holz, die aufgeschäumt oder als faseriges Wirrgelege in Platten- oder Mattenform verwendet werden. Die übliche Bezeichnung dafür ist „**Thermohaut**“.

Um die Strahlungsverluste zu verringern, werden moderne Dämmstoffe mit reflektierenden Zusätzen wie Graphit versehen.

Neue Entwicklungen auf diesem Gebiet haben zu dünnen hochleistungsfähigen Dämmplatten bzw. Paneelen geführt. Ein aufgeschäumter Stützkern aus schlecht leitendem Kunststoff wird mit einer Hülle aus Blech oder mehrlagigen reißfesten Folien umgeben und die Luft herausgesaugt. Innen ist Wärmeübertragung durch Leitung, Konvektion und Strahlung ähnlich wie in einer Thermoskanne weitgehend unterbunden, die Umhüllung weist Strahlung durch Reflektion ab. Solche Elemente (VIP) haben einen um den Faktor 10 besseren Dämmwert als Mineralwolle.

Die nächste Entscheidung ist, wo die Dämmung platziert wird, innen oder außen.

Außen

Thermohaut wird üblicherweise außen platziert. Dort kann die Dämmung im Winter am besten gegen Wärmeverluste wirken. Die Umhüllungskonstruktion, in unserem Beispiel der Beton, kann so als großer Wärmespeicher wirken und Temperaturschwankungen durch das Heizverhalten abpuffern. Eine gründliche Stoßlüftung führt so im Winter nicht gleich zum Auskühlen des Innenbereiches, da die Wände mit ihrer großen Masse auch über eine hohe Speicherkapazität verfügen.

Die Fassade ist einfacher „einzuhüllen“ als die einzelnen Innenwandflächen mit ihren Deckenanschlüssen, Innenwänden usw.

Innen

Innendämmung wird nur dann verwendet, wenn es aus ästhetischen oder anderen Gründen nicht möglich ist, Außendämmung einzusetzen.

Typische Einsatzgebiete sind die Sanierung von Gründerzeithäusern mit ihren stark gegliederten, geschmückten Fassaden und Fachwerkhäuser in Sichtfachwerk. Neben den aufwändigeren Detaillösungen bei Innenwänden

und Decken ergibt sich bei Innendämmung ein nicht zu unterschätzendes bauphysikalisches Problem: **Kondenswasser**.

Die gesamte Hüllkonstruktion befindet sich jetzt im kalten Bereich, damit ist sie praktisch vom „Wärmenachschub“ aus dem Innenbereich abgeschnitten.

An der Grenzschicht zwischen der Dämmung und der Hülle ergibt sich ein erheblicher Temperatursprung. Wenn die Innendämmung gasdurchlässig ist, also „diffusionsoffen“, dann kann warme und damit feuchte Innenluft durch den Dämmstoff hindurch bis zur kalten Innenfläche der Hülle wandern. Dort kondensiert dann Wasser aus. Dieses Kondensat feuchtet entweder die Dämmung auf oder die Wand wird von innen her feucht. Letzteres ist bei Fachwerkwänden problematisch, da es zu Schäden am Holz führen kann.

Wie kann man dem begegnen?

Bei massiven Wänden ist wichtig, dass der jährliche Feuchteeintrag durch Kondensat und Schlagregen geringer ist als die Austrocknungsrate.

Ein funktionierender Außenputz, eine gegen Schlagregen gesicherte Fassade ist dazu Grundvoraussetzung.

Bei Sichtfachwerk ist dies ein Problem; deshalb sollte solches Fachwerk nur dort ausgeführt werden, wo die Witterungsexposition und der konstruktive Holzschutz dies zulassen. Bei ungedämmtem Fachwerk trocknet das Heizen die Wand praktisch von innen her immer wieder aus; eine Innendämmung stoppt diesen Wärmetransport und senkt damit die Trocknungsrate erheblich.

Um dieses Problem zu lösen, werden Innendämmungen hoch kapillar ausgeführt. Als Materialien eignen sich dafür mineralische Schäume, eine Art feinporiger Gasbeton, und Platten aus Weichholzfäsern.

Eine weitere Variante sind diffusionsdichte geschäumte Kunststoffplatten die eine Diffusion stark vermindern. In Perforationen befindet sich hoch kapillares Material, das auftretendes Kondensat zur Oberfläche führt.

Die Platten werden vollflächig auf die Hülle geklebt; der Kleber hat einen höheren Diffusionswiderstand als die Wand.

Kondensat fällt auf der Kleberkontaktfläche zur Dämmung an und nicht an der Wand. So wird die Wand vor Kondensfeuchte geschützt. Die Innendämmung mit ihrer hochkapillaren Struktur transportiert das Kondensat zur Oberfläche, wo es verdunsten kann. Das funktioniert, weil die Transportleistung durch Kapillaren etwa um den Faktor 100 höher ist als die Transportleistung durch Diffusion.

Eine weitere, schon seit längerem eingesetzte Variante der Innendämmung ist eine mit dampfdichtem Aufbau. Die Dämmung, in der Regel Mineralwolle, befindet sich hinter einer Vorsatzschale. Mineralwolle ist zwar hoch diffusionsoffen, aber nicht kapillar. Wenn dort warme Innenluft hineingelangt, kommt es zur Feuchteakkumulation, da das Wasser nicht abgeführt werden kann. Die Hülle und die Innenseite der Hülle vernässt von innen.

Um das zu verhindern, muss die Dämmung luft- und dampfdicht zum Innenraum hin abgeschlossen werden. Theoretisch funktioniert das, praktisch ist die Ausführung mit einer Dampfsperre schwierig und birgt viele kleine potentielle Fehlerquellen.

Innendämmungen sind nicht so sehr Mittel zur Heizenergieeinsparung, sondern heben die Innentemperatur der Außenwandflächen.

Das verhindert nasse Wände und vor allem Schimmelbildung.

Zur Problematik des sommerlichen Wärmeschutzes

Die bisherigen Betrachtungsweisen bezogen sich auf die kalte Jahreszeit. Aber auch im Sommer kann innerhalb eines Tages die Temperatur unter oder über den „Wohlfühlbereich“ abweichen. Nachts bzw. Morgens um 12° C lassen uns erschauern, nachmittags lassen uns 30°C in Schweiß baden. Wer

Räume in einem nachträglich ausgebauten Dachgeschoss bewohnt, das sehr gut gedämmt sein mag dem aber die Speichermasse fehlt, weiß wovon ich schreibe. Diese täglichen Schwankungen können durch das Wärmebeharrungsvermögen der Hüllkonstruktionen sehr gut gepuffert werden. Es dauert eben eine ganze Weile, bis die vielen Tonnen Masse der massiven Außenwände eines Hauses aufgeheizt sind; es dauert eben so lange, bis bei fehlender Wärmezufuhr, also Nachts, die Temperatur sinkt.

Besonders geeignet als Materialien für den sommerlichen Wärmeschutz sind Stoffe mit hoher **spezifischer Wärmekapazität c** aber geringer Wärmeleitfähigkeit. Der Wert c ist eine stoffabhängige Größe, angegeben in Joule pro Kelvin und Kilogramm

Solche Stoffe können viel Wärme, hier durch Strahlung, aufnehmen. Die Abgabe der Wärme erfolgt zeitverzögert.

Hier einige Beispiele [ca.-Angaben in kJ/(kg x k)]

Holz	1,7
Ziegel	0,8
Schaumpolystyrol	1,2
Wasser	4,2
Glas	0,7
Beton	0,9

Nach dieser Übersicht ist Holz am besten für diese Aufgabe geeignet, es ist die beste Kombination aus Masse, Dämmwirkung und Wärmespeicherkapazität.

Allerdings besitzt es auch ungünstige Eigenschaften wie Beständigkeit gegen Schädlinge, Brennbarkeit, Inhomogenität.

Eingesetzt wird es in Form von Weichfaserdämmplatten, die sich im Dachbereich besser eignen als z.B. Schaumpolystyrol, das bei gleicher Stärke

zwar besser dämmt, aber fast nichts wiegt und durchlässiger bei Infrarotstrahlung ist.

Bei den eingesetzten Materialien ist also nicht nur die Wärmeleitfähigkeit, sondern auch die spezifische Wärmekapazität bei der Bewertung der Ergebnisse entscheidend.

Die durch Infrarotstrahlung aufgenommene Wärmemenge wird erst einmal im Stoff gespeichert, ehe sie zeitverzögert abgegeben wird. Je mehr Masse und je höher die spezifische Wärmekapazität, je mehr Wärme kann der Stoff aufnehmen

Je nach Masse können so sommerliche Tagesschwankungen ausgeglichen werden; innen im Haus bleibt die Temperatur nahezu konstant, wenn man die Transmission als Wärmetransport einmal außer Acht lässt.

Anders ist es natürlich bei ständigen hohen Temperaturen über einen längeren Zeitraum. Hier kann eine Thermohaut die Sonneneinstrahlung auf die Wand drastisch reduzieren; besonders die modernen, infrarotreflektierenden Dämmstoffe.

Schon die Farbe der Außenhülle und ihre Struktur wirken sich auf die Wärmeaufnahme/ -abgabe einer Wand aus.

Je heller die Farbe, je mehr Reflektion. Je rauher und zerklüfteter die Struktur, je mehr Oberfläche, welche Wärme abstrahlen bzw. durch Konvektion verlieren kann.

Große, von der Sonne beschienene Fensterflächen wirken wie Wärmefallen, die Strahlungswärme wird in den Raum geführt, kann aber nicht durch Konvektion und Wärmeleitung wieder abgeführt werden.

[Beispiel:](#)

[Wüstenklima und Meerklima im Äquatorbereich bei annähernd gleicher Sonneneinstrahlung](#)

[Sandwüste:](#)

Hohe Sonneneinstrahlung, tagsüber hohe Temperaturen (bis ca. 50°C),
Nachts kalt (bis ca. 0°C).

Grund: die geringe Wärmespeicherkapazität des Sandes, dessen lockere
Schüttung dämmend wirkt. Nur die oberen, lockeren Schichten im dm-
Bereich speichern Wärme, die schnell an die Luft durch Konvektion
abgegeben wird. Nachts wird die Wärme ins Weltall und in die oberen
Luftschichten abgestrahlt, da Wolken fehlen.

Meerklima z.B. in der Karibik:

Kompaktes, hohlraumfreies Wasser als Oberfläche, das eine mehr als 6-fache
Wärmespeicherkapazität hat als Sand. Dadurch wird die gleiche
Wärmemenge gespeichert, aber mit geringerem Temperaturunterschied.
Dieser geringere Unterschied führt zu weniger Abstrahlung. Die Abstrahlung
wird durch Wolkenbildung gedämpft.

Ergebnis: Tages- und Nachttemperaturen unterscheiden sich nur um ein paar
Grad. Eine Wärmeakkumulation findet an der Wasseroberfläche nicht statt,
da im Wasser Konvektionsströmungen für Energieaustausch sorgen.

Fazit: Wasser hat die höchste Wärmespeicherkapazität bei Baustoffen.
Deshalb wird es als Übertragungs- und Speichermedium für Wärme eingesetzt.

Lehm, der Wasser in Größenordnungen bis 8 Masse-% (ca. 180 Liter pro m³)
speichern kann, kann durch diese Wassermenge viel Wärme speichern bzw.
abpuffern.

Durch Verdunstung des Wassers wird zusätzlich Energie verbraucht - Lehm
wirkt kühlend!

Auch Gips besitzt durch die großen Mengen eingelagertes Kristallwasser eine
hohe Wärmespeicherkapazität- das macht ihn zu einem guten
Brandschutzmaterial.

Zur Wirtschaftlichkeit von Dämmungen in der Altbausanierung

In der öffentlichen Diskussion werden energetische Sanierungen oft auf die Fassadendämmung reduziert. Die Wärmeverluste über die Fassade als Teil der Gebäudehülle machen aber nur ca. 20-25% der Gesamtwärmeverluste eines Hauses aus. Wenn ich also mit einer Fassadendämmung den Wärmeabfluss halbiere, bringt das etwa 10-12% Energieeinsparung. Deshalb rechnen sich solche Maßnahmen nur im Zusammenhang mit einer normalen Instandsetzung/ Sanierung. Wenn das Bauteil Fassadenputz ohnehin für einer Erneuerung vorgesehen ist, dann hält sich der Mehraufwand für eine Dämmwertverbesserung, z.B. durch einen mineralischen Leichtputz, in Grenzen. Hier kommen nur ein paar Euro für das Material als Zuschlag hinzu, alle anderen Kosten wie Rüstung, Untergrundbehandlung usw. würden ohnehin entstehen.

Die Dämmung selber funktioniert nicht nach dem Prinzip: Viel hilft viel.

Eine Außendämmung mit einem guten λ - Wert bringt bei 2 cm Dicke eine Energieeinsparung von ca. 35% bezüglich des Wärmedurchgangs an der ungedämmten Außenwand.

Wie entwickelt sich das Verhältnis Dämmstärke zu Einsparung weiter?

Das soll folgender Überblick zeigen:

(Quelle Energieagentur NRW, Seminar Blatt WWA0 14)

Dämmstärke	Heizenergieeinsparung in %
2 cm	35%
4 cm	48%
6 cm	55%
8 cm	59%

10 cm	64%
12 cm	65%

Auch wenn die Prozentzahlen stark von der vorhandenen Wandkonstruktion abhängen, zeigt sich doch eine eindeutige Tendenz:

Eine absolute Dämmung von 100% erreichen zu wollen ist technisch und wirtschaftlich unsinnig. Um die Dämmwirkung etwa zu verdoppeln, muss ich die Dicke der Dämmung versechsfachen.

Wirtschaftlich gesehen ist eine Dämmung im Bereich von 4-8 cm im Altbau am günstigsten. Zusammen mit dem Einbau neuer, hochwärmedämmender Fenster, einem gut gedämmten Dach und einer modernen, effektiven Heizungsanlage können erhebliche Einsparungen an Heizenergie bis um 50% und erreicht werden. Jedes Prozent darüber kann nur mit erheblichem finanziellen und technischen Mehraufwand und konstruktiven Nachteilen erreicht werden.

Zur Wirtschaftlichkeit von Dämmungen im Neubau

Beim Bau von neuen Gebäuden ist durch die Einbeziehung der Energieeffizienz in die Gesamtplanung ein viel höherer Einsparungseffekt erzielbar. Hier kann die Verbesserung der Außendämmung um einiger Dutzend Watt pro m² und Jahr schon erhebliche Auswirkungen auf das Gesamtkonzept haben, z.B. die Wahl des Heizsystems.

Der kostenseitige Mehraufwand wird mit ca. 10-15% im Vergleich zu einem energetisch nicht optimierten „Normalhaus“ gerechnet. Man geht von einer Amortisation dieses Mehraufwandes in einem Zeitraum von 10 – 15 Jahren aus, für das Alter eines Gebäudes ist das keine Größe.

Ich sehe die Probleme dabei nicht so sehr im technischen Bereich sondern in der Schnittstelle zwischen dem energieeffizienten Haus und seinen Bewohnern.

Wenn ich z.B. die Energieverluste infolge Wärmeleitung durch effiziente Dämmung senke, erhalten andere, von den Bewohnern beeinflussbare Verluste einen völlig neuen Stellenwert.

Eine moderne, mit regenerativen Energien betriebene Heizung ist in der Lage, mit ein paar KW Leistung ein gut gedämmtes Haus mit Warmwasser und Heizung zu versorgen. Aber die Transmissionswärmeverluste, die bei einem ungedämmten Haus nur etwa 15-20% der Wärmeverluste ausmachen, können in absoluten Zahlen bereits höher sein als die Leistung der Heizung. Schon ein paar angekippte Fenster oder eine offene Haustür überfordern dann die Heizung. Ohne genügenden Luftaustausch wächst die Gefahr von Kondenswasser und Schimmelbildung.

Niedrigenergiestandard zwingt die Bewohner entweder zu einem straffen Lüftungsregime oder noch mehr Technik in Form von Wärmerückgewinnung und Zwangslüftung. Dann haben wir keine Häuser mehr, sondern Wohnroboter.

Böttcher fecit