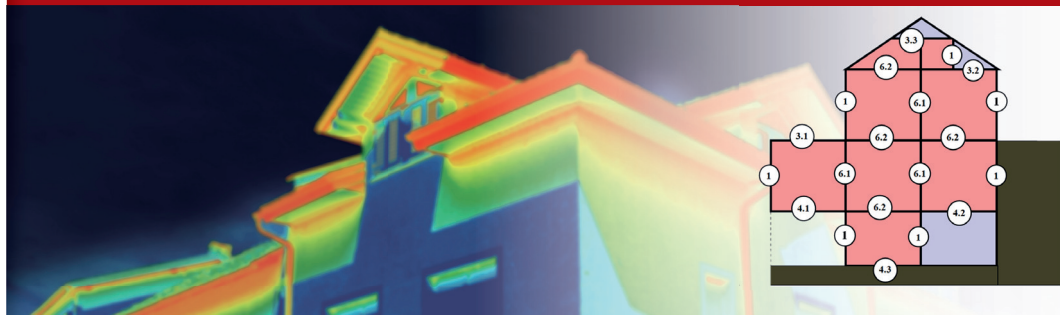


Thomas Ackermann

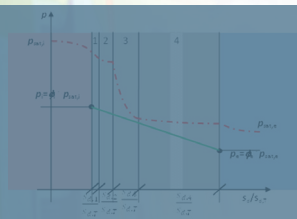
TABELLENBUCH BAUPHYSIK

Wärme – Feuchte – Schall

2. Auflage



E-Book



TABELLENBUCH BAUPHYIK

TABELLENBUCH BAUPHYIK

von

Prof. Dr.-Ing. Thomas Ackermann

unter Mitarbeit von

Dipl.-Ing. Torsten Schoch

2. überarbeitete und aktualisierte Auflage

 **Reguvis**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über

<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Reguvis Fachmedien GmbH
Amsterdamer Straße 192
50735 Köln

www.reguvis.de

Beratung und Bestellung:
Tel.: +49 (0) 221 97668-306
Fax: +49 (0) 221 97668-237
E-Mail: bau-immobilien@reguvis.de

ISBN (Print): 978-3-8462-1284-4
ISBN (E-Book): 978-3-8462-1285-1

© 2022 Reguvis Fachmedien GmbH, Köln

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Dies gilt auch für die fotomechanische Vervielfältigung (Fotokopie/Mikrokopie) und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Hinsichtlich der in diesem Werk ggf. enthaltenen Texte von Normen weisen wir darauf hin, dass rechtsverbindlich allein die amtlich verkündeten Texte sind. Zahlenangaben ohne Gewähr.

Herstellung: Günter Fabritius
Lektorat: Bettina Kronier
Satz: MainTypo, Reutlingen
Druck und buchbinderische Verarbeitung: Appel & Klinger Druck und Medien GmbH, Schneckenlohe

Printed in Germany

Vorwort

Das Tabellenbuch Bauphysik soll Bauschaffenden, d. h. Architekten, Bauingenieuren, Projektmanagern und Sachverständigen im Bauwesen, Mitarbeitern in Baubehörden, aber auch Handwerkern und Studierenden der Baustudiengänge, ein Werkzeug an die Hand geben, in dem die wichtigsten Anforderungen, Nachweisverfahren sowie Kenngrößen aus dem Bereich der Bauphysik zusammengefasst sind. Dabei werden in jedem Kapitel zunächst die thematisch zugehörigen Symbole und Formelzeichen, dann die wichtigsten Grundgleichungen und – falls möglich – Basisdaten wie z. B. Wärmeübergangswiderstände R_s zu den verschiedenen Themen angegeben.

Das Tabellenbuch Bauphysik gliedert sich in folgende Teile:

- Teil A: Wärmeschutz
- Teil B: Klimabedingter Feuchteschutz
- Teil C: Baustoffkennwerte und U -Werte von Bauteilen
- Teil D: Bauakustik
- Teil E: Raumakustik
- Anhang: Schallschutz im Hochbau nach DIN 4109:1989-11

In Teil A „Wärmeschutz“ wird vertiefend auf die Belange des hygienischen Wärmeschutzes, des energiesparenden Wärmeschutzes und des sommerlichen Wärmeschutzes eingegangen. Die Ausarbeitungen zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2020 in Teil A Kapitel 3.5 erfolgten durch Herrn Torsten Schoch.

Teil B „Klimabedingter Feuchteschutz“ beinhaltet Anforderungen und Nachweise zur Vermeidung kritischer Feuchten auf Bauteiloberflächen, zum Tauwasserausfall in Bauteilen, zur Luftdichtheit von Bauteilen sowie zum Schlagregenschutz von Wänden.

In Teil C „Baustoffkennwerte und U -Werte von Bauteilen“ sind wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte von Baustoffen und wärmetechnische Angaben von Bauteilen zusammengefasst.

Teil D „Bauakustik“ enthält Angaben zu Anforderungen und Nachweisen des Luft- und Trittschallschutzes in und an Gebäuden nach DIN 4109:2018-01.

Teil E „Raumakustik“ bezieht sich auf die akustische Ausgestaltung von Räumen und enthält Angaben zu Schallabsorptionsgraden und Schallabsorptionsflächen.

Im Anhang sind die Nachweise an den Schallschutz im Hochbau nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11 zu finden.

Da die Anwendung der Inhalte des Tabellenbuchs Bauphysik häufig im Zusammenhang mit Nachweisen bauverwaltungsrechtlicher Anforderungen steht, stellt sich die Frage, welchen Stellenwert die in Bezug genommenen technischen Regeln dabei haben. Die Verbindung zwischen dem im Bauwesen vorgegebenen gesetzlichen Rahmen und den für die Nachweisführung zu verwendenden technischen Regeln ergibt sich aus den Landesbauordnungen (LBO) bzw. übergreifend aus der Musterbauordnung (MBO). In der Musterbauordnung (MBO)

Vorwort

in der Fassung vom November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 22. Februar 2019, werden in § 3 Satz 1 die allgemeinen Anforderungen wie folgt definiert:

„Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.“

Zur Umsetzung dieser allgemeinen Anforderungen enthält die MBO in § 85a folgende Festlegungen:

- Absatz 1: „Die Anforderungen nach § 3 können durch Technische Baubestimmungen konkretisiert werden. Die Technischen Baubestimmungen sind zu beachten.“
- Absatz 5: „Das Deutsche Institut für Bautechnik macht nach Anhörung der beteiligten Kreise im Einvernehmen mit der obersten Bauaufsichtsbehörde zur Durchführung dieses Gesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen die Technischen Baubestimmungen nach Abs. 1 als Verwaltungsvorschrift bekannt. Die nach Satz 1 bekannt gemachte Verwaltungsvorschrift gilt als Verwaltungsvorschrift des Landes, soweit die oberste Bauaufsichtsbehörde keine abweichende Verwaltungsvorschrift erlässt.“

Die aktuelle Fassung der vom Deutschen Institut für Bautechnik veröffentlichten Technischen Baubestimmungen kann als Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) über folgenden Link abgerufen werden:

<https://www.dibt.de/de/wir-bieten/technische-baubestimmungen>



Eine Übersicht zum Stand der Umsetzung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen in den Ländern ist folgendem Link zu entnehmen:

https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Technische_Bestimmungen/Stand_Umsetzung_MVVTB.pdf



Um den Zusammenhang zwischen baurechtlichen Anforderungen und den für die Nachweise erforderlichen Technischen Baubestimmungen wiederzugeben, wird am Anfang der einzelnen Kapitel im Tabellenbuch Bauphysik – falls möglich – jeweils auf die Festlegungen in der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) 2020/1 vom 19. Januar 2021 hingewiesen.

Darüber hinaus enthält das Tabellenbuch Bauphysik neben einer kompakten Auflistung bauphysikalischer Belange auch Hinweise auf Klärungsbedarf zu verschiedenen Normen zur Bauphysik. Bei offenen Fragen zur Anwendung solcher Normen (z. B. DIN 4108-2 oder DIN 4108-3) nennt der Autor Empfehlungen, die es den Anwendern ermöglichen, erforderliche bauphysikalische Berechnungen durchzuführen.

Neben der Zusammenstellung von Informationen geht das Tabellenbuch Bauphysik auch auf aktuelle Veränderungen in den maßgeblichen Normen des Wärme- und Feuchteschutzes, der Bau- und Raumakustik sowie von Baustoffkennwerten ein und gibt so den derzeitigen Stand der Normung im Bereich der Bauphysik wieder.

Änderungen gegenüber der ersten Auflage

In Bezug auf die erste Auflage wurde Folgendes geändert:

- Die Symbole und Formelzeichen wurden in den Teilen A und B an DIN EN ISO 6946:2018-03 angepasst.
- Das Kapitel zur Energieeinsparverordnung (EnEV) im Teil A, Kapitel 3.5 wurde auf das Gebäudeenergiegesetz (GEG) umgeschrieben.
- Fehler im Teil D der ersten Auflage zum Schallschutz wurden korrigiert.
- Fehler in Gleichungen zum Schallschutz im Teil D, die auch in DIN 4109 enthalten sind, wurden verbessert. Diese Korrekturen wurden an den entsprechenden Stellen gekennzeichnet.
- Festlegungen in Bezug auf die MVV TB wurden ergänzt.

Minden, im Oktober 2022

Thomas Ackermann

Autorenporträt

Prof. Dr.-Ing. Thomas Ackermann studierte an der Universität Fredericiana (TH) Karlsruhe Bauingenieurwesen und war anschließend in einem Ingenieurbüro für Bauphysik als beratender Ingenieur tätig. Es folgte die Mitarbeit bei der Landesstelle für Bautechnik des Landes Baden-Württemberg, wobei sich der Schwerpunkt der Tätigkeit auf Fragen des hygienischen und energiesparenden Wärmeschutzes bezog. Daneben war er als Lehrbeauftragter für Wärmeschutz im Studiengang Bauphysik an der Hochschule für Technik in Stuttgart tätig. 1996 erfolgte der Ruf als Professor für Bauphysik und Baukonstruktion an die Fachhochschule Bielefeld. Die Promotion im Fachbereich Bauingenieurwesen an der Universität Rostock wurde 2011 abgeschlossen.



Neben seiner Tätigkeit in der Lehre führte er zahlreiche Untersuchungen zum hygienischen Wärmeschutz und zum Klima in Gebäuden durch. Außerdem ist er als Mitarbeiter in vier nationalen Normenausschüssen zum Wärmeschutz im Hochbau, zum Wärmetransport, zur Feuchte und zur Luftdichtheit tätig. Im Normenausschuss „Meteorologische Daten“ fungiert er als Obmann.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Autorenporträt	VIII
Teil A Wärmeschutz	1
1 Wärmetransport	1
1.1 Symbole und Formelzeichen	1
1.2 Grundgleichungen	2
1.3 Wärmetransport durch Bauteile	2
1.4 Wärmedurchlasswiderstand R , Wärmedurchgangswiderstand R_{tot} und Wärme- durchgangskoeffizient U	3
1.4.1 Bauteile aus thermisch homogenen Schichten	4
1.4.1.1 Wärmedurchlasswiderstand R	4
1.4.1.2 Wärmeübergangswiderstand R_s	5
1.4.1.3 Wärmedurchgangswiderstand R_{tot}	5
1.4.1.4 Wärmedurchgangskoeffizient U	6
2 Hygienischer Wärmeschutz	6
2.1 Festlegungen zum hygienischen Wärmeschutz gemäß MVV TB 2020/1	6
2.2 Symbole und Formelzeichen	6
2.3 Grundgleichungen	7
2.4 Wärmeübergangswiderstände R_s	8
2.5 Bestimmung der Temperaturverteilung in einem Bauteil aus thermisch homogenen Schichten	8
2.6 Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2	10
2.7 Mindestwärmeschutz von Bauteilen	10
2.8 Mindestwärmeschutz flächiger Bauteile	11
2.8.1 Anforderungen an flächige Bauteile nach DIN 4108-2	11
2.8.1.1 Anforderungen an Bauteile aus thermisch homogenen Schichten	11
2.8.1.1.1 Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$	11
2.8.1.1.2 Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse $m' < 100 \text{ kg/m}^2$	13
2.8.1.2 Anforderungen an nichttransparente Bauteile aus thermisch homogenen und thermisch inhomogenen Schichten	14
2.8.1.3 Anforderungen an transparente und teiltransparente Bauteile	14
2.8.1.4 Anforderungen an Rollladenkästen	14

Inhaltsverzeichnis

2.8.2	Nachweise bei flächigen Bauteilen nach DIN 4108-2.....	15
2.8.2.1	Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes R , des Wärmedurchgangswiderstandes R_{tot} und des Wärmedurchgangskoeffizienten U	16
2.8.2.2	Luftschichten in Bauteilen.....	16
2.8.2.3	Bauteile mit Abdichtungen.....	17
2.8.2.4	Oberste Geschossdecken.....	18
2.8.2.5	Rolladenkästen	18
2.8.2.6	Wärmedämmtechnische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen	18
2.9	Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken	18
2.9.1	Anforderungen nach DIN 4108-2	18
2.9.1.1	Kanten als linienförmige Wärmebrücken.....	18
2.9.1.2	Ecken als punktförmige Wärmebrücken	18
2.9.1.3	Ausragende Bauteile	18
2.9.1.4	Fenster und Türen.....	19
2.9.1.5	Rolladenkästen	19
2.9.2	Nachweise nach DIN 4108-2.....	19
2.9.2.1	Nachweisführung.....	20
2.9.2.2	Kanten	21
2.9.2.3	Rolladenkästen	21
3	Energiesparender Wärmeschutz	22
3.1	Symbole und Formelzeichen	22
3.2	Grundgleichungen	23
3.3	Wärmeübergangswiderstände R_s	24
3.4	Wärmedurchlasswiderstand R, Wärmedurchgangswiderstand R_{tot} und Wärmedurchgangskoeffizient U	25
3.4.1	Bauteile aus thermisch homogenen Schichten	26
3.4.2	Bauteile aus thermisch homogenen und thermisch inhomogenen Schichten.....	26
3.4.2.1	Wärmedurchgangswiderstand R_{tot}	27
3.4.2.2	Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,upper}}$	28
3.4.2.3	Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{\text{tot,lower}}$	28
3.4.2.4	Wärmedurchgangskoeffizient U	29
3.4.3	Wärmedurchlasswiderstände R von ruhenden Luftschichten und Wärmedurchgangswiderstände R_{tot} von Bauteilen mit schwach oder stark belüfteten Luftschichten	30
3.4.3.1	Ruhende Luftschichten.....	32
3.4.3.2	Schwach belüftete Luftschichten.....	33
3.4.3.3	Stark belüftete Luftschichten.....	33
3.4.3.4	Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume	34

3.4.3.4.1	Dachräume.....	34
3.4.3.4.2	Andere Räume.....	35
3.4.4	Wärmedurchgangskoeffizient U von Bauteilen mit keilförmigen Schichten.....	36
3.4.4.1	Bestimmung des U -Wertes von Einzelelementen gebräuchlicher Geometrien	37
3.4.4.2	Berechnung des U -Wertes von Bauteilen mit keilförmigen Schichten	40
3.4.5	Korrekturen von Wärmedurchgangskoeffizienten U	41
3.4.5.1	Korrekturen für Fehlstellen in Dämmschichten.....	41
3.4.5.2	Korrekturen für mechanische Befestigungselemente	43
3.4.5.3	Korrekturen bei Umkehrdächern	45
3.4.6	Rollladenkästen.....	46
3.5	Anforderungen und Nachweise zum energiesparenden Wärmeschutz von Gebäuden nach dem Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (GEG 2023).....	48
3.5.1	Zielsetzung und Inhalte des GEG 2023	48
3.5.2	Anforderungen an neu zu errichtende Wohngebäude.....	53
3.5.3	Neu zu errichtende Nichtwohngebäude.....	67
3.5.4	Erstmaliger Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.....	76
3.5.5	Emissionsfaktoren und Effizienzklassen	80
4	Sommerlicher Wärmeschutz	82
4.1	Festlegungen zum sommerlichen Wärmeschutz gemäß MVV TB 2020/1.....	82
4.2	Symbole und Formelzeichen	82
4.3	Grundgleichungen	83
4.4	Einflüsse auf den sommerlichen Wärmeschutz.....	84
4.5	Verpflichtung zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2	85
4.6	Verzicht auf einen Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2.....	85
4.7	Sommerklimaregionen.....	86
4.8	Verfahren zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2.....	88
4.8	Verfahren der Sonneneintragskennwerte	88
4.8.1	Anforderungen.....	88
4.8.2	Nachweise.....	88
4.8.3	Anwendungsfälle, bei denen das Verfahren der Sonneneintragskennwerte nicht angewendet werden kann	95
4.9	Thermische Gebäudesimulation	95
4.9.1	Anforderungen.....	95
4.9.2	Nachweise.....	96

Teil B Klimabedingter Feuchteschutz	100
1 Vermeidung kritischer Feuchte auf Bauteiloberflächen	100
1.1 Festlegungen zum klimabedingten Feuchteschutz gemäß MVV TB 2020/1	100
1.2 Symbole und Formelzeichen	101
1.3 Grundgleichungen	102
1.4 Wärmeübergangswiderstände R_s	102
1.5 Bestimmung kritischer Temperaturen.....	102
1.6 Hygienischer Wärmeschutz.....	103
1.7 Tauwasserausfall auf Bauteiloberflächen.....	104
1.8 Korrosion	104
1.9 Wasserdampfkonzentration c_{sat} und Taupunkttemperatur θ_{sat}	104
2 Tauwasserausfall im Inneren von Bauteilen	106
2.1 Festlegungen zum Tauwasserausfall im Inneren von Bauteilen gemäß MVV TB 2020/1	106
2.2 Symbole und Formelzeichen	107
2.3 Grundgleichungen	108
2.4 Wärmeübergangswiderstände R_s	108
2.5 Anwendungsbereich.....	109
2.6 Verfahren zur Bewertung von Konstruktionen in Bezug auf den Tauwasserausfall im Bauteil.....	109
2.7 Bauteile, für die kein Nachweis des Tauwasserausfalls im Inneren erforderlich ist (nachweisfreie Konstruktionen).....	110
2.8 Bilanzierungsverfahren nach DIN 4108-3.....	122
2.9 Bewertung von Bauteilen nach dem Perioden-Bilanzverfahren.....	122
2.9.1 Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d	122
2.9.2 Anforderungen beim Perioden-Bilanzverfahren.....	123
2.9.3 Nachweise beim Perioden-Bilanzverfahren	125
3 Luftdichtheit von Bauteilen	135
4 Schlagregenschutz von Wänden	136
4.1 Beanspruchungsgruppen.....	136
4.2 Putze und Beschichtungen	137
4.3 Wandbauteile	138
4.4 Fugen und Anschlüsse.....	139
4.5 Fenster, Türen und Vorhangfassaden.....	140

Teil C Baustoffkennwerte und <i>U</i>-Werte von Bauteilen	141
1 Symbole und Formelzeichen	141
2 Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte von Baustoffen	142
3 Wärmetechnische Angaben von Bauteilen	178
3.1 Wärmedurchlasswiderstände von Decken.....	178
3.2 Bemessungswerte für Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster	180
3.3 Bemessungswerte von Verglasungen	184
3.4 Bemessungswerte von Türen und Toren.....	185
3.5 Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit von den Konstruktionsmerkmalen von Fenstern, Fenstertüren und Außentüren	186
Teil D Bauakustik	187
1 Festlegungen zum Schallschutz im Hochbau gemäß MVV TB 2020/1	187
2 Symbole und Formelzeichen	189
3 Grundgleichungen	191
4 Grundlagen des Schalls	192
5 Schallschutz im Bauwesen	193
6 Möglichkeiten für Anforderungen und Nachweise	194
7 Anforderungen	194
7.1 Mindestanforderungen an den Schallschutz.....	196
7.2 Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz.....	206
7.2.1 Luft- und Trittschalldämmung in Gebäuden mit Wohn- und Arbeitsbereichen sowie in Nichtwohngebäuden.....	207
7.2.2 Erhöhter Schallschutz bei der Luftschalldämmung von Außenbauteilen	211
7.2.3 Erhöhter Schallschutz vor Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen.....	211
7.2.4 Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz vor Geräuschen aus raumluftechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich.....	212

Inhaltsverzeichnis

8	Nachweise	213
9	Luftschalldämmung in Gebäuden.....	214
9.1	Nachweis der Luftschalldämmung in Gebäuden	214
9.2	Berechnung der Luftschalldämmung in Gebäuden	214
9.2.1	Berechnung der Luftschalldämmung in Gebäuden mit $S_g \geq 10 \text{ m}^2$	214
9.2.2	Berechnung der Luftschalldämmung in Gebäuden mit $S_g < 10 \text{ m}^2$	217
9.3	Berechnung der Luftschalldämmung in Gebäuden mit Massivbauweise.....	218
9.3.1	Direktschalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ von Bauteilen in Gebäuden bei Massivbauweise	219
9.3.2	Flankenschalldämm-Maß $R_{ij,w}$ von Bauteilen in Gebäuden bei Massivbauweise	220
9.3.3	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w homogener einschaliger Bauteile	223
9.3.3.1	Grenzfrequenz f_g einschaliger homogener Bauteile.....	223
9.3.3.2	Bestimmung der flächenbezogenen Masse	224
9.3.3.3	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Wänden als einschaliges homogenes Bauteil.....	226
9.3.3.4	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Decken als einschaliges homogenes Bauteil.....	230
9.3.3.5	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Dächern als homogenes einschaliges Bauteil.....	233
9.3.3.6	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Wänden aus Verbundmaterialien als homogenes einschaliges Bauteil	233
9.3.3.7	Bewertetes Schalldämm-Maß $R_{w,KE}$ von einschaligen entkoppelten Bauteilen	233
9.3.4	Gesamtes bewertetes Schalldämm-Maß ΔR_w durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen.....	236
9.3.4.1	Resonanzfrequenz f_0 von homogenen Bauteilen mit einer zusätzlich angebrachten Vorsatzkonstruktion.....	237
9.3.4.2	Bewertete Verbesserung des Luftschalldämm-Maßes ΔR_w durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz f_0	238
9.3.4.3	Vorgehensweise zur Berechnung der bewerteten Verbesserung des Luftschalldämm-Maßes ΔR_w bei unterschiedlichen, zusätzlich angebrachten Vorsatzkonstruktionen	239
9.3.4.4	Gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes $\Delta R_{Dd,w}$ durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen bei direkter Übertragung.....	240
9.3.4.5	Gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes $\Delta R_{ij,w}$ durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen bei Flankenübertragung.....	241
9.3.5	Bestimmung der Stoßstellendämm-Maße K_{ij}	241
9.3.5.1	Stoßstellendämmung mit starrer biegesteifer Verbindung massiver homogener Bauteile untereinander.....	244

9.3.5.2	Stoßstellendämmung mit starrer biegesteifer Verbindung der massiven homogenen Bauteile untereinander bei Bauteilen unterschiedlicher flächenbezogener Massen.....	245
9.3.5.3	Stoßstellendämmung mit starrer biegesteifer Verbindung für Mauerwerk aus Lochsteinen	248
9.3.5.4	Entkoppelung von Stoßstellen zwischen massiven Bauteilen durch elastische Zwischenschichten	249
9.3.5.5	Stoßstellen massiver Bauteile mit vollständiger Entkoppelung	252
9.3.5.6	Stoßstellen zwischen massiven und leichten Bauteilen.....	254
9.4	Berechnung der Luftschalldämmung von Gebäuden mit zweischaliger massiver Haustrennwand.....	254
9.4.1	Vereinfachtes Nachweisverfahren	255
9.5	Berechnung der Luftschalldämmung in massiven Gebäuden mit Leicht- und Trockenbau	266
9.5.1	Direktschalldämmung von Bauteilen des Leicht- und Trockenbaus	267
9.5.1.1	Metallständerwände mit Gipsplatten.....	267
9.5.1.2	Holzbalkendecken	268
9.5.2	Flankenschalldämmung von Bauteilen des Leicht- und Trockenbaus.....	280
9.5.2.1	Metallständerwände an massives Trennbauteil.....	280
9.5.2.2	Metallständerwände an Metallständerwände.....	280
9.5.2.3	Metallständerwände an Unterdecken mit geschlossener Fläche ohne Abschottung im Deckenhohlraum	282
9.5.2.4	Metallständerwände an Unterdecken mit gegliederter Fläche ohne Abschottung im Deckenhohlraum	284
9.5.2.5	Metallständerwände an Unterdecken mit Abschottung im Deckenhohlraum durch Plattenschott oder durchlaufende Trennwand	286
9.5.2.6	Metallständerwände an Unterdecken mit Abschottung im Deckenhohlraum durch Absorberschott.....	289
9.5.2.7	Schwimmender Estrich auf Massivdecken	290
9.5.2.8	Durchlaufende Vorsatzschalen vor Massivwänden.....	291
9.5.2.9	Holzbalkendecken – horizontale Übertragung bei Luftschallanregung.....	293
9.6	Luftschalldämmung im Skelettbau und bei Mischbauweisen.....	295
10	Trittschalldämmung in Gebäuden	297
10.1	Nachweis der Trittschalldämmung in Gebäuden	297
10.2	Berechnung der Trittschalldämmung in Gebäuden	297
10.3	Berechnung der Trittschalldämmung in Gebäuden mit Massivbauweise.....	298
10.3.1	Massivdecken in Gebäuden in Massivbauweise und einer Trittschallanregung im Senderaum (SR) in den direkt darunterliegenden Empfangsraum (ER).....	298

Inhaltsverzeichnis

10.3.2	Massivdecken in Gebäuden in Massivbauweise und einer Trittschallanregung im Senderaum (SR) in den nicht direkt darunterliegenden Empfangsraum (ER)	306
10.3.3	Massive Treppen an massiven ein- oder zweischaligen Treppenraumwänden	308
10.4	Berechnung der Trittschalldämmung in Gebäuden des Holz-, Leicht- und Trockenbaus	310
10.4.1	Bewerteter Norm-Trittschallpegel leichter Decken bei übereinanderliegenden Räumen	310
10.4.2	Bewerteter Norm-Trittschallpegel leichter Decken bei Räumen, die nicht direkt untereinander liegen	325
11	Schallschutz gegen Außenlärm	325
11.1	Nachweis der Luftschalldämmung von Außenbauteilen	325
11.2	Berechnung der Luftschalldämmung von Außenbauteilen	326
11.3	Bewertetes Schalldämm-Maß $R_{e,j,w}$ von Bauteilen bei Gebäuden in Massivbauweise ..	328
11.4	Bewertetes Schalldämm-Maß $R_{t,w}$ von Fassadenbauteilen bei Gebäuden in Massivbauweise	329
11.5	Resultierendes Schalldämm-Maß $R_{i,w}$ von Fenster- oder Türelementen in einer Einbausituation	331
11.5.1	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Fenstern und Fensterelementen	333
11.6	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Dächern als massives homogenes einschaliges Bauteil	339
11.7	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Dächern als Holzbauteil	340
11.7.1	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Steildächern als Holzbauteil	340
11.7.2	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Flachdächern als Holzbauteil	349
11.8	Berücksichtigung und Bestimmung der bewerteten Flankendämm-Maße $R_{fj,w}$	350
Teil E	Raumakustik	351
1	Symbole und Formelzeichen	351
2	Grundgleichungen	351
3	Raumakustische Ausgestaltung von Räumen	352
3.1	Raumakustische Anforderungen an Räume der Gruppe A	352
3.2	Raumakustische Empfehlungen für Räume der Gruppe B	355
3.3	Nachweis der raumakustischen Ausgestaltung von Räumen	356
3.4	Planerische Grundsätze bei Räumen mit akustischen Anforderungen	358
3.5	Schallabsorptionsgrade und Schallabsorptionsflächen	360

Anhang – Nachweis zum Schallschutz im Hochbau nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11	368
1 Festlegungen zum Schallschutz im Hochbau gemäß MVV TB 2020/1	368
2 Symbole und Formelzeichen	368
3 Grundgleichungen	369
4 Nachweise der Luft- und Trittschalldämmung in Gebäuden gemäß Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11	369
4.1 Luftschalldämmung.....	370
4.1.1 Einschalige biegesteife Bauteile.....	370
4.1.2 Wände aus zwei biegesteifen Schalen.....	372
4.1.3 Wände aus einer biegesteifen Schale mit biegeweicher Vorsatzschale.....	373
4.1.4 Zweischalige Wände aus zwei biegeweichen Schalen.....	375
4.1.5 Decken	376
4.1.6 Einfluss flankierender Bauteile, deren mittlere flächenbezogene Masse $m'_{L, \text{Mittel}}$ von ca. 300 kg/m ² abweicht.....	377
4.1.7 Resultierendes Schalldämm-Maß $R'_{w, R, \text{res}}$ eines aus Elementen verschiedener Schall- dämmung bestehenden Bauteils.....	380
4.2 Trittschallschutz	381
Stichwortverzeichnis	385

Teil A Wärmeschutz

Hinsichtlich des baulichen Wärmeschutzes sind folgende Problembereiche zu unterscheiden:

- Hygienischer Wärmeschutz (gesundheitlicher Mindestwärmeschutz)
 - Ziel: Vermeidung der Bildung von Schimmelpilzen und Tauwasserausfall auf Bauteil-Innenoberflächen
 - Grundlagen: DIN 4108-2, DIN EN ISO 13788, DIN EN ISO 10077
- Energiesparender Wärmeschutz
 - Ziel: Verringerung des Energieaufwandes zur Beheizung, Kühlung, Belüftung, Beleuchtung von Gebäuden und der Bereitstellung von Trinkwarmwasser
 - Grundlagen: Energieeinsparverordnung (EnEV) unter Verwendung von DIN 4108-6, DIN V 4701-10, DIN V 4701-12 und DIN V 18599
- Sommerlicher Wärmeschutz
 - Ziel: Vermeidung der Überhitzung in Aufenthaltsräumen von Gebäuden
 - Grundlage: DIN 4108-2

1 Wärmetransport

1.1 Symbole und Formelzeichen

Tabelle 1: Symbole und Formelzeichen

Größe	Symbol	Einheit
spezifische Wärmekapazität	c	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
Dicke	d	m
Wärmeübergangskoeffizient	h	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Wärmestromdichte	q	W/m^2
Fläche	A	m^2 bzw. mm^2
Wärmedurchlasswiderstand	R	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmeübergangswiderstand	R_s	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmedurchgangswiderstand	R_{tot}	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmedurchgangskoeffizient	U	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Bemessungs-Wärmeleitfähigkeit	λ	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Celsius-Temperatur	ϑ, θ	$^{\circ}\text{C}$
Wärmedurchlasskoeffizient	Λ	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Wärmestrom	Φ	W

Teil A Wärmeschutz

Tabelle 2: Indizes

Größe	Symbol
Innen	i
Außen	e
Oberfläche	s
innere Oberfläche	si
äußere Oberfläche	se

1.2 Grundgleichungen

$$\Phi = q \cdot A \quad (1)$$

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \quad (3)$$

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{si}} + \sum_{j=1}^N R_j + R_{\text{se}} \quad (4)$$

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ bzw. } R = \sum_{j=1}^N R_j \quad (5)$$

1.3 Wärmetransport durch Bauteile

Trennt ein Bauteil Bereiche oder Räume mit unterschiedlichen Temperaturen, dann grenzt es auch verschiedene Wärmemengen gegeneinander ab. Da Potenzial- oder Konzentrationsunterschiede das Bestreben haben, sich auszugleichen, kommt es zu einem Wärmestrom Φ durch das Trennbauteil hindurch in Richtung des Temperaturgefälles. Je größer die Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ zwischen den betrachteten Bereichen ist, umso größer ist der daraus resultierende Wärmestrom.

Betrachtet man bei der Wärmeübertragung nicht das Bauteil in seiner gesamten Ausdehnung, sondern normiert den Vorgang auf einen Quadratmeter Übertragungsfläche, dann spricht man von der Wärmestromdichte q . Analog zum elektrischen Strom wird auch der Wärmestrom durch einen Widerstand R vermindert.

Wird einem System keine zusätzliche Wärme zugeführt (z. B. aus Hydratationswärme beim Abbinden mineralischer Baustoffe) und liegen zeitlich konstante, d. h. stationäre Temperaturrandbedingungen vor, dann ist die Wärmestromdichte q durch alle Schichten eines Bauteils gleich.

Der Wärmetransport durch Bauteile erfolgt dabei auf drei Arten:

- Wärmeleitung: Energietransport durch Prozesse oder Gitterschwingungen in Stoffen
- Wärmekonvektion: Energietransport durch Strömungen in Flüssigkeiten und Gasen
- Wärmestrahlung: Energietransport durch elektromagnetische Strahlung durch Stoffe und im Vakuum.

Da bei der Betrachtung der im Bauwesen anstehenden Probleme üblicherweise von stationären Temperaturrandbedingungen ausgegangen wird ($\Delta\theta = \text{konstant}$), kann man den Wärmestrom Φ , der durch ein Bauteil hindurchfließt, bzw. die Wärmestromdichte q in Abhängigkeit von den Widerständen R ausdrücken. Zahlenmäßige Angaben zum Wärmetransport aus Konvektion und Strahlung sind in den Wärmeübergangswiderständen R_{si} und R_{se} enthalten, Angaben zum Wärmetransport aus Wärmeleitung im Wärmedurchlasswiderstand R . Zur Beschreibung der wärmedämmtechnischen Qualität eines Bauteils werden die Wärmeübergangswiderstände an den Oberflächen und der Wärmedurchlasswiderstand der Bauteilschichten im Wärmedurchgangswiderstand R_{tot} zusammengefasst. Der Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes wird als Wärmedurchgangskoeffizient U bezeichnet.

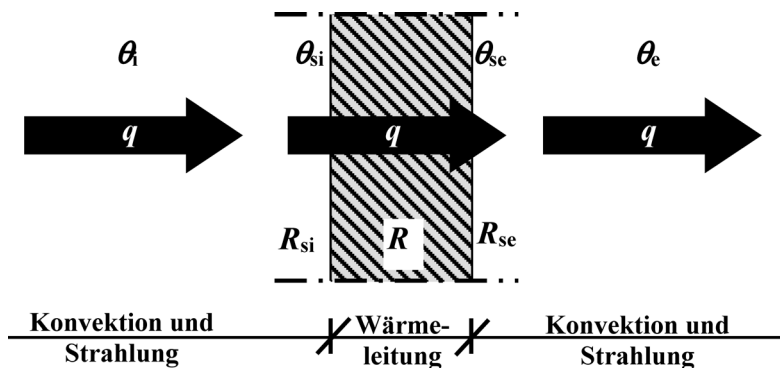


Bild 1: Wärmetransport

1.4 Wärmedurchlasswiderstand R , Wärmedurchgangswiderstand R_{tot} und Wärmedurchgangskoeffizient U

Die in DIN EN ISO 6946 dargestellten Verfahren zur Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes R und des Wärmedurchgangskoeffizienten U von Bauteilen gelten nicht für Türen, Fenster und andere verglaste Einheiten sowie für Bauteile, die an das Erdreich grenzen, und ebenfalls nicht für Lüftungselemente.

Zur Bestimmung der wärmedämmtechnischen Kennwerte sind die jeweiligen Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit nach Teil C oder bei ruhenden Luftschichten die Wärmedurchlasswiderstände nach Teil A Kapitel 3.4.3.1 zu verwenden.

Teil A Wärmeschutz

Achtung

Das Modell zu Berechnung von Bauteilen aus thermisch homogenen und thermisch inhomogenen Schichten stellt ein Näherungsverfahren dar und gilt nicht für Dämmschichten, die eine Wärmebrücke aus Metall enthalten. In diesem Fall ist die Berechnung nach DIN EN ISO 10211 durchzuführen.

1.4.1 Bauteile aus thermisch homogenen Schichten

Eine Bauteilschicht gilt dann als thermisch homogen, wenn sie eine konstante Dicke aufweist und aus einem Material besteht, dessen Eigenschaften als thermisch einheitlich anzusehen sind; d. h., bei Schnitten durch eine Schicht quer zur Richtung des Wärmestroms wird immer der gleiche Wärmedurchlasswiderstand R bestimmt.

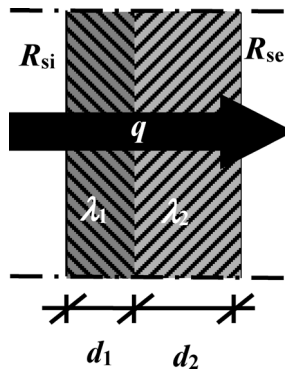


Bild 2: Bauteil aus thermisch homogenen Schichten

1.4.1.1 Wärmedurchlasswiderstand R

Bei ebenen, plattenförmigen Schichten mit planparallelen Oberflächen kann der Wärmedurchlasswiderstand R aus dem Quotienten der Schichtdicke d und dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ wie folgt berechnet werden:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (6)$$

Bei Bauteilen aus einer Anzahl von N Schichten, die in Richtung des Wärmestroms hintereinander liegen, ergibt sich der Wärmedurchlasswiderstand R aus der Summe der Quotienten der einzelnen Schichten:

$$R = \sum_{j=1}^N \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_{j=1}^N R_j \quad (7)$$

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

1.4.1.2 Wärmeübergangswiderstand R_s

Die Wärmeübergangswiderstände R_s kennzeichnen den Widerstand beim Transport der Wärme aus dem Raum zur Bauteiloberfläche bzw. von der Bauteiloberfläche in einen Raum oder nach außen.

Angaben zu den Wärmeübergangswiderständen innen R_{si} und außen R_{se} sind – entsprechend der jeweiligen Problemstellung – folgenden Tabellen zu entnehmen:

- Hygienischer Wärmeschutz: Tabelle 5
- Energiesparender Wärmeschutz: Tabelle 10
- Kritische Luftfeuchte auf Bauteiloberflächen: Tabelle 25
- Tauwasserausfall im Inneren von Bauteilen: Tabelle 29

Die in diesen Tabellen aufgeführten Werte der Wärmeübergangswiderstände R_s gelten für ebene Oberflächen, wenn keine besonderen Angaben über Randbedingungen vorliegen. Die Werte für horizontal beziehen sich auf **Richtungen des Wärmestromes** von $\pm 30^\circ$ zur Horizontalen. Werden Werte des Wärmedurchgangskoeffizienten U von Bauteilen gefordert, die unabhängig von der Richtung des Wärmestroms sind, wird empfohlen, die Werte für einen horizontalen Wärmestrom anzusetzen.

Bei nichtebenen Oberflächen (z.B. Gefälledämmschichten) oder bei speziellen Randbedingungen sind besondere Verfahren nach DIN EN ISO 6946 anzuwenden.

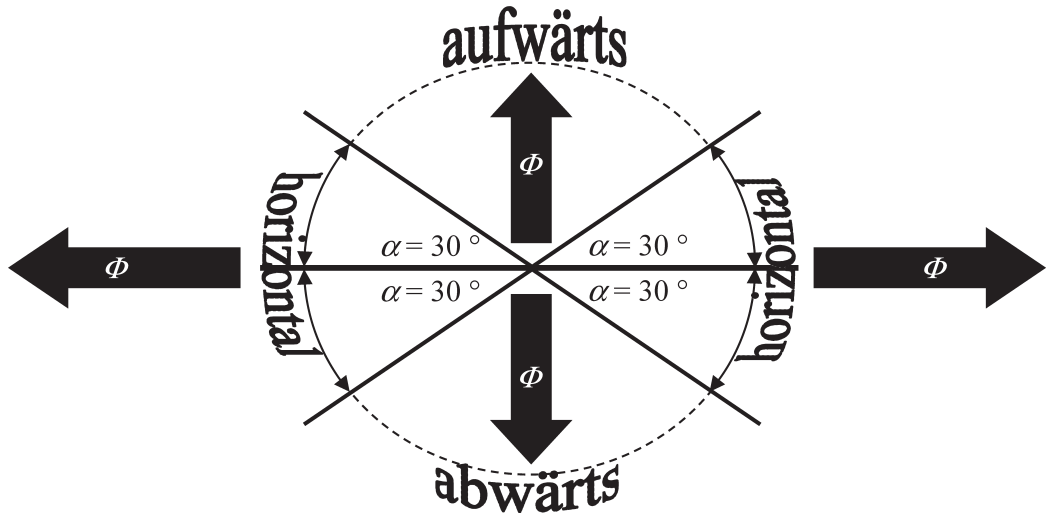


Bild 3: Einteilung der Wärmestromrichtung

1.4.1.3 Wärmedurchgangswiderstand R_{tot}

Der Wärmedurchgangswiderstand R_{tot} eines ebenen Bauteils aus N thermisch homogenen Schichten errechnet sich aus der Summe der Wärmeübergangswiderstände innen und außen sowie den Wärmedurchlasswiderständen:

Teil A Wärmeschutz

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{si}} + R_1 + R_2 + \dots + R_N + R_{\text{se}} \quad (8)$$

1.4.1.4 Wärmedurchgangskoeffizient U

Aus dem Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes R_{tot} erhält man den Wärmedurchgangskoeffizienten U des betrachteten Bauteils:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \quad (9)$$

Wird der Wärmedurchgangskoeffizient U als Endergebnis angegeben, ist er auf zwei Dezimalstellen zu runden und es sind Angaben über die für die Berechnung verwendeten Eingangsdaten zu machen.

2 Hygienischer Wärmeschutz

2.1 Festlegungen zum hygienischen Wärmeschutz gemäß MVV TB 2020/1

In MVV TB 2020/1 ist hinsichtlich der technischen Anforderungen bei der Planung, Bemessung und Ausführung zum Wärmeschutz in Gebäuden festgelegt:

- Abschnitt A 6.2.1: Als technische Regel für die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz gilt DIN 4108-2:2013-02.
- Anlage A 6.2/1: Zu DIN 4108-2:2013-02 Abschnitt 5.2.2: Die aufgeführten Ausnahmen sind nur für einlagig hergestellte Dämmstoffplatten anzuwenden (siehe Teil A Kapitel 2.8.2.3).

2.2 Symbole und Formelzeichen

Tabelle 3: Symbole und Formelzeichen

Größe	Symbol	Einheit
Dicke	d	m
Temperaturfaktor an der Innenseite	f_{Rsi}	–
flächenbezogene Masse	m'	kg/m ²
Wärmestromdichte	q	W/m ²
Fläche	A	m ² bzw. mm ²
Wärmedurchlasswiderstand	R	m ² · K/W
Wärmeübergangswiderstand	R_s	m ² · K/W

Tabelle 3: Symbole und Formelzeichen (Fortsetzung)

Größe	Symbol	Einheit
Wärmedurchgangswiderstand	R_{tot}	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmedurchgangskoeffizient	U	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Wärmeleitfähigkeit	λ	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Celsius-Temperatur	ϑ, θ	$^{\circ}\text{C}$
Wärmedurchlasskoeffizient	A	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Tabelle 4: Indices

Größe	Symbol
Innen	i
Außen	e
Oberfläche	s
innere Oberfläche	si
äußere Oberfläche	se

2.3 Grundgleichungen

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (10)$$

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \quad (11)$$

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{si}} + \sum_{j=1}^N R_j + R_{\text{se}} \quad (12)$$

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (13)$$

$$\theta_{\text{si}} = \theta_i - q \cdot R_{\text{si}} \quad (14)$$

$$\theta_{(N-1)N} = \theta_{(N-2)(N-1)} - q \cdot R_{(N-1)} \quad (15)$$

$$\theta_{\text{se}} = \theta_{(N-1)N} - q \cdot R_{\text{se}} \text{ oder } \theta_{\text{se}} = \theta_e + q \cdot R_{\text{se}} \quad (16)$$

2.4 Wärmeübergangswiderstände R_s

Tabelle 5: Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} beim hygienischen Wärmeschutz

Bauteil	Wärmeübergangswiderstand [m ² · K/W]	An die Oberfläche angrenzender Bereich	Richtung des Wärmestroms Φ		
			Aufwärts 	Horizontal 	Abwärts 
nichttransparente Bauteile	innen R_{si}	Normal beheizter Raum	0,25	0,25	0,25
	außen R_{se}	Niedrig beheizter Raum	0,17 ¹⁾	0,17 ¹⁾	0,17 ¹⁾
		Außenluft	0,04	0,04	0,04
		Außenluft stark belüftet	0,04 ¹⁾	0,04 ¹⁾	0,04 ¹⁾
		Erdreich	0,04 ²⁾	0,04 ²⁾	0,04 ²⁾
Fenster	innen R_{si}	Normal beheizter Raum	0,10	0,13	0,17
	außen R_{se}	Außenluft	0,04	0,04	0,04

¹⁾ Die Werte sind normativ nicht geregelt; die Angaben sind Empfehlungen des Autors.
²⁾ Es handelt sich um einen Wärmestrom über das Erdreich an die Außenluft. Der Wärmeübergangswiderstand R_{se} wird daher nicht beim Übergang des Bauteils an das Erdreich, sondern beim Übergang des Erdreichs an die Außenluft angesetzt.

2.5 Bestimmung der Temperaturverteilung in einem Bauteil aus thermisch homogenen Schichten

Unter der Annahme, dass alle Bauteilschichten planparallele Oberflächen aufweisen und stationäre Innen- und Außenlufttemperaturen (θ_i und θ_e) anliegen, kann die Temperatur an den Grenzflächen der Schichten bzw. an den Oberflächen eines Bauteils aus thermisch homogenen Schichten wie folgt berechnet werden:

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (17)$$

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \quad (18)$$

$$R_{\text{tot}} = R_{si} + \sum_{j=1}^N R_j + R_{se} \quad (19)$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}; R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}; \dots; R_N = \frac{d_N}{\lambda_N} \quad (20)$$

$$\theta_{si} = \theta_i - q \cdot R_{si} \quad (21)$$

$$\theta_{12} = \theta_{si} - q \cdot R_1; \theta_{23} = \theta_{12} - q \cdot R_2; \dots; \theta_{(N-1)N} = \theta_{(N-2)(N-1)} - q \cdot R_{(N-1)} \quad (22)$$

$$\theta_{se} = \theta_{(N-1)N} - q \cdot R_{se} \text{ oder } \theta_{se} = \theta_e + q \cdot R_{se} \quad (23)$$

Für das in Bild 4 dargestellte Bauteil bedeutet dies:

$$q_{si} = U \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$U = \frac{1}{R_{tot}}$$

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}; R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}; R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3}; R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4}$$

$$\theta_{si} = \theta_i - q \cdot R_{si}$$

$$\theta_{12} = \theta_{si} - q \cdot R_1$$

$$\theta_{23} = \theta_{12} - q \cdot R_2$$

$$\theta_{34} = \theta_{23} - q \cdot R_3$$

$$\theta_{se} = \theta_{34} - q \cdot R_4$$

bzw.

$$\theta_{se} = \theta_e + q \cdot R_{se}$$

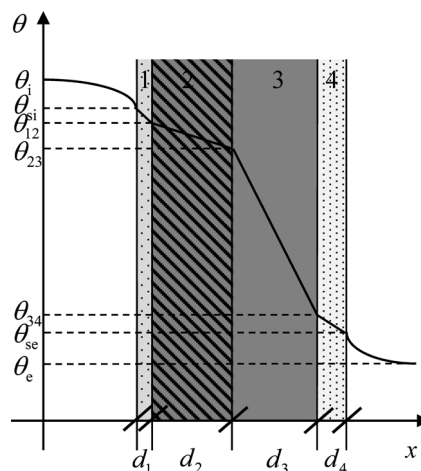


Bild 4: Temperaturverteilung

2.6 Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2

Mit den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz von flächigen Bauteilen und an Bauteile im Bereich von Wärmebrücken nach DIN 4108-2, DIN 4108-3 und DIN EN ISO 13788 soll erreicht werden, dass sich auf den raumseitigen Oberflächen in Aufenthaltsräumen keine Schimmelpilze bilden (hygienischer Wärmeschutz) und dass die Begrenzungsbauteile nicht durch Tauwasser geschädigt werden.

Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass

- eine übliche Nutzung (Wohnungen oder Aufenthaltsräume mit wohnähnlichen Verhältnissen und Büroräume)
- eine ausreichende Beheizung und Belüftung
- aus Gründen der Hygiene und zur Begrenzung der Raumluftfeuchte sowie zur eventuellen Zufuhr von Verbrennungsluft entsprechend bauaufsichtlichen Vorschriften (z.B. Feuerungsanlagenverordnung) ein ausreichender Luftwechsel

gegeben ist.

2.7 Mindestwärmeschutz von Bauteilen

Zur Gewährleistung des hygienischen Wärmeschutzes muss bei **flächigen Bauteilen sowie an Kanten und Ecken** jeweils an der ungünstigsten Stelle der zulässige Temperaturfaktor $f_{R,si} \geq 0,7$ nach Gleichung (24) oder die kritische Oberflächentemperatur $\theta_{si} \geq 12,6^\circ\text{C}$ nachgewiesen werden.

Bezogen werden diese Anforderungen auf Räume mit üblicher Nutzung. Gemäß den Festlegungen in DIN 4108-2 bedeutet dies, dass bei der Nachweisführung als Randbedingungen eine Innenraumtemperatur von $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ und eine relative Feuchte im Raum von $\phi_i = 50\%$ sowie eine Außentemperatur von $\theta_e = -5^\circ\text{C}$ anzusetzen sind. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass bei einer Schimmelpilzbildung in dem zu untersuchenden Raum die relative Feuchte an der Bauteiloberfläche über einen Zeitraum **von mehreren Tagen** den Wert $\phi_{si} = 0,8$ überschreitet.

Achtung

Die Maßgaben an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 Tabelle 3 gelten für Gebäuden mit üblichen Innentemperaturen ($\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$) und für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen ($19^\circ\text{C} > \theta_i \geq 12^\circ\text{C}$). Belüftete Nebenräume, die durch angrenzende Aufenthaltsräume indirekt beheizt werden, sind wie Aufenthaltsräume zu behandeln. An Räume mit einer Innentemperatur $\theta_i < 12^\circ\text{C}$ werden keine Anforderungen an den Mindestwärmeschutz gestellt.

2.8 Mindestwärmeschutz flächiger Bauteile

2.8.1 Anforderungen an flächige Bauteile nach DIN 4108-2

Der Mindestwärmeschutz muss an jeder Stelle vorhanden sein. Hierzu gehören bei Wänden u. a. auch Nischen unter Fenstern, Brüstungen von Fensterbauteilen, Fensterstürze, Wandbereiche auf der Außenseite von Heizkörpern und Rohrkanälen, insbesondere für ausnahmsweise in Außenwänden angeordnete wasserführende Leitungen.

2.8.1.1 Anforderungen an Bauteile aus thermisch homogenen Schichten

2.8.1.1.1 Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$

Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz ein- und mehrschaliger Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse von $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$ gelten für Räume, die ihrer Bestimmung nach auf übliche Innentemperaturen ($\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$) oder auf niedrige Innentemperaturen ($12^\circ\text{C} \leq \theta_i < 19^\circ\text{C}$) beheizt werden, bzw. für solche Räume, die über Raumverbund durch die vorgenannten Räume beheizt werden. **Die Mindestwerte der Wärmedurchlasswiderstände R sind Tabelle 6 zu entnehmen.**

Tabelle 6: Mindestwerte des Wärmedurchlasswiderstandes R (DIN 4108-2)

Spalte	1	2
Zeile	Bauteile	Wärmedurchlasswiderstand R [(m ² · K)/W]
1	Wände beheizter Räume	
1.1	bei normal beheizten Räumen ($\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$) gegen die Außenluft, das Erdreich, Tiefgaragen, nicht beheizte Räume (auch nicht beheizte Dachräume oder nicht beheizte Kellerräume außerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche)	1,2
1.2	bei niedrig beheizten Räumen ($12^\circ\text{C} < \theta_i < 19^\circ\text{C}$) gegen Bereiche nach Zeile 1.1	0,55

Teil A Wärmeschutz

Tabelle 6: Mindestwerte des Wärmedurchlasswiderstandes R (DIN 4108-2) (Fortsetzung)

Spalte	1	2
Zeile	Bauteile	Wärmedurchlasswiderstand R [(m ² · K)/W]
2	Dachschrägen beheizter Räume	
2.1	gegen die Außenluft	1,2
3	Decken beheizter Räume nach oben und Flachdächer¹⁾	
3.1	gegen die Außenluft	1,2
3.2	zu belüfteten Räumen zwischen Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen	0,90
3.3	zu nicht beheizten Räumen, zu bekriechbaren oder noch niedrigeren Räumen	
3.4	zu Räumen zwischen gedämmten Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen	0,35
4	Decken beheizter Räume nach unten	
4.1	gegen Außenluft, gegen Tiefgarage, gegen Garagen (auch beheizte), Durchfahrten (auch verschließbare) und belüftete Kriechkeller	1,75 ²⁾
4.2	gegen nicht beheizten Kellerraum	0,90
4.3	unterer Abschluss (z. B. Sohlplatte) von Aufenthaltsräumen unmittelbar an das Erdreich grenzend bis zu einer Raumtiefe von 5 m	
4.4	über einem nicht belüfteten Hohlraum, z. B. Kriechkeller, an das Erdreich grenzend	

Tabelle 6: Mindestwerte des Wärmedurchlasswiderstandes R (DIN 4108-2) (Fortsetzung)

Spalte	1	2
Zeile	Bauteile	Wärmedurchlasswiderstand R [(m ² · K)/W]
5	Bauteile an Treppenräumen	
5.1	Wände zwischen beheiztem Raum und direkt beheiztem Treppenraum, Wände zwischen beheiztem Raum und indirekt beheiztem Treppenraum, sofern die anderen Bauteile des Treppenraums die Anforderungen der Tabelle 6 erfüllen	0,07
5.2	Wände zwischen beheiztem Raum und indirekt beheiztem Treppenraum, wenn nicht alle anderen Bauteile des Treppenraums die Anforderungen der Tabelle 6 erfüllen	0,25
5.3	oberer und unterer Abschluss eines beheizten oder indirekt beheizten Treppenraums	wie Bauteile beheizter Räume
6	Bauteile zwischen beheizten Räumen	
6.1	Wohnungs- und Gebäudetrennwände zwischen beheizten Räumen	0,07
6.2	Wohnungstrenndecken, Decken zwischen Räumen unterschiedlicher Nutzung	0,35
¹⁾ Bei Umkehrdächern ist in die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U nach DIN EN ISO 6946 der Korrekturwert ΔU gemäß Tabelle 18 einzubeziehen ²⁾ Erhöhter Wärmedurchlasswiderstand wegen Fußkälte		

2.8.1.1.2 Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse $m' < 100 \text{ kg/m}^2$

Der Wärmedurchlasswiderstand ein- und mehrschaliger Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse von $m' < 100 \text{ kg/m}^2$ muss mindestens $R = 1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ betragen.

Teil A Wärmeschutz

2.8.1.2 Anforderungen an nichttransparente Bauteile aus thermisch homogenen und thermisch inhomogenen Schichten

Bei **flächigen Bauteilen aus thermisch homogenen und thermisch inhomogenen Schichten**, wie sie beispielsweise bei Skelett-, Rahmen- oder Holzständerbauweisen, aber auch bei Fassaden als Pfosten-Riegel-Konstruktionen vorkommen, ist im Bereich des Gefachs ein Wärmedurchlasswiderstand $R_G \geq 1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ einzuhalten. Zusätzlich gilt für das gesamte Bauteil im Mittel ein Anforderungswert $R_m \geq 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

2.8.1.3 Anforderungen an transparente und teiltransparente Bauteile

Opake (nichttransparente) Ausfachungen von transparenten und teiltransparenten Bauteilen (z. B. Paneele in Vorhangfassaden oder Pfosten-Riegel-Konstruktionen, Glasdächern, Fenstern, Fenstertüren und Fensterwänden) der wärmeübetragenden Umfassungsflächen beheizter und niedrig beheizter Räume müssen einen Wärmedurchlasswiderstand von $R \geq 1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (bzw. $U_p \leq 0,73 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) aufweisen. Bei den Rahmen transparenter oder teiltransparenter Bauteile der wärmeübetragenden Hülle von beheizten und niedrig beheizten Räumen ist ein Wert von $U_f \leq 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nach DIN EN ISO 10077-1 einzuhalten. Transparente Teile der thermischen Hüllfläche sind mindestens mit Isolierglas oder zwei Glasscheiben (z. B. Verbundfenster, Kastenfenster) auszuführen.

Achtung

Die Tauwasserbildung an Fenstern und Pfosten-Riegel-Konstruktionen ist vorübergehend sowie in kleinen Mengen zulässig, falls die betroffene Oberfläche die Feuchtigkeit nicht absorbiert und entsprechende Vorkehrungen zur Vermeidung eines Kontaktes mit angrenzenden empfindlichen Materialien getroffen werden.

Gemäß DIN EN ISO 13788 beträgt die höchste zulässige relative Luftfeuchte an der Rahmenoberfläche $\phi_{si} = 1$. Unter Zugrundelegung der Randbedingungen aus Teil A Kapitel 2.6 liegt die Anforderung an Rahmen- und Verglasungsoberflächen bei einem Temperaturfaktor f_{Rsi} von $\geq 0,57$ bzw. bei einer kritischen Oberflächentemperatur von $\theta_{si} \geq 9,3 \text{ °C}$.

Achtung

Die Schnittstellen zwischen einem Fenster bzw. einem Fensterelement und dem angrenzenden Baukörper werden in DIN 4108-2 als linienförmige oder punktförmige Wärmebrücken eingestuft. Die Anforderungen hierfür sind Teil A Kapitel 2.8.1.1 bzw. 2.8.1.2 zu entnehmen.

2.8.1.4 Anforderungen an Rollladenkästen

Auch bei **Rollladenkästen** gilt für das gesamte Bauteil ein Wärmedurchlasswiderstand von im Mittel $R_m \geq 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Im Bereich des Deckels muss darüber hinaus ein Wärmedurchlasswiderstand von mindestens $R = 0,55 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ vorhanden sein.

Angaben dazu, wann die oben aufgeführten Anforderungen an Rollladenkästen erfüllt sind und wie der Nachweis dabei geführt werden muss, sind in der Richtlinie über Rollladenkästen (RokR) 2019-11, veröffentlicht in der Anlage 13 der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) Ausgabe 2020/1, aufgeführt (https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Technische_Bestimmungen/MVVTB_2020-1.pdf).



Danach gelten die Anforderungen an Rollladenkästen nach DIN 4108-2 als erfüllt, wenn der nach Abschnitt 2.2 RokR berechnete oder der nach Abschnitt 2.3 RokR gemessene U -Wert des Rollladenkastens $U_{sb} \leq 0,85 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ und der nach Abschnitt 2.2 RokR berechnete Temperaturfaktor $f_{Rsi} \geq 0,70$ beträgt.

2.8.2 Nachweise bei flächigen Bauteilen nach DIN 4108-2

Für flächige Bauteile ist der Nachweis des hygienischen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 erbracht, wenn der Wärmedurchlasswiderstand R des vorhandenen Bauteils größer oder gleich dem Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstandes R nach DIN 4108-2 Tabelle 3 (siehe auch Tabelle 6) ist.

Für folgende Konstruktionen ist kein gesonderter Nachweis des hygienischen Wärmeschutzes notwendig:

- Kanten (zweidimensionale Wärmebrücken) von Außenbauteilen mit gleichartigem Aufbau, deren Einzelkomponenten die Anforderungen nach DIN 4108-2 Tabelle 3 (siehe Tabelle 6) einhalten und bei denen die Dämmebene durchgängig geführt wird;
- alle konstruktiven, formbedingten und stoffbedingten Wärmebrücken, die beispielhaft in DIN 4108 Beiblatt 2 aufgeführt sind oder deren Gleichwertigkeit zu DIN 4108 Beiblatt 2 gegeben ist.

Achtung

Bei allen davon abweichenden Konstruktionen ist zur Gewährleistung des hygienischen Wärmeschutzes an der ungünstigsten Stelle entweder der zulässige Temperaturfaktor f_{Rsi} oder die kritische Oberflächentemperatur $\theta_{si,min}$ nachzuweisen (Anforderungen hierzu siehe Teil A Kapitel 2.8.1).

Teil A Wärmeschutz

2.8.2.1 Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes R , des Wärmedurchgangswiderstandes R_{tot} und des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Berechnungen des Wärmedurchlasswiderstandes R , des Wärmedurchgangswiderstandes R_{tot} bzw. des Wärmedurchgangskoeffizienten U von **flächigen Bauteilen aus thermisch homogenen Schichten** erfolgen nach DIN EN ISO 6946.

Achtung

Das in DIN EN ISO 6946 beschriebene Verfahren zur Berechnung des Wärmedurchgangswiderstandes R_{tot} bzw. des Wärmedurchgangskoeffizienten U von Bauteilen aus thermisch homogenen und thermisch inhomogenen Schichten ist nicht für die Ermittlung von Oberflächentemperaturen zur Bewertung des Tauwasser- oder Schimmelpilzrisikos geeignet.

Achtung

Bauteile aus thermisch homogenen und thermisch inhomogenen Schichten gelten im Rahmen des hygienischen Wärmeschutzes als Wärmebrücken. Die Nachweisführung erfolgt nach Teil A Kapitel 2.8.2.

2.8.2.2 Luftschichten in Bauteilen

Entsprechend DIN EN ISO 6946 muss zwischen ruhenden, schwach belüfteten und stark belüfteten Luftschichten unterschieden werden. Da sich die Festlegungen in DIN EN ISO 6946 jedoch auf den energiesparenden Wärmeschutz beziehen (siehe dazu auch Teil A Kapitel 3), können die Angaben aus dieser Norm nicht unmittelbar auf Berechnungen zum hygienischen Wärmeschutz übertragen werden. Im Rahmen des hygienischen Wärmeschutzes gelten für Luftschichten in Bauteilen folgende Festlegungen bzw. Empfehlungen:

- Bei ruhenden Luftschichten ist der Wärmedurchlasswiderstand R einer Luftschicht DIN EN ISO 6946 Tabelle 10 (siehe Tabelle 13) zu entnehmen. Als Wärmeübergangswiderstand wird auf der Bauteilinnenoberfläche $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ und auf der Bauteilaußenoberfläche $R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ angesetzt.
- Für schwach belüftete Luftschichten oder für Luftschichten, die als schwach belüftet einzustufen sind, enthält DIN EN ISO 6946 keine Angabe zum Wärmedurchlasswiderstand R einer Luftschicht, sondern nur ein Verfahren zur Ermittlung eines mittleren Wärmedurchgangswiderstandes R_{tot} . Außerdem fehlen Angaben zum äußeren Wärmeübergangswiderstand. Diese Angaben beziehen sich jedoch auf den energiesparenden Wärmeschutz und können nicht auf den hygienischen Wärmeschutz übertragen werden.

Bei Untersuchungen zum hygienischen Wärmeschutz empfiehlt der Autor daher folgende Vorgehensweise: Bei schwach belüfteten Luftschichten werden die Luftschicht und alle Bauteilschichten zwischen der Luftschicht und der Außenumgebung vernachlässigt. Als Wärmeübergangswiderstand wird auf der Bauteilinnenoberfläche $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ und auf der Bauteilaußenoberfläche $R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ angesetzt.

- Hinsichtlich stark belüfteter Luftschichten legt DIN EN ISO 6946 zum äußeren Wärmeübergangswiderstand R_{se} fest, dass Folgendes gilt: $R_{se} = R_{si}$. Diese Angabe bezieht sich jedoch auf den energiesparenden Wärmeschutz und kann nicht auf den hygienischen Wärmeschutz übertragen werden.

Bei Untersuchungen zum hygienischen Wärmeschutz empfiehlt der Autor daher folgende Vorgehensweise: Bei stark belüfteten Luftschichten werden die Luftschicht und alle Bauteilschichten zwischen der Luftschicht und der Außenumgebung vernachlässigt. Als Wärmeübergangswiderstand wird auf der Bauteilinnenoberfläche $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ und auf der Bauteilaußenseite $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ angesetzt.

2.8.2.3 Bauteile mit Abdichtungen

Gemäß DIN 4108-2 dürfen bei der Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes R nur Bauteilschichten raumseitig der Bauwerksabdichtung bzw. der Dachabdichtung berücksichtigt werden. Ausgenommen davon sind

- Wärmedämmsysteme als Umkehrdach unter Verwendung von Dämmstoffplatten aus extrudergeschäumtem Polystyrolschaumstoff nach DIN EN 13164 in Verbindung mit DIN 4108-10, die mit einer Kiesschicht oder mit einem Betonplattenbelag (z. B. Gehwegplatten) in Kiesbettung oder auf Abstandhaltern abgedeckt sind. Die Dämmplatten sind einlagig auf ausreichend ebenem Untergrund zu verlegen. Die Dachentwässerung ist so auszubilden, dass ein langfristiges Überstauen der Wärmedämmplatten ausgeschlossen ist. Ein kurzfristiges Überstauen (während intensiver Niederschläge) kann als unbedenklich angesehen werden. Bei der Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten eines Umkehrdaches ist der errechnete Wärmedurchgangskoeffizient U um einen Betrag ΔU in Abhängigkeit vom prozentualen Anteil des Wärmedurchlasswiderstandes unterhalb der Abdichtung am Gesamtwärmedurchlasswiderstand nach Tabelle 18 zu erhöhen. **Bei leichter Unterkonstruktion mit einer flächenbezogenen Masse unter 250 kg/m^2 muss der Wärmedurchlasswiderstand unterhalb der Abdichtung mindestens $0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ betragen.**
- Wärmedämmsysteme als Perimeterdämmung (außen liegende Wärmedämmung erdbe-rührender Gebäudeflächen, außer unter Gebäudegründungen) unter Verwendung von Dämmstoffplatten aus extrudergeschäumtem Polystyrolschaumstoff nach DIN EN 13164 und Schaumglas nach DIN EN 13167, in Verbindung mit DIN 4108-10, wenn die Perimeterdämmung nicht ständig im Grundwasser liegt. Langanhaltendes Stauwasser oder drückendes Wasser ist im Bereich der Dämmschicht zu vermeiden. Die Dämmplatten müssen dicht gestoßen im Verband verlegt werden und eben auf dem Untergrund aufliegen. Die Platten aus Schaumglas sind miteinander vollfugig und an den Bauteilflächen großflächig mit einem Bitumenkleber zu verkleben. Die Oberfläche der verlegten, unbeschichteten Schaumglasplatten ist vollflächig mit einer bituminösen, frostbeständigen Deckbeschichtung zu versehen. Diese entfällt bei werkseitig beschichteten Platten, wenn es sich um eine mit Bitumen aufgetragene Beschichtung handelt.

Teil A Wärmeschutz

2.8.2.4 Oberste Geschossdecken

Bei Gebäuden mit nicht ausgebauten Dachräumen, z. B. nicht gedämmte Dachschrägen im Bereich von Spitzböden, bei denen die oberste Geschossdecke die Anforderungen nach Tabelle 6 einhält, ist zur Erfüllung der Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz ein Nachweis der oberhalb der Decke liegenden Dächer nicht erforderlich.

2.8.2.5 Rollladenkästen

Der Nachweis der flächigen Anforderungen an Rollladenkästen ist gemäß der Richtlinie über Rollladenkästen (RokR) 2019-11, veröffentlicht in der Anlage 13 der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) Ausgabe 2020/1, zu führen.

2.8.2.6 Wärmedämmtechnische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen

Angaben zu Bemessungswerten wärmedämmtechnischer Eigenschaften von Baustoffen bzw. zu Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen sind DIN 4108-4, DIN EN ISO 10456 (Tabelle 39) oder bauaufsichtlichen Regelungen zu entnehmen.

2.9 Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken

2.9.1 Anforderungen nach DIN 4108-2

An der ungünstigsten Stelle ist bei stationärer Berechnung – unter Verwendung der Randbedingungen nach Teil A Kapitel 2.6 – mindestens ein Temperaturfaktor von $f_{\text{Rsi}} = 0,70$ bzw. eine Oberflächentemperatur von $\theta_{\text{si}} = 12,6^\circ\text{C}$ einzuhalten.

2.9.1.1 Kanten als linienförmige Wärmebrücken

An der ungünstigsten Stelle ist bei stationärer Berechnung unter den Randbedingungen nach Teil A Kapitel 2.6 mindestens ein Temperaturfaktor von $f_{\text{Rsi}} = 0,70$ bzw. eine Oberflächentemperatur von $\theta_{\text{si}} = 12,6^\circ\text{C}$ einzuhalten.

2.9.1.2 Ecken als punktförmige Wärmebrücken

An der ungünstigsten Stelle ist bei stationärer Berechnung unter den Randbedingungen nach Teil A Kapitel 2.6 mindestens ein Temperaturfaktor von $f_{\text{Rsi}} = 0,70$ bzw. eine Oberflächentemperatur von $\theta_{\text{si}} = 12,6^\circ\text{C}$ einzuhalten.

2.9.1.3 Auskragende Bauteile

Ohne zusätzliche Wärmedämm-Maßnahmen sind auskragende Balkonplatten, Attiken, freistehende Stützen sowie Wände aus Materialien mit $\lambda > 0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, die in den ungedämmten Dachraum oder ins Freie ragen, unzulässig. (Als freistehende Stützen gelten – in Verbindung mit den Mindestanforderungen nach Tabelle 6 Zeile 4.1 – auch Stützen in Tiefgaragen. Wände, die in den ungedämmten Dachraum ragen, sind häufig bei Reihen- oder Doppelhäusern mit nicht ausgebauten Dachräumen anzutreffen. Diese Wände

sind dann auch auf der dem unbeheizten Raum zugewandten Seite zu dämmen. Diese Anforderung gilt in gleicher Weise für Räume, die „zum Ausbau vorbereitet sind“.)

2.9.1.4 Fenster und Türen

Nach DIN 4108-2 ist an den Schnittstellen zwischen einem Fenster bzw. Fensterelement oder einer Tür und dem Baukörper der Temperaturfaktor $f_{\text{Rsi}} \geq 0,70$ einzuhalten.

2.9.1.5 Rollladenkästen

- Für Einbau- und Aufsatzkästen gilt: An den Schnittstellen zwischen dem Rollladenkasten (unabhängig vom Material) und dem Baukörper (oben und seitlich am Rollladenkasten) ist der Temperaturfaktor $f_{\text{Rsi}} \geq 0,70$ einzuhalten. Diese Anforderung gilt auch am Übergang des Rollladenkastens und an das untere Fensterprofil.
- Bei Vorsatzkästen und Miniaufsatzkästen ist zu beachten: An den Schnittstellen zwischen Fensterelement einschließlich Vorsatzkasten bzw. Miniaufsatzkästen und Baukörper ist der Temperaturfaktor $f_{\text{Rsi}} \geq 0,70$ einzuhalten.

2.9.2 Nachweise nach DIN 4108-2

Für flächige Bauteile und Bauteile im Bereich zweidimensionaler Wärmebrücken, die die Maßgaben nach Tabelle 6 nicht einhalten, bzw. für Konstruktionen, die nicht den in DIN 4108 Beiblatt 2 beispielhaft aufgeführten Wärmebrücken entsprechen, ist der kritische Temperaturfaktor f_{Rsi} oder die minimale Oberflächentemperatur $\theta_{\text{si,min}}$ zu berechnen.

Achtung

Soll zum Nachweis des hygienischen Wärmeschutzes die minimale Oberflächentemperatur $\theta_{\text{si,min}}$ berechnet werden, dann dürfen die erforderlichen Wärmedurchlasswiderstände R und Wärmedurchgangskoeffizienten U nur bei Bauteilen aus thermisch homogenen Schichten nach DIN EN ISO 6946 ermittelt werden. Bei Bauteilen aus thermisch homogenen und thermisch inhomogenen Schichten erfolgt die Bestimmung der minimalen Oberflächentemperatur nach DIN EN ISO 10211 mit Hilfe von Wärmebrückenprogrammen.

Achtung

Für übliche Verbindungsmittel, wie Nägel, Schrauben, Drahtanker, sowie bei Verbindungsmitteln zum Anschluss von Fenstern an angrenzende Bauteile und für Mörtelfugen von Mauerwerk nach DIN 1053-1 braucht kein Nachweis zur Einhaltung der Mindestinnenoberflächentemperatur geführt zu werden.

Teil A Wärmeschutz

2.9.2.1 Nachweisführung

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} wird wie folgt berechnet:

$$f_{\text{Rsi}} = \frac{\theta_{\text{si}} - \theta_{\text{e}}}{\theta_{\text{i}} - \theta_{\text{e}}} \quad (24)$$

Dabei bedeuten:

θ_{si} : die Temperatur auf der raumseitigen Oberfläche

θ_{i} : die Temperatur der Raumluft

θ_{e} : die Temperatur der Außenluft

Der Berechnung von f_{Rsi} bzw. $\theta_{\text{si, min}}$ sind folgende, in DIN 4108-2 festgelegte Randbedingungen zugrunde zu legen:

Innen

Raumlufttemperatur: $\theta_{\text{i}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

relative Raumluftfeuchte: $\phi_{\text{i}} = 50 \text{ } \%$

relative Feuchte auf der Bauteil-Innenoberfläche nach DIN EN ISO 13788:

$$\phi_{\text{si}} = 80 \text{ } \%$$

Wärmeübergangswiderstand innen: $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ bei beheizten Räumen

Außen

Außenlufttemperatur: $\theta_{\text{e}} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Wärmeübergangswiderstand außen: $R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Bei der Untersuchung zum hygienischen Wärmeschutz nach DIN EN ISO 10211 von Bauteilen, die an das Erdreich grenzen, ist beim Übergang des Erdreichs an die Außenluft ein Wärmeübergangswiderstand $R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ anzusetzen.

Achtung

*In DIN 4108-2 fehlt eine Angabe zum Wärmeübergangswiderstand R_{ser} der bei Trennbauteilen zwischen beheizten Räumen und unbeheizten Räumen auf der Oberfläche im unbeheizten Raum anzusetzen ist. **Folgender Wert wird empfohlen:***

Wärmeübergangswiderstand auf der dem beheizten Raum abgewandten Oberfläche:

$$R_{\text{se}} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Andere Temperaturbereiche

Bei Wärmebrücken von Bauteilen, die beheizte Räume gegen unbeheizte Kellerräume, Pufferäume, Dachräume oder das Erdreich abgrenzen, sind auf der dem normal beheizten Raum abgewandten Seite Temperaturen nach Tabelle 7 anzusetzen.

Tabelle 7: Temperaturrandbedingungen für unbeheizte Räume und das Erdreich (DIN 4108-2)

Gebäudeteile bzw. Umgebung	Temperatur $\theta_{\text{unbeheizt}}$ bzw. θ_{Erdreich} [°C]
Keller	10
Unbeheizter Pufferraum	10
Unbeheizter Dachraum	-5
Erdreich	10

Weitere Angaben zu Randbedingungen bei der Berechnung des Temperaturfaktors f_{Rsi} bzw. der Oberflächentemperatur θ_{si} – insbesondere bei erdberührten Bauteilen – sind DIN 4108 Beiblatt 2 Abschnitt 7 zu entnehmen.

2.9.2.2 Kanten

Für Kanten gilt: Kanten, die aus Bauteilen gebildet werden, die der Tabelle 6 entsprechen und bei denen die Dämmebene durchgängig geführt wird, bedürfen keines Nachweises. Alle linienförmigen Wärmebrücken, die beispielhaft in DIN 4108 Beiblatt 2 aufgeführt sind oder deren Gleichwertigkeit zu Beiblatt 2 gegeben ist, bedürfen ebenfalls keines Nachweises.

2.9.2.3 Rollladenkästen

Gemäß RokR Abschnitt 2.2, veröffentlicht in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2020/1 Anlage 13, ist der Temperaturfaktor f_{Rsi} des Rollladenkastens zweidimensional nach DIN EN ISO 10211 in Verbindung mit DIN EN ISO 10077-2 zu berechnen und auf zwei Wert anzeigende Ziffern zu runden. Die Berechnung ist mit einem Blendrahmen mit 60 mm Bautiefe aus Holz der Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,13 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ unter den Randbedingungen aus DIN 4108-2 durchzuführen. Für die Übergangswiderstände sind die Randbedingungen nach Beiblatt 2 zu DIN 4108 anzusetzen. Der obere Baukörperanschluss wird für die Zwecke der Rollladenkastenrichtlinie als adiabat betrachtet.

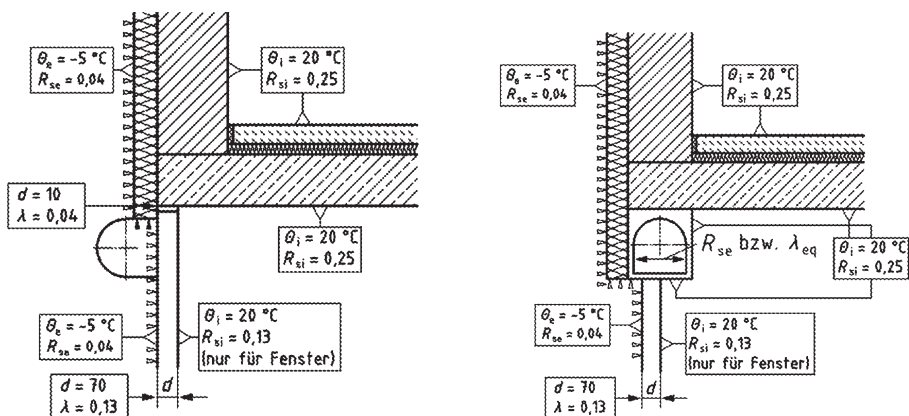


Bild 5: Randbedingungen zur Berechnung von f_{Rsi} bei Fenstern mit Vorsatzrollladenkästen und Einbaurollladenkästen nach DIN 4108 Beiblatt 2

3 Energiesparender Wärmeschutz

3.1 Symbole und Formelzeichen

Tabelle 8: Symbole und Formelzeichen

Größe	Symbol	Einheit
Fugendurchlasskoeffizient	a	$\frac{\text{m}^3}{(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}^{2/3})}$
spezifische Wärmekapazität	c	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
Dicke	d	m
Flächenanteil	f	–
Temperaturfaktor für raumseitige Oberfläche	f_{Rsi}	–
Gesamtenergiedurchlassgrad	g	–
Gesamtenergiedurchlassgrad einschließlich Sonnenschutz	g_{tot}	–
Wärmeübergangskoeffizient	h	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Masse	m	kg
flächenbezogene Masse	m'	kg/m^2
Luftwechselrate	n	h^{-1}
Wärmestromdichte	q	W/m^2
Zeit	t	s
Fläche	A	m^2 bzw. mm^2
Nettofläche der Lüftungsöffnungen	A_{ve}	m^2 bzw. mm^2
Nettogrundfläche	A_{G}	m^2
Wärmespeicherkapazität	C	J/K
Wärmemenge	Q	J oder $\text{W} \cdot \text{s}$
Wärmedurchlasswiderstand	R	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmeübergangswiderstand	R_{s}	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmedurchgangswiderstand	R_{tot}	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmedurchgangswiderstand, oberer Grenzwert	$R_{\text{tot,upper}}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmedurchgangswiderstand, unterer Grenzwert	$R_{\text{tot,lower}}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteils mit einer ruhenden Luftschicht	$R_{\text{tot,nve}}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteils mit einer stark belüfteten Luftschicht	$R_{\text{tot,ve}}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$