

Lambda

Statischer / Dynamischer Dämmwert - - - Gefühlte / Gemessene Temperatur

Der Begriff der gefühlten Temperatur wurde eingeführt, als die Wehrmacht 1941 in die Sowjetunion einmarschierte und ein Maß gefunden werden musste, wie viel einem deutschen Soldaten zugemutet werden kann: Nicht nur an Kälte, sondern auch an kaltem Wind. Um einen Menschen wie auch um ein Haus bilden sich dünne Luftschichten, sodass die gemessene Außentemperatur nicht direkt an der Kleidung oder der Häuserwand anliegt, sondern erst nach einigen Millimetern. Geht ein starker Wind, zerstört die Konvektion diese dünnen Luftschichten und die Kälte grenzt unmittelbar. Gemessen wird die "gefühlte Temperatur", indem man ermittelt, wie schnell ein Wasserglas abkühlt. Beispiel: Ein normiertes Wasserglas kühlt bei -1 °C und Windstärke 5 genau so stark ab wie bei vergleichbaren windstillen -10 °C , demnach ist die gefühlte Temperatur -10 °C bei gemessenen -1 °C .

Wärmedurchgangskoeffizient

Um die Dämmung gegenüber Wärmeverlust (winterlicher Kälteschutz) zu charakterisieren, muss ermittelt werden, wie viel Wärmeenergie von einem Ort (innen) durch eine "Wand" an den anderen Ort (außen) gelangt. Dass die Wärme überhaupt "wandert", resultiert aus dem "thermodynamischen" Bestreben nach Wärmeaustausch (kalorisches Gleichgewicht). Ein solcher Wärmeaustausch kann auf vielfältige Art und Weise geschehen, je nach "Wand", z.B. durch direkten Austausch der Luft, durch schleichende Konvektion (Wand mit vielen Lufteinschlüssen), direkten Wärmeaustausch (Innenraum erwärmt die Wand -> Wand erwärmt den Außenraum) etc.

Unter dem Wärmedurchgangskoeffizient versteht man die Menge Wärme, die je m^2 bei klimatischen Unterschieden von Innen und Außen durch den Baukörper dringt. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit gibt es zwei Fälle:

1. Es herrscht eine (konstante) Temperaturdifferenz.
2. Es wird Energie entzogen (Wind oder Temperatursturz) oder Energie zugeführt (Sonneneinstrahlung im Sommer). Enthalpieexport / Enthalpieimport

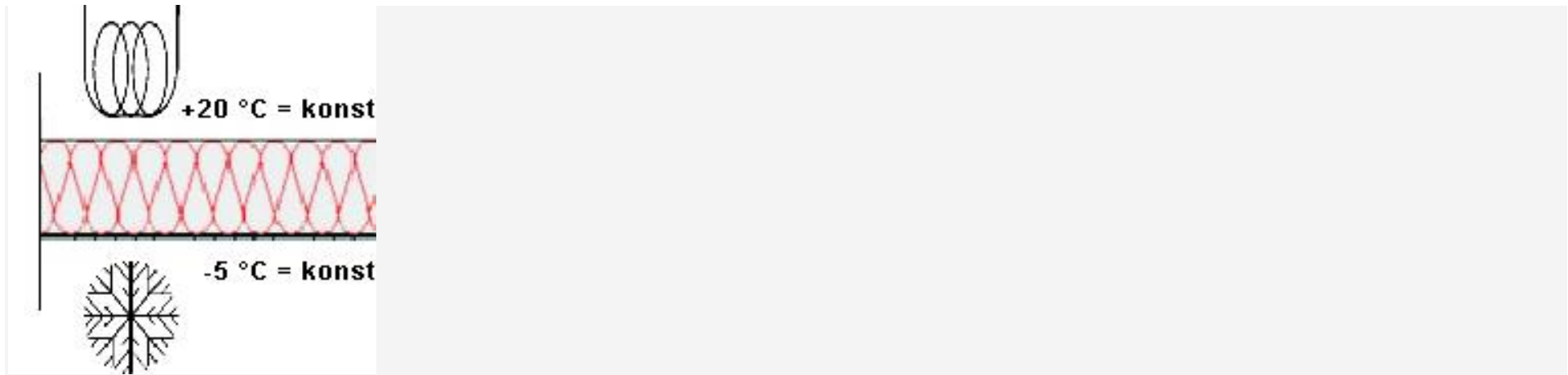
Die entsprechenden Widerstandszahlen für diese beiden Erscheinungen könnte man auch benennen als

1. statischer Widerstand gegen Wärmeverlust = statischer Dämmwert

2. dynamischer Widerstand gegen Wärmeverlust = dynamischer Dämmwert

Physikalisch interessiert dabei die Wärmeleistung = Wärme/Stunde, ausgehend von der reziproken Linearität gegenüber der Temperaturdifferenz und der Wandfläche.

Der statische Dämmwert



Die DIN 52612 - Messanweisungen der statischen Wärmeleitfähigkeit - bezieht sich i.w. auf folgende Versuchsanordnung: Der zu messende Dämmstoff wird zwischen eine Heizplatte (oben) und eine Kühlplatte (unten) gebracht. Dann wird die Heizplatte zunächst erwärmt (z.B. auf 20 °C); die Kühlplatte wird bei konstanter Temperatur gehalten (z.B. -5 °C); über Messfühler wird die exakte Temperaturdifferenz gesteuert. Es muss nun solange gewartet werden, bis keinerlei Schwankungen mehr gemessen werden, dann erst beginnt die eigentliche Messung. Über die Ermittlung der Stromstärke erkennt man, wie viel Energie der Heizplatte zugeführt werden muss, um die Temperaturkonstanz beizubehalten, also wie viel Wärme an die Kühlplatte abgegeben wird. Kommt es aber während der Messung zu Temperaturschwankungen, wird der Versuch verworfen. Ermittelt wird die Wärmemenge je Fläche des Dämm-Probekörpers je Temperaturunterschied. Die Wärmemenge je Stunde ergibt den statischen Wärmedurchgangskoeffizienten.

Die Wärmeleitfähigkeit ist das Produkt von Wärmedurchgangskoeffizient und Dicke des Probekörpers.

Der statische Dämmwert leistet nur bei Windstille und bei konstanten Außentemperaturen einen unmittelbaren Dienst. 1 m² Wandfläche einer Dicke von 24 cm bei 25 °C Temperaturunterschied und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,1 W/mK besitzt einen statischen Wärmedurchgangskoeffizienten $U = \lambda/d$ von 0,42 W/m²K und leitet also je Stunde 10,5 J/m² nach Außen. Bei einem Temperaturunterschied von 35 °C sind es entsprechend 14,7 J/m². Der statische Wärmedurchgangskoeffizient addiert sich reziprok: $1/U_g = 1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3 \dots$

Der dynamische Dämmwert

Sobald Wind herrscht oder sich die Außentemperaturen ändern, spielt der statische Dämmwert eine untergeordnete Rolle. Der dynamische Dämmwert gibt an, wie schnell ein Stoff bei Abkühlung der Außenseite diese Kälte nach innen weiter trägt. In den dynamischen Dämmwert fließt die spezifische Wärmekapazität (Fähigkeit der Wärmespeicherung) des Materials ein.

Kühlt 1 m² Wand mit einer Dicke von 24 cm, einer spez. Wärmekapazität von 1 J/kgK und einer Rohdichte von 1,2 t/m³ um 25 °C ab, so müssen 7,2 kJ abgegeben werden. Bei der Annahme, dass diese Wand einen linearen Temperaturverlauf (von -5 °C bis 20 °C) hat, dient diese Wand als Wärmespeicher von $1/2 * c * m * dT = 3,6$ kJ. Fällt in der Nacht die Temperatur oder weht ein Wind mit einer gefühlten Temperatur von -10 °C (Windstärke 3-4), so wird gespeicherte Wärme der Wand abgegeben: maximal $1/2 * c * m * 10$ K = 1,44 kJ je m².

Bei einem Wärmeleitwert von 0,6 W/mK und einem Wärmedurchgangskoeffizienten von 2,5 W/m²K benötigt die Wand für diese Wärmeabgabe 1.440 Wh/m² = 2,5 W/m²K * 10 K * x h, also 57,6 Stunden. Anders: Je Stunde werden 25 J/m² aus der Wand nach Außen abgegeben. Um diesen Betrag verringert sich die Wärmeabgabe aus dem Innenraum.

Gleichgewichtskoeffizient des Wärmehaushaltes:

Fällt die Temperatur, wird Energie durch Wind entzogen (gefühlte Temperatur) oder erhitzt sich im Sommer die Außentemperatur am Tage, so puffert das Speichermedium Wand zunächst die Temperaturänderung ab:

- $E = c * m * dT$

Diese Energie wird nun nach Außen transportiert mit der Geschwindigkeit der Wärmeleitzahl, es gilt:

- $c * Rd * b * dT = sWz/b * dT * t$

(*Rd*: Rohdichte, *b*: Wanddicke, *dT*: Temperaturdifferenz, *t*: Zeit in der das Gleichgewicht hergestellt wird) Demnach wird die Gleichgewichts-Zeit:

- $t = cRdb^2 / \lambda s$

t charakterisiert die Durchwärmzeit bzw. die Abkühlungszeit einer Wand. Während dieser Zeit verharrt das statische Wärmeleitmaß auf dem alten Temperaturgefälle.

Da bei Dämmstoffen weniger die Wärmeeindringung als vielmehr der Wärmeverlust interessiert, wird der Wärmeverlustkoeffizient (= 1/Wärmeeindringkoeffizient) genutzt.

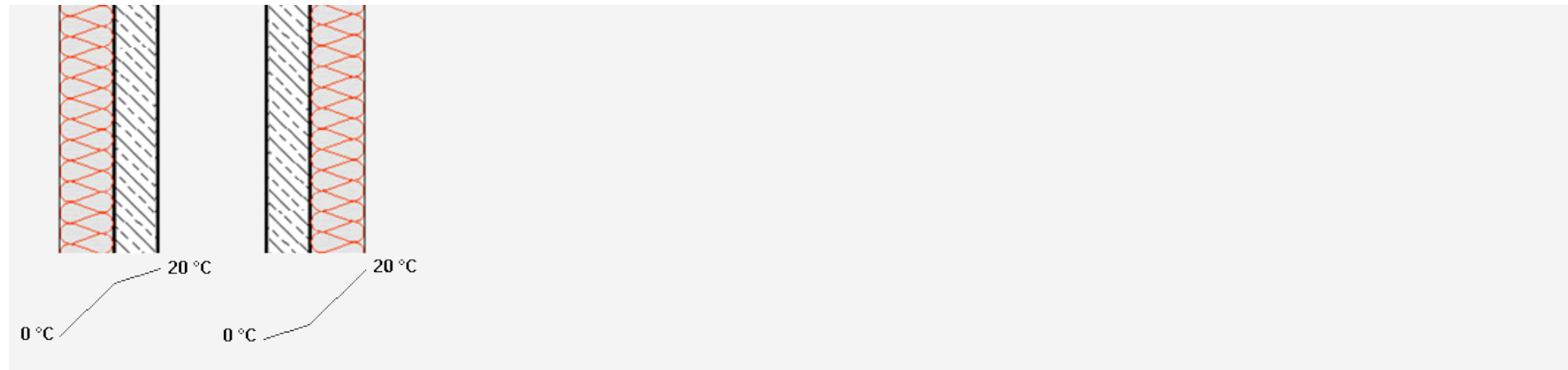
Baustoff	Wärmedurchgangskoeffizient	Wärmeverlustkoeffizient	Temperaturleitfähigkeit
	in W/mK	in m ² K/Ws	in mm ² /s
Ziegel- Mauerwerk	1,200	0,001	0,580
Holz	0,180	0,002	0,161
geschäumte Kunststoffe	0,035	0,031	1,203
Mineralwolle	0,040	0,032	1,606
Hanf - Dämmwolle	0,045	0,014	0,409

Außenwanddämmung oder Innenwanddämmung

Unter statischen Laborbedingungen nach DIN und EN zur Wärmeleitfähigkeit lassen sich zunächst zwischen Außen- und Innenwanddämmung keine qualitativen Unterschiede messen. Lediglich der Temperaturverlauf (Temperaturgradient) im Baukörper unterscheidet zunächst die Systeme.

Außenwanddämmungen haben einen Vorteil für das Energieverhalten der Innenräume, da eine massive Innenwand einen Wärmespeicher darstellt.

Innenwanddämmungen haben einen Vorteil für das Energieverhalten der Außenwand, da nun die massive Außenwand den Wärmespeicher darstellt.



Der Wärmespeicher einer Außenwand stellt einen Widerstand gegenüber Wärmeentzug dar. Baukörper mit einer massiven Außenwand haben also auf jeden Fall ein besseres Dämmverhalten, sobald sich Temperaturen ändern oder Wind weht.

Der Wärmedurchgangskoeffizient in zukünftigen Bau- oder Energiesparverordnungen:

Voraussetzung einer Bauverordnung ist ein "sinnvoller" Vergleich des derzeitigen Stands der Technik. Die z.Z. gültige Energiesparverordnung geht von einer Gleichwertigkeit folgender Wandaufbauten aus: 24 cm Ziegel-Mauerwerk **gleichwertig** zu 1,6 mm Polystyrol, denn $U_s = 2,5 \text{ W/Km}^2$.

(Jeder Bauwagen ist also dreifach besser gedämmt als die meisten alten einetägigen Wohnhäuser? Die Bauwagen benötigen also 3-fach weniger Heizmaterial?)

Kritik:

1. Dieser Gleichwertigkeitsvergleich ignoriert den dynamischen Dämmwert bzw. die dynamische Wärmeleitfähigkeit.
2. Es steht im Widerspruch zur praktischen Vernunft.

Eine praxisbezogene Energiesparverordnung muss den komplexen Wärmedurchgangskoeffizienten $U = U_s + i * U_d$ berücksichtigen. Um hierbei einen reellen Vergleich anzugehen, ist eine Äquivalenzrelation aufzubauen, die sinnvollerweise klimatische Besonderheiten berücksichtigt. So geht in diese Äquivalenzrelation ein, wie tief die Wintertemperaturen fallen, wie stark die winterlichen Temperaturunterschiede von Tag und Nacht sind und welche Windverhältnisse vorliegen.

Beispiel:

Äquivalenzvoraussetzung A:

- 24-cm Ziegelmauerwerk **gleichwertig** 12 cm Polystyrol-Wand

Demnach hieße die Äquivalenzrelation:

- $U = 2,5 \text{ W/Km}^2 + i 0,017 \text{ 1/hm}^2$ **gleichwertig** $0,33 \text{ W/Km}^2 + i 0,37 \text{ 1/hm}^2$

Auf dieser Basis lässt sich eine metrische Größe für den Wärmedurchgangskoeffizienten formulieren, der sowohl den statischen als auch den dynamischen Wert berücksichtigt.

Quelle: <https://www.hanffaser.de/uckermark/index.php/bauphysik/kritik-der-bauphysik>