

*Dr. Martin H. Spitzner Geschäftsführer Technik, ift Rosenheim
Obmann DIN 4108-2 des zuständigen DIN-Arbeitsausschusses NABau*

Neue DIN 4108-2 – „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“

Änderungen beim Anwendungsbereich, Mindestwärmeschutz und Wärmebrücken

1 Einleitung

Die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz und die Energieeinsparung in Gebäuden werden je nach Zielsetzung in verschiedenen Regelwerken festgelegt. Als Grundlage für die Wärmedämmung von Bauteilen, Wärmebrücken und für die Gebäudehülle von Hochbauten kann die bauaufsichtlich eingeführte DIN 4108-2 verstanden werden. Eine geringere Wärmedämmung (Mindestwärmeschutz) darf bei beheizten oder niedrig beheizten Gebäuden nicht ausgeführt werden, auch nicht bei kleinen Flächen, kleinen Gebäuden oder Gebäudeerweiterungen. Hauptsächliche Schutzziele sind die baulich-hygienische Situation für die Gebäudenutzer und der Schutz des Gebäudes vor Schimmelbildung. Aber es werden auch energetische Mindeststandards definiert sowie allgemeine Hinweise zum energiesparenden Bauen für Winter und Sommer gegeben. Das Kapitel 8 der Norm widmet sich den Mindestanforderungen an den Wärmeschutz im Sommer. Schutzziele sind hier ebenfalls der Benutzer (erträgliches Raumklima mit einem Schutz vor unangenehm hohen Raumtemperaturen im Sommer) sowie die Energieeinsparung (Vermeidung von Klimatisierungsbedarf und nachträglicher Klimatisierung).

Weitere Festlegungen zu Wärmeschutz und Energieeinsparung der Gebäudehülle treffen u.a. DIN 4108-3 (Klimabedingter Feuchteschutz), DIN 4108-7 (Luftdichtheit der Gebäudehülle). Und natürlich die Energieeinsparverordnung (EnEV). Zur Sicherstellung der Energieeinsparung gemäß EnEV sind für die meisten Bauteile in der Regel ohnehin Wärmedurchgangswiderstände erforderlich, die deutlich über den Mindestanforderungen der DIN 4108-2 liegen. Von daher greifen die Mindestanforderung der 4108-2 an die Wärmedämmung in der Praxis vor allem bei Wärmebrücken, bei kleinformatischen Bauteilen mit geringer Wärmedämmung (die in der EnEV durch andere Bauteile mit hoher Wärmedämmung kompensiert werden können) sowie bei Gebäuden, die von den Anforderungen der EnEV ausgenommen sind. Der Abschnitt der Norm zum sommerlichen Wärmeschutz ist derzeit von der bauaufsichtlichen Einführung ausgenommen. Er wird aber dadurch verbindlich, dass die EnEV auch einen sommerlichen Mindestwärmeschutz verlangt und für den Nachweis auf das Verfahren der DIN 4108-2 verweist.

Die bisherige Ausgabe der DIN 4108-2 stammt von Juli 2003 und ist fast 10 Jahre alt. Vor allem für den Mindestwärmeschutz an Wärmebrücken und den sommerlichen Wärmeschutz bestand Überarbeitungsbedarf. Von daher wurde vom zuständigen Arbeitsausschuß 005-56-91 des Normenausschusses Bauwesen eine Überarbeitung der Norm erstellt und mit Ausgabedatum Februar 2013 vom DIN herausgegeben. Die Neuausgabe wird privatrechtlich einzuhalten sein, nachdem davon auszugehen ist, dass sie den aktuellen anerkannten Stand der Technik darstellt. Hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes bezieht sich die aktuelle EnEV allerdings in einem datierten Verweis auf die Ausgabe 2003-07 der Norm. Für den EnEV-Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes gilt damit formal bis zu einer Neuausgabe der EnEV die bisherige Normausgabe. Es wird dem Planer jedoch empfohlen, sich auch für den sommerlichen Wärmeschutznachweis auf die neue Normausgabe zu stützen. Durch die Überarbeitung des Verfahrens ergeben sich nun aber höhere („schärfere“) Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz; von daher schließt die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes nach der neuen Normausgabe auch die Einhaltung der bisherigen Normausgabe ein (außer bei kleinen Fensterflächenanteilen – aber da ist der sommerliche Wärmeschutz ja nicht so problematisch). Die Neuregelungen zum sommerlichen Wärmeschutz definieren damit jenes Schutzniveau, das Bauherren und Gebäudebesteller aktuell erwarten und als ohnehin geschuldet betrachten können.

2 Änderungen im Überblick

Die Überarbeitung der DIN 4108-2 enthält folgende Änderungen:

- der Anwendungsbereich (Kapitel 1) wurde klarer formuliert
- die Definitionen (Kapitel 3) wurde ergänzt und bringt neue Definitionen zu „direkt beheizt“, „indirekt beheizt“, „über Raumverbund beheizt“ und „nicht beheizt“; dafür ist „unbeheizt“ entfallen
- Kapitel 4 (Grundlagen zum Wärmeschutz) und Kapitel 5 (Mindestanforderungen an den Wärmeschutz) wurden vor allem editoriiell überarbeitet und teilweise neu geordnet, aber inhaltlich nur wenig geändert
- Tabelle 3 in Kapitel 5 mit den „Mindestwerten für Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen“ wurde editoriiell überarbeitet
- Anforderungen an 3-dimensionale Wärmebrücken wurden aufgenommen und ein Unbedenklichkeitskriterium hinsichtlich Schimmelbildung für Ecken eingeführt (Kapitel 6)
- die Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen wurden an das geänderte Normenwerk angepaßt (Kapitel 7)
- die Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz wurden an neue Wetterdaten angepasst und dementsprechend auch eine neue Klimakarte aufgenommen (Kapitel 8);
- das Nachweisverfahren für den Wärmeschutz im Sommer wurde überarbeitet, und dabei den Einfluß der erhöhten Nachtlüftung in mehrere Stufen geteilt, sowie Annahmen und Kennwerte für eine passive Kühlung aufgenommen (Kapitel 8);
- der Anhang A (Gegenüberstellung von alten und neuen Symbolen physikalischer Größen) wurde gelöscht, weil die „neuen“ Symbole nun seit vielen Jahren eingeführt und bekannt sind;
- die Hinweise zu Rolladenkästen im Normentext wurden inhaltlich unverändert in einen neuen Anhang A verschoben.

3 Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich der Norm wurde klarer formuliert, insbesondere zu Festlegungen die direkt oder sinngemäß auch für niedrig beheizte Gebäude gelten. Hier herrschten in der Praxis verschiedene Interpretationen; ebenso hinsichtlich der Gültigkeit der Norm für nur gelegentlich beheizte Räume. In diesem Zusammenhang hat der Ausschuß auch den Bezug auf Anforderungen für „Aufenthaltsräume“ vermieden, weil auch deren Definition in der Praxis nicht eindeutig ist. Außerdem wird nun deutlich genannt, dass die Anforderungen für zu errichtende Gebäude, für Erweiterungen bestehender Gebäude und für neue Bauteile in bestehenden Gebäuden gelten. Selbstverständlich gelten sie nicht „nachträglich“ für unverändert bestehende Bauteile bzw. Gebäudeteile in bestehenden Gebäuden; hier gelten immer die Anforderung zum Zeitpunkt der Errichtung (Bestandsschutz). Auch dann, wenn andere Bauteile bzw. Teile eines Gebäudes erneuert werden und damit den neuen Anforderungen unterliegen.

Räume können nun „beheizt“ oder „niedrig beheizt“ sein (jeweils direkt, über Raumverbund oder indirekt durch trennende Bauteile) oder „nicht beheizt“ (und damit automatisch außerhalb der thermischen Hüllfläche). „Beheizt“ meint eine bestimmungsgemäße Raumtemperatur von 19°C oder mehr; „niedrig beheizt“ von 12°C bis 19°C. Auch Räume, die selten oder eigentlich gar nicht beheizt werden, gelten als „beheizte“ oder „niedrig beheizte“ Räume, sobald diese durch eine installierte Heizeinrichtung (Heizkörper, Heizfläche, Luftauslaß einer Luftheizung etc.) beheizbar sind, oder sobald sie mit einem solchen Raum durch offenen Raumverbund verbunden sind – auch wenn die Heizung des Raumes gar nicht benutzt werden soll! Dies betrifft typischerweise Hobbyräume, Gästezimmer und zum Endausbau vorbereitete Dachräume. Dementsprechend formuliert die Norm in der Definition von „beheizt“ auch nicht „beheizt werden“ (was sich auf die Nutzerhandlung bezöge), sondern auf „beheizt sind“ (was sich auf den Zustand der Beheizbarkeit bezieht, unabhängig von dessen tatsächlicher Nutzung). Somit kann es keine unbeheizten oder nicht beheizte Räume innerhalb der thermischen Hüllfläche gemäß Norm geben; ein solcher Raum wäre dann z.B. indirekt beheizt durch trennende Bauteile (z.B. ein innenliegendes Treppenhaus). Lediglich in der Einleitung zu Tabelle 3 werden „Bereiche mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen oder unbeheizte Bereiche“ genannt. Überhaupt bezieht sich Tabelle 3 nicht „reinrassig“ nur auf Bauteile der thermischen Hüllfläche gemäß Definition, sondern nennt auch Mindestwerte für Bauteile im Inneren des beheizten Bereichs, z.B. vom beheizten Bereich zum direkt oder indirekt beheizten Treppenraum. Bauteile, die zu beiden Seiten den gleichen Beheizungszustand haben, haben in der Fläche natürlich keine wärmetechnischen Mindestanforderungen zu erfüllen.

Die Anforderungen an die Wärmedämmung von Bauteilen (Kapitel 4 und 5), an Wärmebrücken (Kapitel 6), an die Luftdichtheit (Kap. 7) und an den sommerlichen Wärmeschutz (Kap. 8) gelten für alle Räume in Hochbauten, die

- auf übliche Innentemperaturen beheizt werden ($\geq 19\text{ °C}$; Definition „beheizt“) oder
- die mit solchen Räumen über offenen Raumverbund verbunden sind.
- Für Räume in Hochbauten, die
 - niedrig beheizt sind ($12 \leq \theta < 19\text{ °C}$; Definition „niedrig beheizt“)
 - oder die mit solchen Räumen über offenen Raumverbund verbunden sind, gelten die vorge-

nannten Anforderungen an Wärmebrückenvermeidung und an den sommerlichen Wärmeschutz nicht, u.a. aus Kostengründen und aus Gründen der Verhältnismäßigkeit. Trotzdem sollten die entsprechenden Abschnitte der Norm sinngemäß beachtet werden. Auch eine eventuelle Erwartungshaltung des Bauherrn an die Nutzungsbedingungen und an die Beschaffenheit seines Objekts ist zu berücksichtigen.

Tabelle 1 gibt einen entsprechenden Überblick über den Gültigkeitsbereich der Mindestanforderungen der DIN 4108-2:2013-02.

Tabelle 1: Überblick über die Gültigkeit der Mindestanforderungen der DIN 4108-2:2013-02 für verschieden beheizte Räume.

Temperatur	Beheizung	Grundlagen Wärmeschutz DIN 4108-2 Kapitel 4	Wärmedämmung Bauteile DIN 4108-2 Kapitel 5	Wärmebrücken DIN 4108-2 Kapitel 6	Luftdichtheit DIN 4108-2 Kapitel 7	Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2 Kapitel 8
Beheizt ($\geq 19^{\circ}\text{C}$)	Räume, die direkt beheizt sind (d.h. ALLE Räume mit installierter Heizeinrichtung wie Heizkörper, Heizfläche, Luftauslass der Luftheizung etc.; auch dann, wenn die Heizeinrichtung nicht oder nur gelegentlich benutzt wird) Räume mit offenem Raumverbund zu einem beheizten Raum. Türen gelten nicht als offener Raumverbund, auch wenn sie immer offen stehen. Räume, die indirekt über trennende Bauteile beheizt werden, innerhalb der thermischen Hüllfläche.	ja	ja	ja	ja	ja
niedrig beheizt ($12^{\circ}\text{C} \leq \theta < 19^{\circ}\text{C}$)	Räume, die direkt niedrig beheizt sind (d.h. ALLE Räume mit installierter Heizeinrichtung wie Heizkörper, Heizfläche, Luftauslass der Luftheizung etc.; auch dann, wenn die Heizeinrichtung nicht oder nur gelegentlich benutzt wird) Räume mit offenem Raumverbund zu einem niedrig beheizten Raum. Türen gelten nicht als offener Raumverbund, auch wenn sie immer offen stehen Räume, die indirekt über trennende Bauteile niedrig beheizt werden, innerhalb der thermischen Hüllfläche	ja	ja	nein	ja	nein (sollte aber sinngemäß beachtet werden)
nicht beheizt	Räume außerhalb der thermischen Hüllfläche UND ohne Heizfläche oder Heizeinrichtung UND ohne Raumverbund zu beheiztem oder niedrig beheiztem Raum	nein	nein	nein	nein	Nein
„unbeheiztes Treppenhaus“ als indirekt über trennende Bauteile beheizter Raum	ohne Heizfläche oder Heizeinrichtung UND ohne Raumverbund zu beheiztem oder niedrig beheiztem Raum UND als innerhalb der thermischen Hüllfläche liegend betrachtet UND indirekt über trennende Bauteile niedrig beheizt	sinngemäß soweit zutreffend	ja (siehe DIN 4108-2 Tabelle 3 Zeile 5)	nein	ja	nein (sollte aber sinngemäß beachtet werden)
„unbeheiztes Treppenhaus“ als nicht beheizter Raum	ohne Heizfläche oder Heizeinrichtung UND ohne Raumverbund zu beheiztem oder niedrig beheiztem Raum UND als außerhalb der thermischen Hüllfläche liegend betrachtet.	nein	nein	nein	nein	nein

4 Mindestwärmeschutz

Generell sind Gebäude so zu planen und zu bauen, dass ein ausreichender Mindestwärmeschutz flächiger Bauteile und von Wärmebrücken gegeben ist. Die einzuhaltenden Anforderungen sind in der bauaufsichtlich eingeführten DIN 4108-2 fixiert. Der bauliche Mindestwärmeschutz soll die Gesundheit der Bewohner bzw. Gebäudenutzer durch ein hygienisches Raumklima schützen und die Baukonstruktion vor Feuchte- und Schimmelschäden bewahren. Dafür ist, neben einer entsprechenden Bausubstanz, eine ausreichende Beheizung und ein hygienisch definierter Mindestluftwechsel zum Abtransport der im Innenraum freigesetzten Feuchte sicherzustellen. Angesichts heutiger Ansprüche an Wohnkomfort, Hygiene, Schimmelfreiheit und Energieeinsparung ist aber ein deutlich besserer baulicher Wärmeschutz anzustreben [1] und deshalb in der Energieeinsparverordnung (EnEV) gefordert wird.

Gültigkeitsbereich des Mindestwärmeschutzes

Das Kapitel 5 der Norm „Mindestwärmeschutz flächiger Bauteile“ wurde gründlich überarbeitet und dabei neu (und besser) geordnet. Die Mindestanforderungen dieses Kapitels gelten generell für Bauteile, die beheizte Räume gegen

- Außenluft
- niedrig beheizte Bereiche
- Bereiche mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen
- unbeheizte und nicht beheizte Bereiche abtrennen

und für Bauteile, die niedrig beheizte Räume gegen

- Außenluft
- Bereiche mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen
- unbeheizte und nicht beheizte Bereiche abtrennen.

Auch wenn diese Auflistung nur in der Einleitung zu Tabelle 3 der Norm auftaucht, ist von der Zielsetzung der Norm klar, dass diese Auflistung komplett für Kapitel 5, 6 und 7 gilt, d.h. hinsichtlich des Mindestwärmeschutzes flächiger Bauteile, des Wärmeschutzes im Bereich von Wärmebrücken, und hinsichtlich der Luftdichtheit der Bauteile. Und zwar für alle Stellen dieser Bauteile, also für die ungestörte Bauteilfläche sowie für wärmetechnisch geschwächte, kleine Flächenbereiche (z.B. Fensternischen und Brüstungen, Fensterstürze, Heizkörpernischen, Pfeilern, Installations-schächten und eventuelle Wasserleitungsführungen in Außenwänden.)

Auslegung des winterlichen Mindestwärmeschutzes

Der in der Norm definierte (winterliche) Mindestwärmeschutz ist gemäß Definition in Kapitel 3 und den formulierten klimatischen Randbedingungen so ausgelegt, dass an jeder Stelle der Innenoberfläche der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (der „thermischen Hüllfläche“) Tauwasser- und Schimmelpilzfreiheit in der Fläche und in Kanten und Ecken gegeben ist. Abschnitt 6.1 mindert diese Aussage etwas auf das realistische Maß ab und führt aus, dass die Wärmebrückenanforde-

rungen einzuhalten seien, um das Schimmelrisiko durch konstruktive Maßnahmen „zu verringern“. Damit wird klar: es gibt auch bei Einhaltung der Normanforderungen keine Garantie für Tauwasser- und Schimmelfreiheit in 100% aller denkbaren Fälle. Trotzdem darf man sich für „übliche“ Situationen und Nutzungen durch Einhaltung und Nachweis der beschriebenen Mindestanforderungen auf eine ausreichende Sicherheit gegen Schimmelbildung verlassen. Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass dies natürlich nur gelten kann, wenn „eine gleichmäßige, ausreichende Beheizung und ausreichende Belüftung der Räume sowie eine weitgehend ungehinderte Luftzirkulation an den Außenwandoberflächen“ vorliegt, sowie unter den Randbedingungen der Norm z.B. hinsichtlich Raumtemperatur und Luftfeuchte.

Zu erwähnen ist, dass an Fenstern, Fenstertüren und Türen sowie in deren Funktionsfugen (d.h. im „Innenbereich“ solcher Bauteile, also im Bereich innerhalb der Außenkanten des Blendrahmens) keine Tauwasserfreiheit geschuldet ist, weil dies technisch nicht zuverlässig erreicht werden kann, auch nicht bei „üblicher“, „richtiger“ Nutzungen des Gebäudes. Allerdings ist die Tauwasserbildung nur „vorübergehend und in kleinen Mengen an Fenstern sowie Pfosten-Riegel-Konstruktionen zulässig, falls die Oberfläche die Feuchtigkeit nicht absorbiert und entsprechende Vorkehrungen zur Vermeidung eines Kontaktes mit angrenzenden empfindlichen Materialien getroffen werden“. Näheres hierzu stellt auch der DIN-Fachbericht 4108-8 „Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden“ in seinem Abschnitt 5.5 deutlich heraus. Das bedeutet, dass Fenster, Fenstertüren, Fensterelemente und Türen, aber auch Vorhangfassaden und Pfosten-Riegel-Konstruktionen, innerhalb ihrer Außenabmessungen von der Forderung $f_{Rsi} \geq 0,70$ angenommen sind – NICHT jedoch die Einbaufuge zwischen dem Fensterelement und dem restlichen Baukörper! Detaillierte Angaben hierzu finden sich im Kommentar zur Produktnorm Fenster und Außentüren DIN EN 14351-1 [8].

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände

Wie bisher, bezieht sich die Tabelle 3 (Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen) auf homogene Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse von $\geq 100 \text{ kg/m}^2$. Anforderungen an leichtere homogene Bauteile, an inhomogene nichttransparente Bauteile sowie an transparente und teiltransparente Bauteile werden im Kapitel 5 aufgeführt. Sowohl diese, als auch die Mindestanforderungen in Tabelle 3 sind im Wesentlichen unverändert geblieben, wurden aber ergänzt, klarer formuliert sowie an den inzwischen geänderten Sprachgebrauch und das fortgeschriebene Normenwerk angepaßt. Hintergrund für die erhöhten Anforderungen an leichte Bauteile ist die gegenüber schweren Bauteile reduzierte Wärmespeicherefähigkeit. Aufgrund der geringen Masse können leichte Bauteile im Sommer nur wenig Speichermasse zur Verfügung stellen, um rasch ansteigende Innenraumtemperaturen in ihren Spitzenwerten zu dämpfen. Aus diesem Grund muss der Wärmeeintrag durch diese Bauteile stärker reduziert werden als bei speicherefähigeren Bauteilen. Als Unterscheidungskriterium zwischen leichten und schweren Bauteilen wird eine flächenbezogene Masse von 100 kg/m^2 herangezogen [1].

Umkehrdach und Perimeterdämmung

Auch bei den U bzw. R-Werten von Wärmedämmschichten außerhalb der Abdichtungsebene hat sich inhaltlich nichts verändert. Generell dürfen nur Dämmschichten auf der Raumseite der Bauwerksabdichtung berücksichtigt werden. Ausnahme: Dämmstoffe bei Umkehrdächern und Perimeterdämmungen, die für diesen Einsatzbereich genormt sind (Anwendungstypen DUK, PW, PB nach DIN 4108-10) oder für die entsprechende bauaufsichtliche Sonderregelungen vorliegen. Reine Drän-, Sicker- oder Schutzplatten sind NICHT als außenliegende dämmende Schicht zu betrachten, auch dann nicht, wenn sie aus dem gleichen Material wie Dämmplatten bestehen. Ebenso alle anderen Schichten außerhalb der Abdichtung, wie z.B. kapillarbrechende Kiesschichten, Drainageschüttungen, Filtersteine etc. Alle solchen Schichten gehen analog DIN EN ISO 6946 in die Berechnung der konstruktiven U- oder R-Werte nicht ein. Für U-Werte nach DIN EN ISO 13370 sollte für solche Schichten vereinfachend der Wärmeleitfähigkeitswert von Erdreich ($2,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) angesetzt werden [2].

Rollladenkästen

Einbau- und Aufsatzrolladenkästen werden typischerweise in der Außenwandfläche übermessen und im EnEV-Nachweis als kombinierte Wärmebrücke aus oberem Fensteranschluß, Rolladenkasten und Sturzbereich behandelt (siehe Anhang A der Norm). Sie könnten allerdings auch als eigene Flächen mit ihrem U-Wert in den EnEV-Nachweis eingehen. Der Fenster- und Sturzanschluß wären dann als separate Wärmebrücken zu behandeln. Analog könnte man z.B. mit kleinflächigen Schwellenbereichen unter Fenstertüren verfahren. Vorsatzkästen (bzw. die Rahmenaufdoppelung hinter dem Vorsatzkasten) und Mini-Aufsatzkästen werden im U_w -Wert des Fensterelements berücksichtigt, der entsprechend anzupassen ist; d.h. die Rahmenaufdoppelung bzw. der Mini-Aufsatzkasten zählen nicht zum pauschalen Ansatz von 30% für den Fensterrahmenanteil hinzu. Bei gekoppelten Bauteilen ist natürlich besonders auch die Luftdichtheit zu beachten, die allerdings in DIN 4108-7 beschrieben wird.

Tiefgaragen

Tiefgaragen werden vereinfacht als Bereich mit permanentem Zugang zur Außenluft behandelt.

Erdberührte Bodenplatten

Bei erdberührten Bauteilen sind die Werte der Tabelle 3 als sogenannte konstruktive Wärmedurchlasswiderstände zu interpretieren. Das war unausgesprochen bisher auch schon so und wurde praktisch von allen Nutzern auch so verstanden. Im Zuge einer zunehmenden Nutzung von DIN EN ISO 13370 zur Berechnung der U-Werte von erdberührten Bauteilen ist es jedoch wichtig, klar zu unterscheiden zwischen

- konstruktiven U- bzw. R-Werten; sie werden analog zu DIN EN ISO 6946 nur in der Schichtenfolge des Bauteils berechnet, d.h. von innen bis zur Abdichtung oder, im Falle genormter oder zugelassener außenliegender Dämmschichten, bis zur Außenkante dieser Dämmschicht. In jedem Fall aber beinhalten sie das vorgelagerte Erdreich nicht, sondern „hören“ auf der Außenseite des Bauteils „auf“; und
- U- und R-Werten nach DIN EN ISO 13370, welche die Dämmwirkung des vorgelagerten Erdreichs beinhalten und durch das Erdreich bis zur Außenluft „gerechnet werden“.

In diesem Zusammenhang gilt generell: Dämmschichten dürfen nur auf der Raumseite der Bauwerksabdichtung berücksichtigt werden. Ausnahme: Dämmstoffe bei Umkehrdächern und Perimeterdämmungen, die für diesen Einsatzbereich genormt sind (Anwendungstypen DUK, PW, PB nach DIN 4108-10) oder für die entsprechende bauaufsichtliche Sonderregelungen vorliegen. Reine Drän-, Sicker- oder Schutzplatten sind NICHT als außenliegende, dämmende Schichten zu betrachten. Auch dann nicht, wenn sie aus dem gleichen Material wie Dämmplatten bestehen. Auch kapillarbrechende Sauberkeitsschichten unter Bodenplatten, Sickerschichten, Filtersteine etc. gelten nicht als wärmedämmend. Alle Schichten gehen in die konstruktive Berechnung von U- oder R-Wert nicht ein (analog DIN EN ISO 6946), und sollten im U-Wert nach DIN EN ISO 13370 vereinfachend mit der Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs, $2,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, angesetzt werden [2].

Für den unteren Abschluss nicht unterkellerten, normal oder niedrig beheizter Räume, die unmittelbar an das Erdreich grenzen, gilt ein Mindest-Wärmedurchlasswiderstand von $R = 0,90 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ bzw. ein Höchst-Wärmedurchgangskoeffizient von $0,93 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (analog DIN EN ISO 6946) für einen 5 m breiten Randbereich (5m-Regel). Für niedrig beheizte Räume reicht $R \geq 0,55 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Es handelt sich dabei um konstruktive Werte, die analog zu DIN EN ISO 6946 berechnet werden. Dies gilt übrigens auch für die Referenzwerte und Mindestbauteilwerte gemäß EnEV (Anlage 3). Man darf diese konstruktiven Zahlenwerte nicht mit U- oder R-Werte nach DIN EN ISO 13370 vergleichen – man vergleicht sonst „Äpfel mit Birnen“!

Im Innenbereich der Bodenplatte, d.h. mehr als 5 m vom nächstgelegenen Rand der Bodenplatte entfernt, darf auf eine Wärmedämmung unter der Bodenplatte verzichtet werden - was aber bedeutet, dass die Bodenplatte dann im EnEV-Nachweis in 2 Teilflächen mit unterschiedlichem U-Wert aufgeteilt werden muss. Hintergrund für den möglichen Verzicht ist, dass sich unter dem Gebäude ein „Wärmesee“ ausbildet und der Wärmeverlust über das Erdreich an die Außenluft auch bei einem ungedämmten Mittelbereich der Bodenplatte gering ist. Die Forderung der Tabelle 3 für den 5m-Randstreifen gilt dann auch und ist über den konstruktiven Wert entsprechend nachzuweisen. Dies gilt selbstverständlich auch dann, wenn die U-Werte erdberührter Bauteile im EnEV-Nachweis

nach DIN EN ISO 13370 eingesetzt werden – der konstruktive R-Wert nach Tabelle 3 muss im 5 m-Randbereich trotzdem eingehalten werden.

Ob die Bodenplatte niveaubündig mit dem umliegenden Gelände ausgeführt wird oder z.B. als Kellerfußboden unter Erdreichniveau liegt, ist hinsichtlich der 5m-Regel und der Mindestanforderung der Tabelle 3 unerheblich; die Forderung gilt unabhängig von einer eventuellen Anschüttung oder Eintauchtiefe. Von daher kann die 5m-Mindestbreite der Randdämmung auch nicht um die Eintauchtiefe der Bodenplatte reduziert werden. Im Einzelfall wäre es jedoch denkbar, ingenieurmäßig zu argumentieren. Mittels einer Berechnung nach DIN EN ISO 13370 und DIN EN ISO 10211 kann gezeigt werden, dass die vorhandene Erdanschüttung, kombiniert mit einer reduzierten Breite der Randdämmung, hinsichtlich des Mindestwärmeschutzes gleichwertig zur Normforderung von 5 m Einbindetiefe ohne Erdanschüttung ist. Dafür würde man in erster Linie auf einen Vergleich der resultierenden Oberflächentemperaturen der Bodenplatte im Randbereich abstellen (Schutz vor Fußkälte) [2].

Werte der Mindestanforderungen

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Mindestanforderungen an die verschiedenen Bauteilarten. Tabelle 3 enthält die Mindestanforderungen an homogene, massive Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse $\geq 100 \text{ kg/m}^2$.

Tabelle 2: Mindestanforderungen für unterschiedliche Bauteilarten.

Bauteilart	Beispiel	Mindestanforderungen Bauteilfläche (inklusive schlechtester flächiger Stelle)	Mindestanforderung an Wärmebrücken (bei beheizten Räumen) gilt für:
ein- und mehrschalige, homogene Bauteile mit $\geq 100 \text{ kg/m}^2$	Mauerwerk, massive Fertigteile, Massivholzwände	siehe Tabelle 3	Fläche und Ränder, Bauteilanschlüsse
ein- und mehrschalige, homogene Bauteile mit $< 100 \text{ kg/m}^2$	Mauerwerk, massive Fertigteile, Massivholzwände	$R \geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ (bei Wänden an Außenluft entspricht das $U \leq 0,52 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)	Fläche und Ränder, Bauteilanschlüsse
inhomogene nicht-transparente Bauteile	Skelett-, Rahmen- oder Holzständerbau, opake Pfosten-Riegel-Fassade	Gefach: $R_G \geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ UND gesamtes Bauteil im Mittel: $R_m \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	Fläche und Ränder, Bauteilanschlüsse Vorhangfassade: Anschlüsse an den Baukörper
transparente und teil-transparente Bauteile	Fenster, Fenstertüren, Fensterwände, Vorhangfassaden, Pfosten-Riegel-Konstruktionen, Glasdächer	opake Ausfachung und Paneele: $R_p \geq 1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($U_p \leq 0,73 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Rahmen: $U_f \leq 2,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nach DIN EN ISO 10077-1 Glas: mindestens Isolierglas oder 2 Glasscheiben (z. B. Verbund-/Kastenfenster).	Anschlüsse an den Baukörper
Rollladenkästen	Einbaurollladenkästen, Aufsatzrollladenkästen;	$R_{sb} \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($U_{sb} \leq 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) (U_{sb} wird auf die innere Ansichtsfläche = Innenschürze bezogen, nicht auf die Flächenabwicklung!) UND im Bereich des Innendeckels (auch bei Kästen mit Außenrevision): $R \geq 0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$	Fläche und Ränder / Bauteilanschlüsse (Sturz, Wandfläche, d.h. oben und seitlich; Blendrahmen).
	Vorsatz-Rollladenkästen, Mini-Aufsatzkästen.	Vorsatzkasten: Einfluss der Rahmenaufdoppelung ist im U_w -Wert des Fensters zu berücksichtigen. Mini-Aufsatzkasten: Einfluss (inkl. der Wärmebrücke am Anschluss des Kastens zum Blendrahmen) ist im U_w -Wert des Fensters zu berücksichtigen. Hinweis: Wärmeschutztechnische Eigenschaften von Vorsatzkästen und Miniaufsatzkästen können nur unter Miterfassung der Einbausituation angegeben und nachgewiesen werden.	Anschlüsse desisterelements inkl. Kasten an den Baukörper (Sturz, Wandfläche, d.h. oben und seitlich)

Eigentlich war geplant die Tabelle 3 um eine Alternativregelung zu ergänzen, so dass die Anforderung gemäß Tabelle als eingehalten gilt, wenn in der Fläche und an allen Kanten des betreffenden Bauteils ein Temperaturfaktor von $f_{Rsi} \geq 0,70$ eingehalten ist. Im veröffentlichten Entwurf 2011-10 der Norm enthielt die Tabelle eine entsprechende Zeile 7: "die Anforderung... entfällt, wenn an jeder Stelle der Bauteilfläche und an allen Kanten und Ecken die Anforderungen nach 6.2 eingehalten werden; für die Fläche gilt dabei die Mindest-Innenoberflächentemperatur wie für die Kante". Dies hätte einer gewollten, praktischen Ausdehnung des Gültigkeitsbereichs des bekannten Wärmebrückenkriteriums auf die Bauteilfläche entsprochen. Vorteil einer solchen Regelung wäre gewesen, dass der Nachweis der Einhaltung als „Nebenprodukt“ einer Wärmebrückenberechnung möglich gewesen wäre. Nachdem sich in der weiteren Bearbeitung aber herausstellte, dass eine solche „Öffnungsklausel“ die derzeitige Mindestanforderung für einige Bauteile des unteren Gebäudeabschlusses verwässern würde, wurde diese Option wieder gestrichen.

Tabelle 3: Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände von ein- und mehrschaligen homogenen Bauteilen mit einer flächenbezogenen Masse von $\geq 100 \text{ kg/m}^2$ (Tabelle 3 DIN 4108-2:2013-02)

Tabelle 3 — Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen

Spalte	1	2	3
Zeile	Bauteile	Beschreibung	Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils ^b R in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$
1	Wände beheizter Räume	gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen, nicht beheizte Räume (auch nicht beheizte Dachräume oder nicht beheizte Kellerräume außerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche)	1,2 ^c
2	Dachschrägen beheizter Räume	gegen Außenluft	1,2
3	Decken beheizter Räume nach oben und Flachdächer		
3.1		gegen 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	0,90
3.4		zu Räumen zwischen gedämmten Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen	0,35
4	Decken beheizter Räume nach unten		
4.1 ^a		gegen Außenluft, gegen Tiefgarage, gegen Garagen (auch beheizte), Durchfahrten (auch verschließbare) und belüftete Kriechkeller	1,75
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	
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 3 erfüllen	0,07
5.2		Wände zwischen beheiztem Raum und indirekt beheiztem Treppenraum, wenn nicht alle anderen Bauteile des Treppenraums die Anforderungen der Tabelle 3 erfüllen.	0,25
5.3		oberer und unterer Abschluss eines beheizten oder indirekt beheizten Treppenraumes	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
^a Vermeidung von Fußkälte. ^b bei erdberührten Bauteilen: konstruktiver Wärmedurchlasswiderstand ^c bei niedrig beheizten Räumen $0,55 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$			

5 Mindestwärmeschutz von Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Stellen in der Umhüllung eines Gebäudes, an denen es durch die Konstruktion zu einem örtlich erhöhten Wärmedurchgang kommt. Daraus resultieren örtliche Unterschiede in der Temperatur der Innen- und der Außenoberflächen der Konstruktion. Im Winter kommt es an Wärmebrücken daher zu einem erhöhten Wärmeverlust. Zusätzlich kann es zu deutlich verringerten Innenoberflächentemperaturen kommen, und in der Folge zu Kondensatanfall und Schimmelbildung. Deshalb sind Wärmebrücken aus energetischer Sicht, vor allem aber aus Bauqualitäts- und Hygienegesichtspunkten zu vermeiden oder in ihrem Einfluss zu begrenzen. Mit steigendem Dämmstandard kommt den Wärmebrücken im Planungsprozess, bei der Gebäudeerstellung und bei der Bewertung eines Gebäudes eine zunehmende Bedeutung zu. Zur Vermeidung von Wärmebrücken gilt generell die Empfehlung, die dämmende Schicht so vollständig und lückenlos wie möglich um das beheizte Gebäudevolumen zu legen. Die dämmenden Schichten benachbarter Bauteile sollten lückenlos und ohne Dickenverminderung ineinander übergehen (Prinzip der durchgehenden Dämmebene). Grundsätzlich gilt: Das Schimmelrisiko an Wärmebrücken ist umso geringer, je besser die flächigen Bauteile wärmegeklämt sind. Dies gilt auch für die Sanierung bestehender Gebäude. Allerdings ist bei Innendämmungen eine gründliche Vorab-Analyse eines Kondensatausfalls im Bereich der Bauteilschichten und der Feuchtesituation Pflicht [3].

Anforderungen an f_{Rsi} -Wert bei zwei- und dreidimensionalen Wärmebrücken

Zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung müssen seit der Ausgabe 2001-03 der DIN 4108-2 alle linienförmigen Bauteilanschlüsse zwischen benachbarten Bauteilen an der ungünstigsten Stelle Kante der Innenoberfläche eine normierte Temperaturdifferenz $f_{Rsi} \geq 0,70$ einhalten. Ist dieser Wert eingehalten, so ist das Risiko der Schimmelbildung durch konstruktive Maßnahmen verringert, so dass bei „üblichen Bedingungen“ weder eine Kondensatbildung noch ein Schimmelpilzbefall an der Bauteiloberfläche zu erwarten ist. „Bei üblichen Bedingungen“ heißt: bei ausreichender, gleichmäßiger Beheizung, ausreichender Lüftung der Räume, einer weitgehend ungehinderten Luftzirkulation an den Außenwandoberflächen (leichte Gardinen sind tolerierbar), unter Zugrundelegung üblicher Nutzung und unter den im DIN 4108-2 angegebenen Randbedingungen.

Die entsprechende Forderung $f_{Rsi} \geq 0,70$ in Kapitel 6.2 der bisherigen Fassung der DIN 4108-2: 2003-07 bezieht sich nach ausdrücklicher Feststellung des zuständigen DIN-Arbeitsausschusses auf die zweidimensionale Betrachtung, d.h. auf die ungünstigste Stelle im zweidimensionalen Schnitt durch die Kante, nicht jedoch auf Ecken. Für Ecken bestand bisher keine zahlenmäßige Anforderung in der Norm. Die Neuausgabe 4108-2:2013-02 schließt nun diese Regelungslücke, indem die zahlenmäßige Anforderung an die zweidimensionale Kante auch für die dreidimensionale Ecke postuliert wird. Ganz absichtlich wird dabei das Unbedenklichkeitskriterium für die Ecke so formuliert, dass diese in den meisten Fällen nachweisfrei gestellt ist. In der DIN 4108-2:2013-02 heißt es hierzu

„Ecken können ohne weiteren Nachweis als unbedenklich hinsichtlich Schimmelbildung angesehen werden, wenn sie aus Kanten gebildet werden, die ihrerseits unbedenklich hinsichtlich Schimmelbildung sind (also $f_{Rsi} \geq 0,70$ einhalten), und wenn gleichzeitig keine darüber hinausgehende Störung der Dämmebene vorhanden ist, d.h. wenn die dämmende Schicht im Bereich der Ecke unterbrechungsfrei geführt ist. Im Umkehrschluß bedeutet dies, dass 4 Dinge für eine Ecke zusammenkommen müssen, damit ein rechnerischer Nachweis erforderlich wird: 3 Kanten, und als 4. Element eine Unterbrechung oder Störstelle der dämmenden Schicht im Bereich der Ecke.“

Die 3 Kanten, die sich an der Ecke treffen, müssen ohnehin jede für sich das Schimmelkriterium für längenbezogene Wärmebrücken einhalten, sonst wären sie unzulässig. Von daher steht eine Ecke erst dann zur Prüfung an, wenn vorher die 3 Kanten als unbedenklich hinsichtlich Schimmelbildung geprüft wurden. Sind aber die 3 Kanten „in Ordnung“ und ist im Eckbereich keine darüber hinausgehende Störung der Dämmebene vorhanden, gilt die Ecke ohne weiteren Nachweis ebenfalls als „in Ordnung“. Was mit der zusätzlichen Störung der Dämmebene im Eckbereich gemeint ist zeigen die die Bilder 1 bis 6.

Wäre dieses Unbedenklichkeitskriterium nicht in die Norm aufgenommen worden, hätte dies zur Folge gehabt, dass über kurz oder lang für alle Ecken die Notwendigkeit eines dreidimensionalen Wärmebrückennachweises (hinein-)interpretiert worden wäre. Dies konnte jedoch nicht im Sinne des Ausschusses sein. Die deutliche Verkomplizierung der Wärmebrückenplanung (aufgrund der erforderlichen, dreidimensionalen Berechnungen) hätte zu einer deutlichen Verteuerung dieser Planungsleistung geführt und damit einen unangemessen hohen Nachweisaufwand bedeutet, weil der Eingabeaufwand einer dreidimensionalen Wärmebrückenberechnungen deutlich höher als für die üblichen zweidimensionalen Berechnungen ist. Und nicht zuletzt bewältigt auch eine Vielzahl der am Markt erhältlichen Wärmebrückenprogramme nur zweidimensionale Berechnungen.

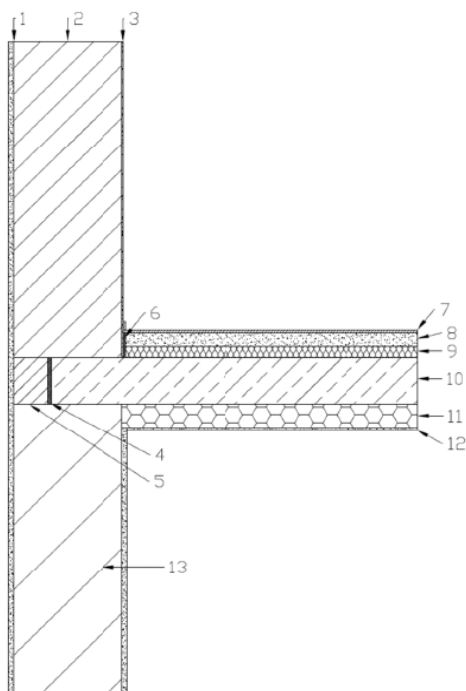
Im Einzelnen gelten die in Tabelle 4 dargestellten Regelungen für zwei- und dreidimensionale Wärmebrücken hinsichtlich des minimalen Oberflächentemperaturfaktors f_{Rsi} an der schlechtesten Stelle der Innenseite. Zu Wärmebrückenanforderungen bei verschiedenen Rolladenkästen siehe Tabelle 4, Zeile 3 der Kanten, sowie Tabelle 5.

Tabelle 4: Anforderungen an f_{Rsi} im Bereich von Wärmebrücken nach DIN 4108-2:2013-02

Wärmebrücke	Beispiel	Anforderung	Hinweis
Kanten, linienförmige Wärmebrücke, linienförmiger Bauteilanschluß	Anschluss entspricht DIN 4108 Beiblatt 2 (dort beispielhaft dargestellt, oder Gleichwertigkeit gegeben)	nachweisfrei	$f_{Rsi} \geq 0,70$ gilt ohne Nachweis als eingehalten
	Kanten aus 2 Bauteilen, die beide Tabelle 3 einhalten, UND mit durchgehend geführter Dämmebene	nachweisfrei	$f_{Rsi} \geq 0,70$ gilt ohne Nachweis als eingehalten
	Anschlussstelle zwischen Bauelement und Baukörper, und zwar für die Bauelemente: Fenster, Fenstertüren, Fensterwände, Dachflächenfenster, Oberlichter, Türen, Vorhangfassaden, Pfosten-Riegel-Konstruktionen, inklusive eventueller Mini-Aufsatzkästen, inklusive eventueller Rahmenverbreiterungen hinter Vorsatz-Rollladenkästen	$f_{Rsi} \geq 0,70$	Anforderung gilt nur an den Außenkanten des Elements zum Baukörper, nicht innerhalb des Elements an den Fugen zwischen einzelnen Bestandteilen des Elements
	alle anderen, verbleibenden Kanten	$f_{Rsi} \geq 0,70$	gilt generell
	Mörtelfugen von Mauerwerk nach DIN 1053-1	nachweisfrei	es braucht kein Nachweis für f_{Rsi} geführt zu werden
	auskragende Balkonplatte, Attika, Wände mit $\lambda > 0,5 \text{ W/(m-K)}$,	sind ohne zusätzliche Wärmedämmmaßnahmen unzulässig	wenn sie in den ungedämmten Dachbereich oder ins Freie ragen
Ecken	aus Kanten, die - selber DIN 4108 Beiblatt 2 einhalten, oder - bei denen die Bauteile die Tabelle 3 einhalten und die Dämmebene in der Kante durchgehend geführt ist, oder - die $f_{Rsi} \geq 0,70$ einhalten, oder - oder aus einer Kombination der oben genannten Kanten UND bei denen im Eckbereich die Dämmebene durchgehend geführt ist und keine zusätzliche Störung aufweist (z.B. keine Durchdringung der Dämmebene)	nachweisfrei	$f_{Rsi} \geq 0,70$ gilt ohne Nachweis als eingehalten
	alle anderen Ecken (z.B. solche mit einer Durchdringung der Dämmebene im Eckbereich z.B. durch eine Stütze)	$f_{Rsi} \geq 0,70$	gilt generell; kann in diesem Ausnahmefall nur durch dreidimensionale Berechnung nachgewiesen werden
sonstige punktförmigen Wärmebrücken	übliche Verbindungsmittel, wie z. B. Nägel, Schrauben, Drahtanker, Verbindungsmittel zum Anschluss von Fenstern an angrenzende Bauteile	nachweisfrei	es braucht kein Nachweis für f_{Rsi} geführt zu werden. Energetischer Einfluss: Immer wiederkehrende, punktförmige Wärmebrücken innerhalb der Bauteilfläche (z.B. Dübel bei WDVS, Anker und Konsolen bei VHF; Verankerungsschrauben in Aufsparrendämmungen etc.) sowie immer wiederkehrende, linienförmige Wärmebrücken innerhalb der Bauteilfläche (z.B. in Vorhangfassaden, Pfosten-Riegel-Konstruktionen; Schienen in VHF) sind im U-Wert der betreffenden Bauteilfläche zu berücksichtigen.
	vereinzelt auftretende, z.B. punktuelle Balkonaufleger, Vordachabhängungen, Markisenbefestigungen etc.	$f_{Rsi} \geq 0,70$	Energetischer Einfluss: darf im EnEV-Nachweis wegen der begrenzten Flächenwirkung vernachlässigt werden



Bild 1 Außenansicht der Ecke mit nicht durchgehend geführter Dämmebene. Die Ecke wird gebildet durch das Zusammentreffen der 3 Kanten Außenwand/Außenwand, seitliche Außenwand/Decke über Eingang, Giebelwand/Decke über Eingang. Die Stütze durchdringt die Dämmebene im Bereich der Ecke; sie stellt den 4. Aspekt dar. Für diese Ecke ist ein dreidimensionaler rechnerischer Nachweis erforderlich, um den Nachweis Schimmelkriterium zu erbringen. Quelle [4].



gemessene Wärmebrücke		
Wandaufbau		Dicke in mm
1	Putz	20
2	Ziegel WLG 090	365
3	Putz	10
4	Mineralwolle WLG 040	10
5	Schalungsziegel	115
6	Randdämmstreifen	10
7	Laminatboden	10
8	Trittschall	40
9	Estrich	45
10	Betondecke	160
11	Perimeter Dämmung WLG 040	80
12	Putz	10
13	Ziegelstütze	365

Bild 2 Konstruktionsdetail und Aufbau der Ecke. Quelle: [4]. Deutlich erkennbar ist die Unterbrechung der Dämmebene durch die Stütze im Bereich der Ecke. Im Bereich der Kante zwischen Außenwand und Decke nach unten ist die Wärmedämmung auf der Unterseite der Decke bis zur Außenkante vorgeführt. Insofern würde hier sogar dann eine Unterbrechung der Dämmebene vorliegen, wenn die Ziegelstütze aus denselben Ziegeln wie die Außenwand bestände (was sie nicht tut). Übrigens bestätigt im vorliegenden Fall die Wärmebrückenberechnung die Einhaltung des Schimmelkriteriums für diese Ecke.

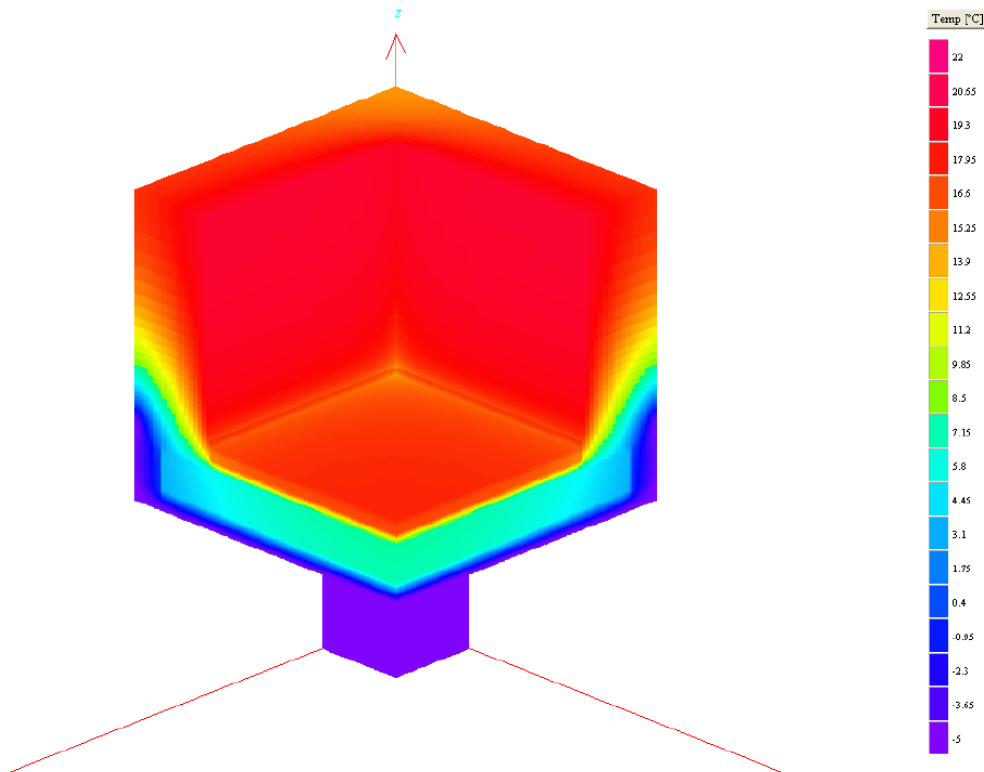


Bild 3 Temperaturverlauf im Bereich der Ecke (Blick von innen in die Ecke) bei stationärer Berechnung nach DIN 4108-2:2013-02. Quelle: [4].



Bild 4 Ansicht einer abgehängten Decke EG/OG über einer ebenerdigen Tiefgarageneinfahrt, mit geöffneten Deckenfeldern. Das Erdgeschoß ist in diesem Bereich komplett offen. Die mittlere Betonstütze stellt eine Durchdringung der Dämmschicht im Eckbereich dar, die linke Betonstütze durchdringt die Dämmung innerhalb der Fläche der Decke, die rechte Stütze an der Kante zwischen Decke und Außenwand. Quelle: [5].



Bild 5 Blick in den geöffneten Hohlraum der abgehängten Decke. Die ungedämmte Betonstütze durchdringt die Wärmedämmung an der Unterseite der Decke vom 1. OG nach unten zur ebenerdigen Tiefgarageneinfahrt. Quelle: [5].

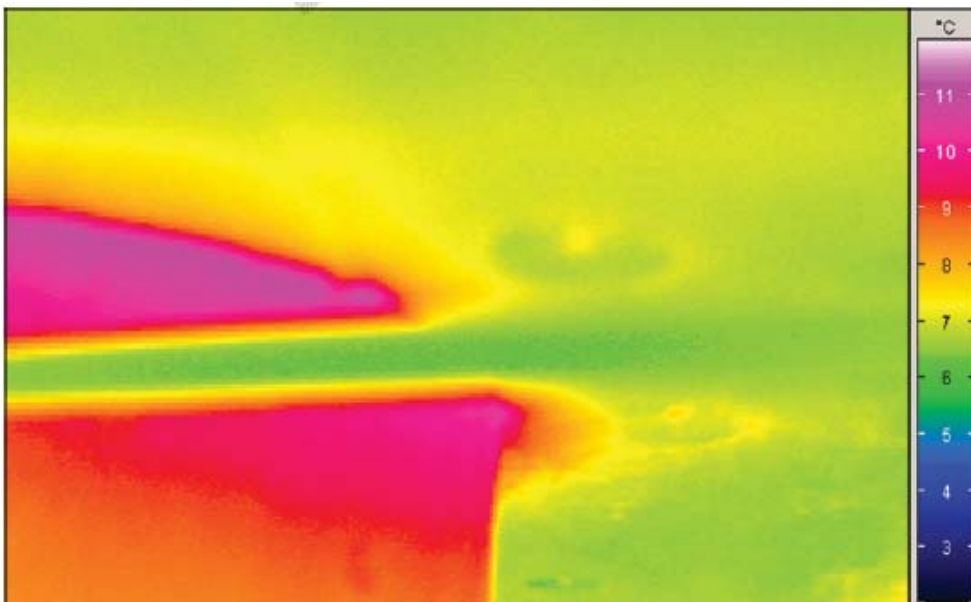


Bild 6 Thermografie des eingekreisten oberen rechten Bereichs der Betonstütze. Deutlich erkennbar ist die relativ hohe Temperatur der Stütze an der Stelle, wo sie nach unten die Wärmedämmung durchdringt. Die Außenlufttemperatur zum Zeitpunkt der Aufnahme betrug ca. -5°C. Quelle: [5].

Tabelle 5: Wärmebrückenanforderungen bei Rollladenkästen. Der Vorsatzkasten ist vor eine Rahmenverbreiterung gesetzt und liegt komplett außerhalb der thermischen Hülle. In allen Fällen müssen außerdem die Einbaufugen des Fensterelements an den Baukörper (seitlich und unten; beim Vorsatzkasten auch der seitliche und obere Anschluß der Rahmenverbreiterung an den Baukörper) die Forderung $f_{Rsi} \geq 0,70$ einhalten.

Typ Rollladenkasten	Nachweis der Anforderung $f_{Rsi} \geq 0,70$ für Anschlüsse Rollladenkasten		
	Kasten nach oben (Sturz)	Kasten seitlich an Baukörper	Kasten unten an Blendrahmen
Einbau	ja	ja	ja
Aufsatz	ja	ja	ja
Mini-Aufsatz	ja	ja	(gehört zum Fensterelement)
Vorsatz	Rahmenverbreiterung nach oben: ja	Rahmenverbreiterung seitlich an Baukörper: ja	(gehört zum Fensterelement)

Definition von Ecken und Kanten

In diesem Zusammenhang definiert die Norm auch „Kanten“ und „Ecken“, um ein einheitliches Verständnis sicherzustellen. Kanten sind

- „linienförmige Anschlüsse zwischen zwei flächigen Bauteilen“, d.h. zweidimensionale Wärmebrücken, und
- Ecken sind „Stellen, an denen drei flächige Bauteile zusammenstoßen, bzw. Stellen, an denen sich mehrere linienförmige Wärmebrücken zu einer punktförmigen vereinen“, d.h. dreidimensionale Wärmebrücken.
- Verbindungsmittel (Nägeln, Schrauben, Drahtanker etc.), punktuelle Balkonaufleger, Vordachabhängungen etc. sind weitere dreidimensionale Wärmebrücken.

Randbedingungen für die rechnerische Überprüfung des Schimmelrisikos

Für die Überprüfung des Schimmelrisikos legt die DIN 4108-2 folgende stationäre Randbedingungen für die zwei- oder dreidimensionale numerische Berechnung fest:

- Innenluft 20°C und 50% relative Luftfeuchte
- Außenluft -5°C
- auf der sicheren Seite liegende, kritische, zugrunde gelegte Luftfeuchte nach DIN EN ISO 13788 für Schimmelpilzbildung auf der Bauteiloberfläche $\varphi_{si} = 80 \%$
- für abweichende Nutzungsrandbedingungen sind die erforderlichen Maßnahmen zur Schimmelvermeidung anhand des Raumklimas festzulegen
- Wärmeübergangswiderstand innen $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$. Der Wert ist gegenüber dem Standardwert $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ der U-Wert-Berechnung für Wände fast verdoppelt (bzw. der Wärmeübergangskoeffizient nahezu halbiert), um den verminderten Wärmeübergang in Kanten und Ecken und hinter leichten Vorhängen und Gardinen zu berücksichtigen. $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ gilt für alle Innenoberflächen, wenn das Berechnungsziel die minimale Innenoberflächentemperatur zur Schimmelbeurteilung ist. Die Ausnahme zu dieser Regel sind transparente und teiltransparente

Bauteile, d.h. Fenster, Fenstertüren etc. Bei diesen wird nach DIN EN ISO 13788 auf der Innenseite von Glas und Rahmen weiterhin $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ angesetzt, weil für diese Flächen von ungehinderter Luftzirkulation ausgegangen wird.

- Wärmeübergangswiderstand außen $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (gilt auch für den Wärmeübergangswiderstand des Erdkörpers an die Außenluft bei erdberührten Bauteilen)
- Wärmeübergangswiderstand auf der Rückseite des Bauteils, wenn die Rückseite nicht an Außenluft grenzt: 0,13 bzw. 0,10 bzw. 0,17 $\text{m}^2\text{K/W}$ nach DIN EN ISO 6946 je nach Wärmestromrichtung.
- Temperaturrandbedingungen auf der Außenseite/Rückseite des Bauteils: siehe Tabelle 6

Tabelle 6: Temperaturrandbedingungen auf der Rückseite/Außenseite des Bauteils für die Berechnung der Oberflächentemperatur an Wärmebrücken

Gebäudeteil bzw. Umgebung an der Außenseite/Rückseite des Bauteils	Temperatur	Hinweis	Alternative 1	Alternative 2	Wärmeübergangswiderstand auf der Außenseite/ Rückseite des Bauteils
Außenluft	- 5°C	—	—	—	0,04 $\text{m}^2\text{K/W}$
Unbeheizter Keller	10°C	—	bestimmungsgemäße Innentemperatur des Kellers	Berechnung nach DIN EN ISO 10211 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370 oder DIN EN ISO 13789	0,17 $\text{m}^2\text{K/W}$
Erdreich	10°C	an der unteren Modellgrenze nach DIN EN ISO 10211, Tabelle 1 (mindestens 1 m unterhalb der Bodenplatte, aber mindestens 3 m unter Geländeneiveau)	—		0 (Null) an der Kontaktfläche zum Erdreich; 0,04 $\text{m}^2\text{K/W}$ an der Oberfläche des Erdkörpers zu Außenluft
Unbeheizte Pufferzone	10°C	—	bestimmungsgemäße Innentemperatur der Pufferzone		0,13 bzw. 0,10 bzw. 0,17 $\text{m}^2\text{K/W}$ je nach Richtung des Wärmestroms
Unbeheizter Dachraum; Tiefgarage	-5°C	—	bestimmungsgemäße Innentemperatur des Dachraums bzw. der Tiefgarage		Dachraum: 0,10 bzw. 0,13 $\text{m}^2\text{K/W}$. Tiefgarage: 0,04 $\text{m}^2\text{K/W}$ (um die ungünstigste Situation an Ein- und Ausfahrt und an Lüftungsöffnungen der Tiefgarage zu erfassen)

Temperaturfaktor f_{Rsi}

Der Temperaturfaktor f bzw. f_{Rsi} ist eine normierte Temperaturdifferenz, d.h. ein Verhältnis zwischen zwei Temperaturdifferenzen. Er ist definiert als die Temperaturdifferenz zwischen der Innenraumluft und der Innenoberfläche des Bauteils, bezogen auf die Gesamttemperaturdifferenz zwischen der Innen- und der Außenluft. Der Index R_{si} zeigt an, dass man im Rechengang einen „speziellen“ Wärmeübergangswiderstand auf der Innenseite der Wand verwendet, nämlich einen erhöhten inneren Wärmeübergangswiderstand von $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$. Durch den erhöhten R_{si} -Wert liegt das

Temperaturergebnis niedriger und damit „auf der sicheren Seite“. f_{Rsi} ist im internationalen Normenwerk in DIN EN ISO 10211 definiert. Für den Nachweis der Schimmelfreiheit betrachtet man bei stationärer Betrachtung die Temperatur an der kältesten Stelle der Innenoberfläche, bei der die relative Luftfeuchte an der Innenoberfläche auf 80 % ansteigt. Dies ist bei einem f_{Rsi} -Wert von 0,70 der Fall. Für f_{Rsi} -Werte unter 0,70 liegt die relative Luftfeuchte an der Innenoberfläche über 80 %, für f_{Rsi} -Werte über 0,70 liegt sie unter 80 % und damit im unkritischen Bereich. Damit ergibt sich $f_{Rsi} \geq 0,70$ als einzuhaltendes Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum auf Bauteil-Innenoberflächen. Für die o.g. Randbedingungen der DIN 4108-2 entspricht dies (d.h. die 80 % Grenze relative Luftfeuchtigkeit) einer minimalen Innenoberflächentemperatur von 12,6 °C. Damit gilt für die Zwecke der DIN 4108-2 die Gleichung:

$$f_{Rsi} = (\text{minimale Innenoberflächentemperatur} - (-5\text{ °C})) / (20\text{ °C} - (-5\text{ °C}))$$

$f_{Rsi} \geq 0,70$ bzw. die minimale Innenoberflächentemperatur von 12,6 °C gilt nur für den rechnerischen Wärmebrückennachweis unter den vorgenannten stationären Annahmen, nicht aber für die Überprüfung der Oberflächentemperatur in bestehenden Gebäuden durch Kurzzeitmessungen z.B. mittels Infrarotthermometer, Oberflächentemperaturfühler oder Infrarot-Kamera (siehe dazu auch DIN-Fachbericht 4108-8).

6 Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen

Die Anforderungen der Norm an die Luftdichtheit von Außenbauteilen wurden an das geänderte Normenwerk angepaßt, blieben aber ansonsten unverändert; siehe Tabelle 7.

Tabelle 7: Anforderungen an die Luftdichtheit von Bauteilen der thermischen Hüllfläche

Bauteil	Anforderung	Hinweise
Fugen in der thermischen Hüllfläche, z.B. zwischen Fertigteilen, oder zwischen Ausfachungen und Tragwerk	dauerhaft und luftundurchlässig nach dem Stand der Technik	siehe auch DIN 4108-7 und DIN 18540
zusammengesetzte Bauteile oder Bauteilschichten, z.B. Holzschalungen	luftdicht	unter Beachtung von DIN 4108-7
Bauteilanschlussfugen	Luftdurchlässigkeit $< 0,1 \text{ m}^3/(\text{m h (daPa)}^{2/3})$	aus Messergebnissen abgeleitet
Funktionsfugen von Fenstern und Fenstertüren bei Gebäuden mit 1 oder 2 Vollgeschossen	Luftdurchlässigkeit mindestens Klasse 2 nach DIN EN 12207	bei Gebäuden mit bis zu 2 Vollgeschossen
	Luftdurchlässigkeit mindestens Klasse 3 nach DIN EN 12207	bei Gebäuden mit mehr als 2 Vollgeschossen
Funktionsfugen von Außentüren	Luftdurchlässigkeit mindestens Klasse 2 nach DIN EN 12207	—

Zitierte Normen und Literatur

Zitierte, übernommene oder abgeänderte Stellen aus den besprochenen Normen sind nicht gekennzeichnet. Abschnitte aus den Quellen [1] bis [3] wurden mit Änderungen übernommen und durch Quellenhinweise am Ende der übernommenen Abschnitte gekennzeichnet.

- [1] Spitzner M. H., Sprengard C.: Wärmeschutz. In: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. (Hrsg): Kalksandstein – Planung, Konstruktion, Anwendung; 5., überarbeitete Auflage. Düsseldorf: Verlag Bau+Technik GmbH, 2009. Herunterladbar unter www.kalksandstein.de als Themenheft Nr. 12 Wärmeschutz.
- [2] Spitzner M. H.: Berechnung der thermischen Hüllfläche. In: Autorenkollektiv: dena-Praxisleitfaden Energetische Gebäudebilanzierung nach DIN V 18599. Berlin: dena Deutsche Energie-Agentur 2011.
- [3] Spitzner M. H., Sprengard C., Simon H.: Kalksandstein-Wärmebrücken-katalog. Hrsg: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., Hannover. Düsseldorf: Verlag Bau+Technik 2011.
- [4] Brunner W.: Dynamische 3D-Wärmebrückenberechnung von Raumecken in unterschiedlichen Bauweisen und deren Einfluss auf die Schimmelbildung mit messtechnischer Messung und Validierung. Masterarbeit an der Technischen Universität München, Studiengang Bauingenieurwesen, September 2011.
- [5] Spitzner M. H.: Dauerthema Wärmebrücken – Praxishinweise zur Anwendung von DIN 4108 Beiblatt 2 und zum energetischen Einfluß von Wärmebrücken. Bauphysik 27 (2005) Heft 5, S. 246-252.
- [6] DIN 4108-2:2013-02: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Berlin: Beuth-Verlag 2013.
- [7] DIN-Fachbericht 4108-8:2010-09 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden. Berlin: Beuth-Verlag 2010.
- [8] Kommentar zur Produktnorm DIN EN 14351-1 „Fenster und Außentüren“
Rosenheim: Verlag ift Rosenheim

Infos zum Autor



Dr. Martin H. Spitzner

ist im ift Rosenheim als Geschäftsführer zuständig für den Laborbereich, die Forschungsabteilung sowie die ift Akademie. Als promovierter Bauphysiker ist er auch in diversen Normungsgremien von DIN, CEN und ISO vertreten, beispielsweise der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“, der DIN 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ sowie als Obmann des Ausschusses NABau 00.89.01 „Wärmedurchgang. Abgerundet wird sein Kompetenzprofil durch seine Lehrtätigkeit an der Freien Universität Bozen und der TU München am Lehrstuhl für Bauphysik.