
Bauphysik

Wärme: Der Einstieg in die Normung

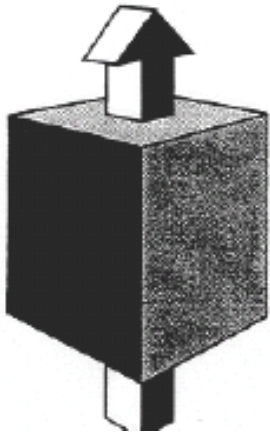
Prof. Dr.-Ing. Petra Rucker-Gramm

Vorlesungsunterlagen nur für studentische Zwecke. Eine Weitergabe oder Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur nach schriftlicher Genehmigung durch die Verfasserin erlaubt.

Wärmetransportmechanismen

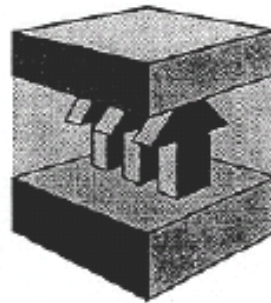
Welche Wärmeübertragungsphänomene gibt es?

Leitung



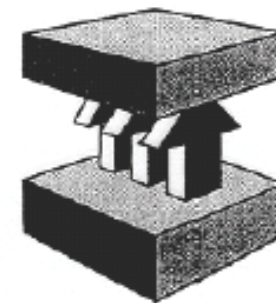
Innerhalb eines Materials
oder bei direktem Kontakt
zwischen zwei Körpern

Konvektion



Wärmeenergie wird durch
Strömen eines Mediums
mittransportiert

Strahlung



Ausstrahlung oder
Aufnahme elektromagn.
Strahlung

→ Im Festkörper dominiert die Wärmeleitung, während im Gasraum
Konvektion und Strahlung dominieren

DIN 4108-4: Bemessungswerte

DEUTSCHE NORM		März 2017
	DIN 4108-4	DIN
ICS 91.120.10	Ersatz für DIN 4108-4:2013-02	
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte		
Thermal insulation and energy economy in buildings – Part 4: Hygrothermal design values		
Isolation thermique et économie d'énergie en bâtiments immeuble – Partie 4: Valeurs de calcul hygrothermiques		

DIN 4108-4: Bemessungswerte

Tabelle 1 — Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit und Richtwerte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a, b} ρ kg/m ³	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_B W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf- Diffusionswider- standszahl ^c μ
1	Putze, Mörtel und Estriche			
1.1	Putze			
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	(1 800)	1,0	15/35
1.1.2	Gipsputzmörtel	(1 400)	0,70	10
1.1.3	Leichtputz	< 1 300	0,56	15/20 
1.1.4	Leichtputz	≤ 1 000	0,38	
1.1.5	Leichtputz	≤ 700	0,25	
1.1.6	Gipsputz ohne Zuschlag	(1 200)	0,51	10
1.1.7	Kunstharzputz	(1 100)	0,70	50/200

Hessische Bauordnung (HBO) vom 6. Juni 2018

§ 15

Wärme-, Schall-, Erschütterungsschutz

(1) Gebäude müssen einen ihrer Nutzung und den klimatischen Verhältnissen entsprechenden Wärmeschutz haben.

§ 68

Bautechnische Nachweise, Typenprüfung

(1) ¹Nachweise für die Standsicherheit einschließlich der Feuerwiderstandsdauer tragender Bauteile, den vorbeugenden Brandschutz, den Schall- und Wärmeschutz sowie Nachweise für Energieerzeugungsanlagen nach Abs. 6 sind nach Abs. 2 bis 6 von hierzu berechtigten Personen (Nachweisberechtigte) aufzustellen oder nach Prüfung auf Einhaltung der Anforderungen dieses Gesetzes oder aufgrund dieses Gesetzes durch Prüfsachverständige gegenüber der Bauherrschaft zu bescheinigen. ²Eine bauaufsichtliche Prüfung entfällt; § 55 gilt entsprechend. ³Satz 1 und 2 gelten nicht für Sonderbauten, ausgenommen für Nachweise nach Abs. 3 Satz 3 und Abs. 5 sowie Bescheinigungen nach Abs. 6.

Hessische Bauordnung (HBO) vom 6. Juni 2018

§ 68

Bautechnische Nachweise, Typenprüfung

(5) Die Nachweise des Schall- und Wärmeschutzes sind von einer hierzu aufgrund einer Rechtsverordnung nach § 89 Abs. 5 Satz 1 Nr. 1 berechtigten Person zu erstellen.

§ 89

Rechtsverordnungen, Verwaltungsvorschriften

(5) ¹Durch Rechtsverordnung können besondere Anforderungen gestellt werden an

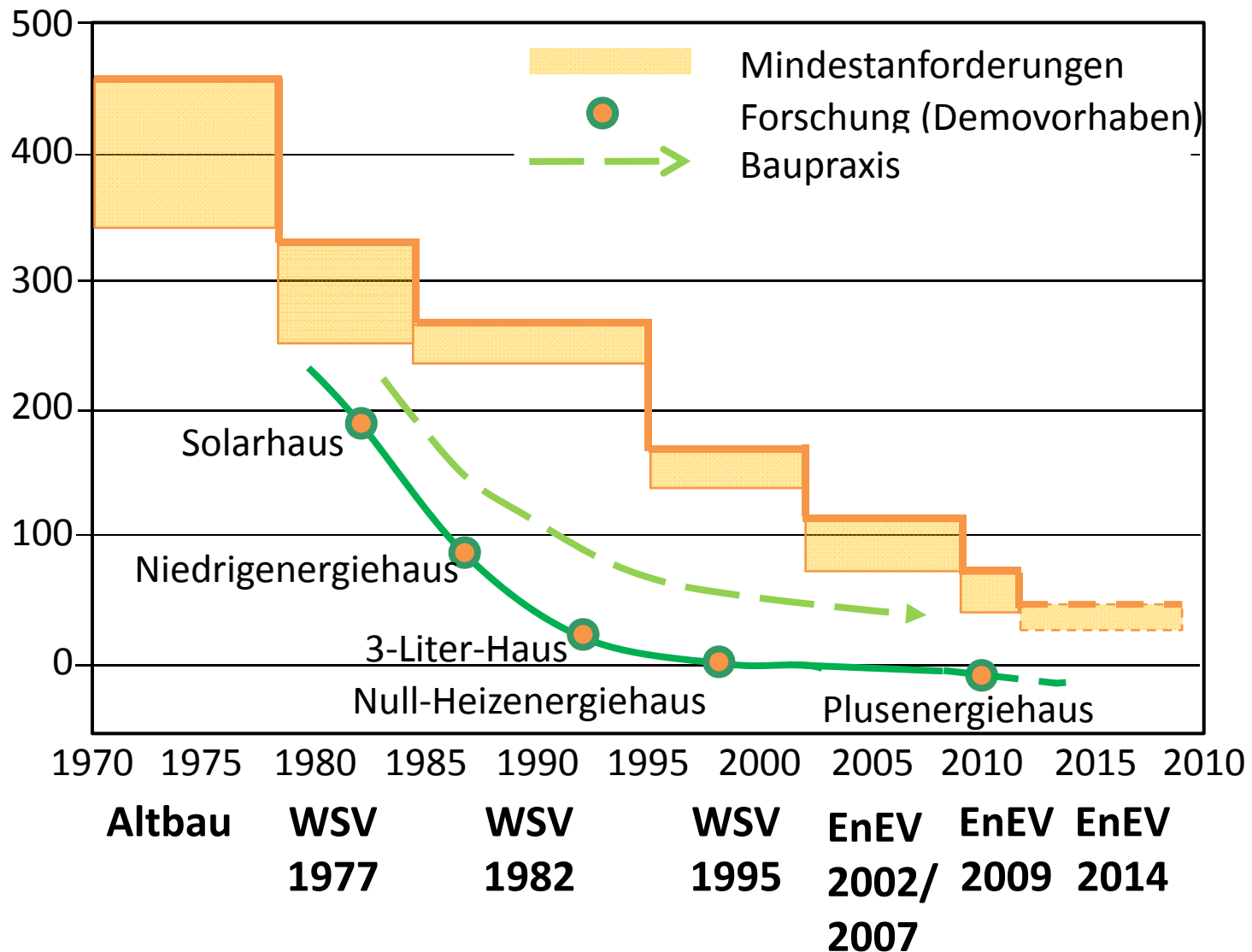
1. nachweisberechtigte Personen und Stellen, die nach § 68 Abs. 3 Satz 2, Abs. 4 Satz 2 und Abs. 5 bautechnische Nachweise erstellen,

Energieeinsparung, Ressourcenschonung und Klimaschutz

Version	Verordnung	in Kraft seit
①	WSVO	01.11.77
②	WSVO	01.01.84
③	WSVO	01.01.95
④	EnEV	02.12.04
⑥	EnEV	01.10.07
⑦	EnEV	01.10.09
⑧	EnEV	ab 01.05.14

Neue Ziele: Energieeinsparung, Ressourcenschonung, Klimaschutz

Jahresprimärenergiebedarf – Heizung [(kWh/(m²a))]



Überblick über die wichtigsten Normen

DIN 4108 Wärmeschutz und Energie-Einsparung von Gebäuden:

DIN 4108 Beiblatt 1	Inhaltsverzeichnis	1982-04
DIN 4108-1	Größen und Einheiten	1981-08
DIN 4108-2	Mindestanforderungen Wärmeschutz	2013-02
DIN 4108-3	klimabedingter Feuchteschutz	2018-10
DIN 4108-4	Bemessungswerte (Wärme u Feuchte)	2017-03
DIN EN ISO 10456	Wärme- und feuchtetechn. Eigensch.	2010-05
DIN EN ISO 6946	Berechnungsverfahren	2018-04*)
DIN V 4108-6	Berechnung des Jahresheizenergiebedarfs	2003-06
	Berichtigung 1	2004-03
DIN 4108-7	Luftdichtheit von Gebäuden	2011-01
DIN 4108-8	Vermeidung von Schimmelwachstum	2010-09
DIN 4108 Beiblatt 2	Wärmebrücken	2019-06
DIN EN ISO 10077-1	Wärmetechn. Verhalten von Fenstern	2018-01
DIN EN ISO 13789	spez. Transmissionswärmeverlustkoeff.	2018-04
DIN V 4701-10	Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung.	2003-08

*) Ersatz für DIN 4108-5

Aktualisierung Mai 2020

> 600 Seiten

DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

DEUTSCHE NORM		Februar 2013
	DIN 4108-2	
ICS 91.120.10	Ersatz für DIN 4108-2:2003-07	
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz Thermal protection and energy economy in buildings – Part 2: Minimum requirements to thermal insulation Protection thermique et économie d'énergie dans la construction immobilière – Partie 2: Exigences minimales à l'insolation thermique		

DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Hintergründe für die Norm

Der Wärmeschutz hat bei Gebäuden Bedeutung für

- die Gesundheit der Bewohner durch ein hygienisches Raumklima,
- den Schutz der Baukonstruktion vor klimabedingten Feuchte-Einwirkungen und deren Folgeschäden,
- einen geringeren Energieverbrauch bei Heizung und Kühlung,
- die Herstellungs- und Bewirtschaftungskosten.

DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

Einflussgrößen auf den Wärmeverlust im Winter und den Wärmeeintrag im Sommer

- Wärmedurchlasswiderstand / Wärmedurchgangskoeffizient
- Anordnung der einzelnen Schichten, wirksame Wärmespeicherfähigkeit
- Wärmebrücken
- Glas / Fenster
- Luftdichtheit
- Lüftung

DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

- Wärmedurchlasswiderstand / Wärmedurchgangskoeffizient

Was ist das für ein Kennwert, wie wird dieser berücksichtigt,...?

...mehr dazu im Anschluss an

„DIN 4108-2: Abschnit 4: Grundlagen de Mindestwärmeschutzes“

DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

4.2 Wärmeschutz im Winter, Planungshinweise

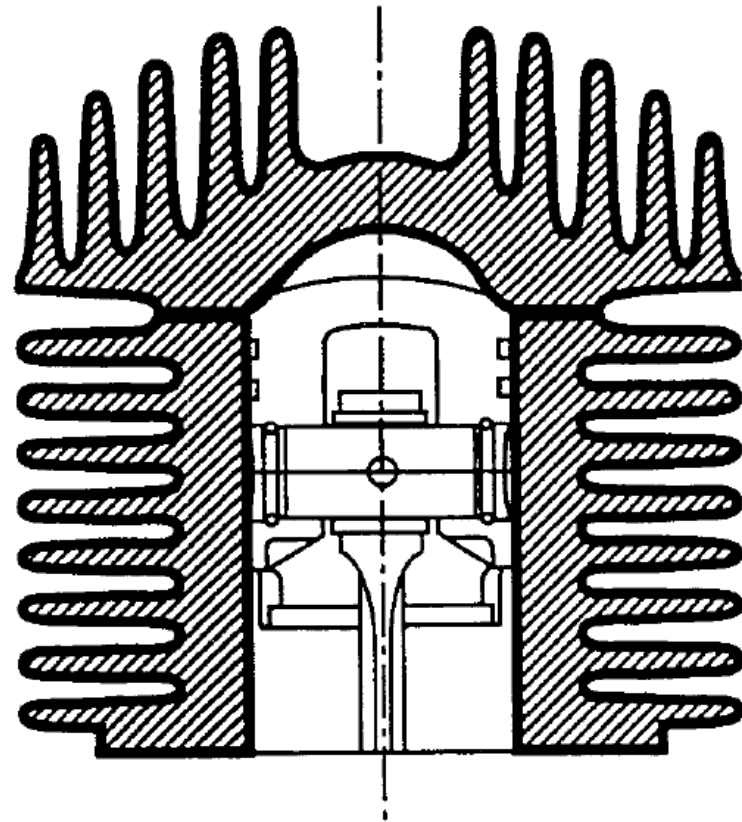
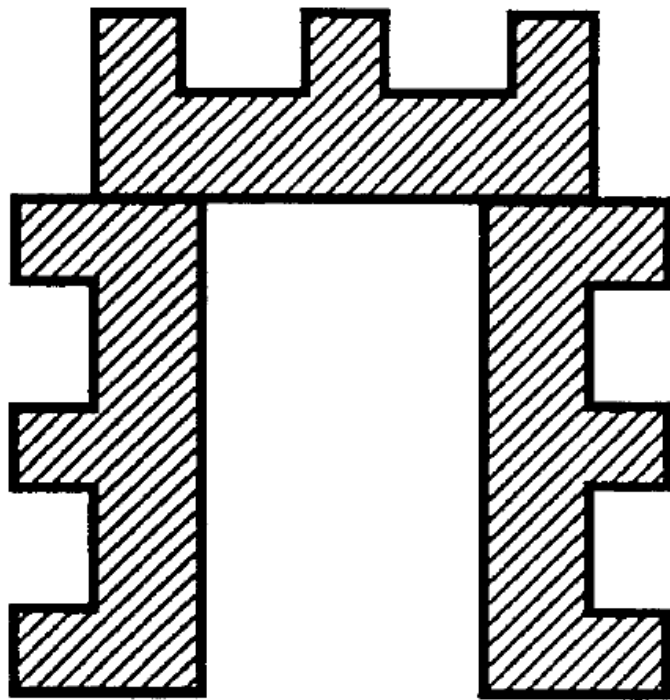
Lage des Gebäudes: (Stichwort: Verminderung des Windangriffs,
Bebauung Bepflanzung, Orientierung der Fenster)



Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

4.2 Wärmeschutz im Winter, Planungshinweise

Gebäudeform: (Form des Baukörpers, A/V-Verhältnis)



DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

4.2 Wärmeschutz im Winter, Planungshinweise

Pufferräume



DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

4.2 Wärmeschutz im Winter, Planungshinweise

Windfänge vor Gebäudeeingängen

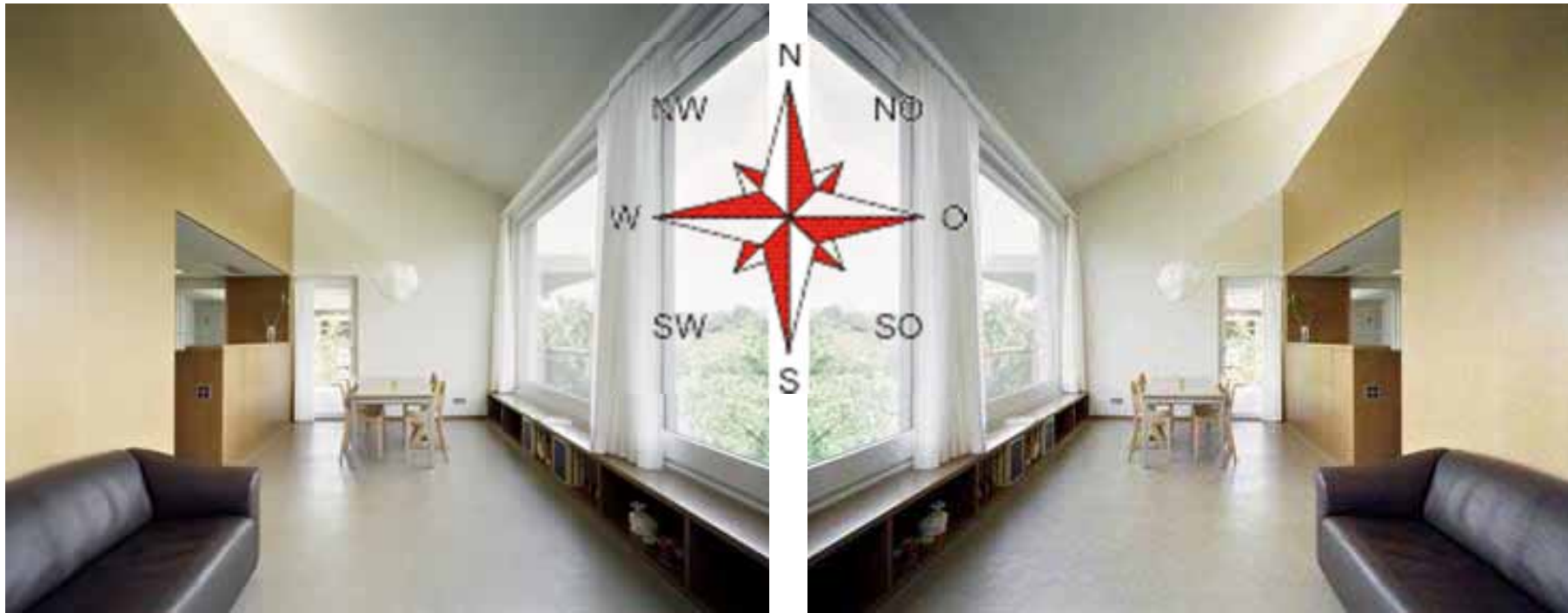


DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

4.2 Wärmeschutz im Winter, Planungshinweise

Größe bzw. Orientierung von Fenstern, Rolläden



Anordnung von Rohrleitungen für Wasserversorgung, -entsorgung, Heizung etc. innen

DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

4.2 Wärmeschutz im Winter, Planungshinweise

→ Der Wärmeschutz darf durch Tauwasserbildung bzw.
Niederschlageinwirkung nicht unnötig verringert werden

Frage: Warum kann der Wärmeschutz durch diese Einwirkungen reduziert werden?

Welcher Mechanismus ist hier maßgebend?

→ Verweis auf DIN 4108-3 „Feuchteschutz“

DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Grundlagen des Mindestwärmeschutzes (Abschnitt 4 der Norm)

4.2 Wärmeschutz im Sommer, Planungshinweise

- Anteil an Fensterflächen ohne Sonnenschutz groß,
Überhitzung möglich, deshalb Sonnenschutz wichtig
- Farbgebung: je dunkler, umso höhere Temperaturspannungen
- Einsatz von Materialien mit hoher Wärmespeicherfähigkeit:
durch intensives Lüften in der Nacht oder am frühen Morgen
wird der Raum und die Umschließungsflächen gekühlt und
dient als „Puffer“ gegen Überhitzung am Tag
- ...eine Außendämmung verbessert den sommerlichen
Wärmeschutz zusätzlich

DIN 4108-2: Mindestanforderungen Wärmeschutz

Mindestanforderungen an den Wärmeschutz wärmeübertragender Bauteile (Kapitel 5 der Norm)

Anforderungen

5.1 Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient der Bauteile

Wie werden diese Kennwerte bestimmt?

Die Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes, des Wärmedurchgangswiderstandes homogener und inhomogener Bauteile, sowie des Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile erfolgt nach DIN EN ISO 6946.

Angaben zu Bemessungswerten wärmedämmtechnischer Eigenschaften von Baustoffen bzw. zu Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen sind DIN V 4108-4, DIN EN ISO 10456 oder bauaufsichtlichen Regelungen zu entnehmen.

→ Verweis auf weitere Normen: DIN EN ISO 6946 und DIN 4108-4

DIN EN ISO 6946: Berechnungsverfahren

DEUTSCHE NORM		März 2018
	DIN EN ISO 6946	<u>DIN</u>
ICS 91.120.10	Ersatz für DIN EN ISO 6946:2008-04	
Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 6946:2017); Deutsche Fassung EN ISO 6946:2017		
Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation methods (ISO 6946:2017); German version EN ISO 6946:2017		
Composants et parois de bâtiments – Résistance thermique et coefficient de transmission thermique – Méthodes de calcul (ISO 6946:2017), Version allemande EN ISO 6946:2017		

6 Wärmedurchlasswiderstände

6.7.1.1 Wärmedurchlasswiderstand homogener Schichten

Wärmeschutztechnische Bemessungswerte können entweder als Bemessungs-Wärmeleitfähigkeit oder als Bemessungs-Wärmedurchlasswiderstand angegeben werden.

Wenn die Wärmeleitfähigkeit gegeben ist, wird der Wärmedurchlasswiderstand der Schicht ermittelt nach

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3)$$

Dabei ist

- R der Wärmedurchlasswiderstand, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- d die Dicke der Baustoffschicht in der Komponente, in m ;
- λ die Bemessungs-Wärmeleitfähigkeit des Baustoffes, in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Die Werte von λ sind nach ISO 10456 zu berechnen, sofern sie auf Messdaten beruhen. In sonstigen Fällen wird λ anhand von Tabellenwerten ermittelt, siehe ISO 10456.

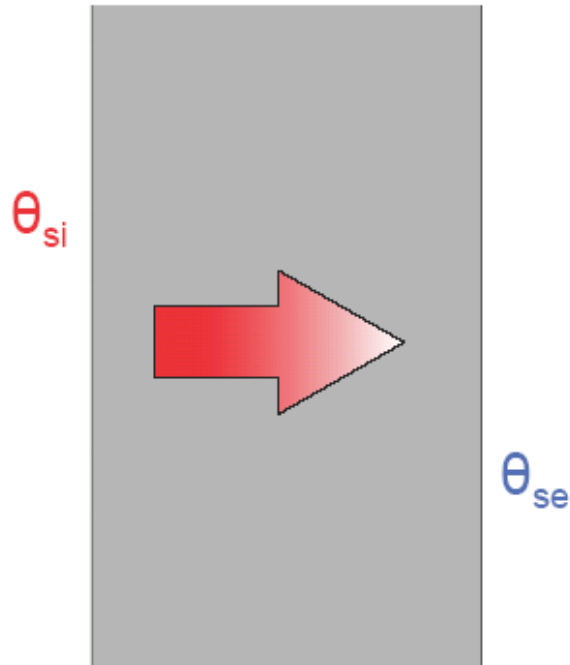
Eine Vorlage für Tabellenwerte ist in Tabelle A.2 enthalten, während Tabelle B.2 eine informative Standardliste enthält.

ANMERKUNG Die Dicke d kann sich von der Nenndicke unterscheiden (z. B. wenn ein zusammendrückbares Produkt im komprimierten Zustand eingebaut ist, ist d geringer als die Nenndicke). Sofern zutreffend, wird empfohlen, dass d auch entsprechende Dickentoleranzen berücksichtigt (z. B. wenn diese negativ sind).

Werte von Wärmedurchlasswiderständen müssen in Zwischenrechnungen auf mindestens **drei** Dezimalstellen berechnet werden.

Zurück zur Wärmeleitung → Wärmedurchlasswiderstand R

Wärmestrom durch das Bauteil infolge Wärmeleitung



$$\dot{Q} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot A \cdot (\theta_{si} - \theta_{se})$$

θ_s Oberflächentemperaturen
innen (i), außen (e)

→ **Wärmedurchlasswiderstand R** für eine Schicht

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \text{in} \quad \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Wärmedurchlasswiderstand einer einschichtigen Außenwand

- Mauerwerk mit Vollblöcken aus Blähton S-W
(gegeneinander versetzte Schlitzte $\leq 10\%$ der Auflagerfläche)
- Wanddicke $d = 24\text{ cm}$
- Normalmörtel
- Rohdichte $\rho_R = 800\text{ kg/m}^3$



Berechnungsbeispiel

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit für verschiedene Materialien

Seite 19
DIN V 4108-4

- Vornorm *Achtung: hier gilt nun die DIN 4108-4:2017
Materialkenndaten können abweichen!*

Tabelle 1 - Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit und Richtwerte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ρ kg/m³	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m·K)			Richtwert der Wasserdampf- Diffusionswider- standszahl μ
4	Mauerwerk, einschließlich Mörtelfugen					
4.5	Mauerwerk aus Betonsteinen					
4.5.3	Vollblöcke (Vbl, S_W) nach DIN V 18152	450 500 550 600 650 700 800 900 1000	LM21	LM36	NM	5/10
			0,14	0,16	0,18	
			0,15	0,17	0,20	
			0,16	0,18	0,21	
			0,17	0,19	0,22	
			0,18	0,20	0,23	
			0,19	0,21	0,25	
			0,21	0,23	0,27	
			0,25	0,26	0,30	
			0,28	0,29	0,32	

Berechnungsbeispiel

Wärmeleitfähigkeit λ_R :

Wärmedurchlasswiderstand

$$R = d / \lambda =$$

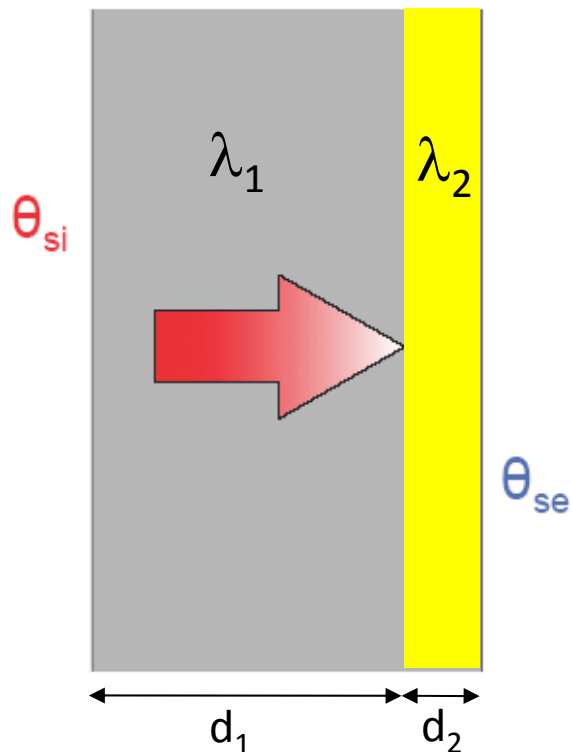
Berechnungsbeispiel

Wärmeleitfähigkeit $\lambda_R = 0,27 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

Wärmedurchlasswiderstand

$$R = d / \lambda = 0,24 / 0,27 = 0,89 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Wärmedurchlasswiderstand R für mehrschichtige Bauteile



θ_s Oberflächentemperaturen
innen (i), außen (e)

Wärmedurchlasswiderstand R für eine Schicht

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \text{in} \quad \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Wärmedurchlasswiderstand R für mehrere Schichten

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad \text{in} \quad \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

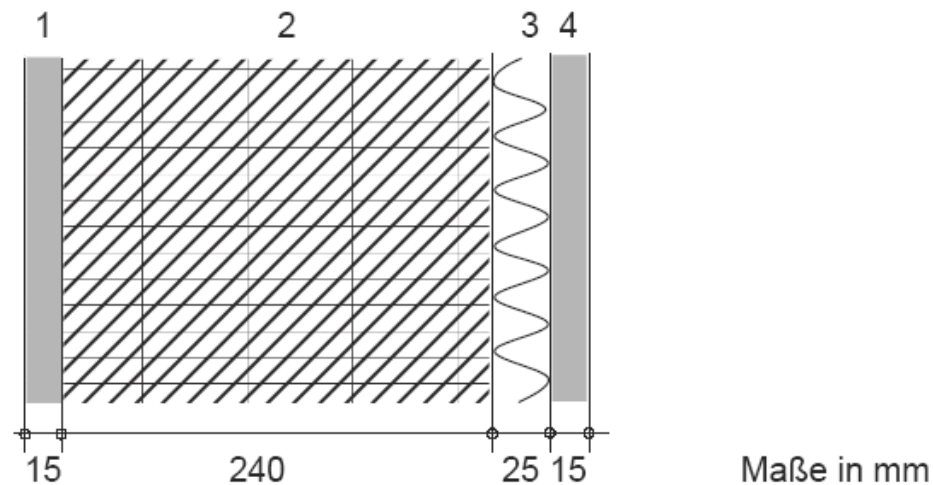
NICHT:

~~$$R = \frac{(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n)}{(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n)} \quad \text{in} \quad \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$~~

Beispiel

Mehrschichtige Außenwand - Aufgabenstellung

- ① Innenputz aus Gips ohne Zuschlag
- ② Mauerwerk aus Hochlochziegel $\rho_R = 1800 \text{ kg/m}^3$
- ③ Wärmedämmung aus Holzwolleleichtbauplatten (WW) DIN EN 13168, Kategorie 1, Nennwert $\lambda_D = 0,075 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- ④ Außenputz aus Kalkzementmörtel



1. Berechnen Sie den Wärmedurchlasswiderstand R für die mehrschichtige Außenwand
2. Berechnen Sie die Wärmestromdichte q durch das Bauteil unter der Annahme, dass der Temperaturunterschied ΔT zwischen den Oberflächen 10 K beträgt und 1 m^2 Bauteil betrachtet wird.

Wärmedurchlasswiderstand R
→ Wärmeschutznachweis nach DIN 4108-2

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \left(\begin{array}{l} 3 \text{ Nachkommastellen für} \\ \text{Zwischenrechnungen} \end{array} \right)$$

... DIN EN 150 6946

R_1 : Innenputz aus Gips ohne Zuschlag

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,51 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \\ d &= 0,015 \text{ m} \end{aligned} \quad \rightarrow \quad R_1 = \frac{0,015 \text{ m}}{0,51 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} = 0,029 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

R2: Hochlochziegel $\rho = 1800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$\lambda = 0,81 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \quad d = 0,24 \text{ m} \quad \rightarrow \quad R_2 = \frac{0,24 \text{ m}}{0,81 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} = 0,296 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

R3: Dämmung Holzwolleleichtbauplatte
mit Nennwert $\lambda_D = 0,075 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$

$$\lambda_{\text{Bemessung}} = \lambda_D \cdot 1,05 \quad \text{s. Fußnoten} \\ \text{DIN 4108-4, Tab. 2, Seite 26}$$

$$= 0,075 \cdot 1,05$$

$$= 0,079 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_D = 0,079 - 0,075 = 0,004 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$d = 0,025 \text{ m} \quad \rightarrow \quad R_3 = \frac{0,025 \text{ m}}{0,079 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} = 0,316 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

R4: Außenputz aus Kalkzementmörtel

$$\lambda = 1,0 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$d = 0,015 \text{ m}$$

$$\longrightarrow R_4 = \frac{0,015 \text{ m}}{1,0 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} = 0,015 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

R für das Außenwand "bauteil" :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$= 0,029 + 0,296 + 0,316 + 0,015$$

$$= 0,656 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Wärmeverluste / Wärmestromdichte $q, \Phi \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$

$$q \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] = \frac{\lambda}{d} \cdot (\Theta_{si} - \Theta_{se})$$

$$= \frac{1}{R} \cdot (\Theta_{si} - \Theta_{se})$$

$$= \frac{1}{R} \cdot \Delta T$$

$$= \frac{1}{0,656 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}} \cdot 10 \text{ K}$$

$$= 15,24 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Θ_s ... Oberflächent.
(z.B. $\Theta_{si} = 20^\circ \text{C}$
 $\Theta_{se} = 10^\circ \text{C}$)

Quellen

- Vorlesung FH Rosenheim Prof. Klaus Sedlbauer, Dr. Martin Krus,
Fraunhofer-Institut für Bauphysik

2008: An dieser Stelle **danke** ich **Dr. Martin Krus** und **Prof. Klaus Sedlbauer** vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik, dass sie so hilfsbereit waren, mir die Unterlagen, der von ihnen entworfenen Vorlesung an der FH Rosenheim zu Lehrzwecken an der FH Frankfurt zur Verfügung zu stellen.

Genauso danke ich **Prof. Schulz**, dass er mich bei der Gestaltung der Vorlesung beraten und unterstützt hat und mir seine Unterlagen zur Verfügung gestellt hat.