



Innendämmung mit Holzfaserdämmplatten

Anwendung unter besonderer Berücksichtigung
von Wärmebrücken

Inhalt

<p>Seite 4 1 _ Einleitung und Abgrenzung</p> <p>6 2 _ Innendämmung statt Fassadendämmung</p> <p>6 2.1 _ Vorteile</p> <p>7 2.2 _ Klassifizierung der ID-Systeme</p> <p>8 2.3 _ Empfohlene Dämmstoffdicken</p> <p>8 2.4 _ Klassifizierung der Wasserdampfdurchlässigkeit</p> <p>9 3 _ Kondensat tolerierende ID-Systeme</p> <p>9 3.1 _ Besonderheiten und Vorteile</p> <p>10 3.2 _ Bautechnische und bauphysikalische Produkteigenschaften</p> <p>11 3.3 _ Typischer Aufbau eines Kondensat tolerierenden ID-Systems</p> <p>12 3.4 _ Hinweise zum Baurecht</p> <p>12 3.5 _ Wareneingang, Transport und Lagerung</p> <p>13 3.6 _ Planen und Ausführen</p> <p>13 3.6.1 _ Vorbereitende Maßnahmen</p> <p>13 3.6.2 _ Untergrundvorbereitung</p> <p>13 3.6.3 _ Montage Dämmplatten</p> <p>14 3.6.4 _ Applikation Putzbeschichtung</p> <p>15 3.6.5 _ Befestigen von leichten und schweren Lasten</p> <p>17 3.6.6 _ Elektro- und Sanitärinstallationen</p> <p>18 3.6.7 _ Flächenheizungen</p> <p>19 4 _ Innendämmsysteme mit Holzfaserdämmplatten im Regelquerschnitt</p> <p>19 4.1 _ Grundlagen</p> <p>20 4.2 _ Berechnungsrandbedingungen</p> <p>22 4.3 _ Bewertung des Regelquerschnitts</p> <p>22 4.3.1 _ Bewertungsgrößen</p> <p>23 4.3.2 _ Ergebnisse</p>	<p>Seite 26 5 _ Bauteilanschlüsse</p> <p>26 5.1 _ Grundlagen</p> <p>28 5.1.1 _ Kennwerte und Anforderungen an Wärmebrücken</p> <p>30 5.1.2 _ Berücksichtigung von Wärmebrücken im GEG-Nachweis</p> <p>31 5.1.3 _ Besonderheiten zu Wärmebrücken bei Innendämmung</p> <p>32 5.2 _ Randbedingungen zur Berechnung und Bewertung</p> <p>32 5.2.1 _ Berechnungssystematik</p> <p>32 5.2.2 _ Materialien und Konstruktionen</p> <p>34 5.2.3 _ Auswahl der Bauteilanschlüsse</p> <p>36 5.2.4 _ Bewertungssystematik</p> <p>38 5.3 _ Bewertung der Bauteilanschlüsse</p> <p>38 _ Übersicht Bauteilanschlüsse</p> <p>39 5.3.1 _ Außenecke der Außenwand</p> <p>40 5.3.2 _ Innenwand an Außenwand</p> <p>41 5.3.3 _ Gebäudetrennwand an Außenwand</p> <p>42 5.3.4.1 _ Einbindende Geschossdecke aus Stahlbeton in Außenwand</p> <p>43 5.3.4.2 _ Einbindende Geschossdecke aus Stahlbeton in Außenwand Alternativausführung</p> <p>44 5.3.5.1 _ Kellerdecke im / über Erdreich an Außenwand (Keller unbeheizt)</p> <p>45 5.3.5.2 _ Kellerdecke im / über Erdreich an Außenwand (Keller unbeheizt) Alternativausführung</p> <p>46 5.3.6 _ Fensteranschluss Sturz mit Betonunterzug</p> <p>47 5.3.7 _ Fensteranschluss Laibung / Brüstung ohne Fensterbank (Horizontalschnitt)</p>
---	---

Seite 48	5.3.8.1	_ Traufseitige Außenwand an obere Geschossdecke (Dach unbeheizt)	Seite 66	6	_ Zusammenfassende Bewertung und Fazit
49	5.3.8.2	_ Traufseitige Außenwand an obere Geschossdecke (Dach unbeheizt) Alternativausführung	66	6.1.1	_ Regelquerschnitt
50	5.3.9	_ Giebelwand an Sparrendach (beheizter Dachraum)	68	6.1.2	_ Bauteilanschlüsse
51	5.3.10.1	_ Außenwand an Flachdach mit Attika aus Stahlbeton	73		_ Tabellenverzeichnis
52	5.3.10.2	_ Außenwand an Flachdach mit Attika aus Stahlbeton Alternativausführung	74		_ Literatur
53	5.3.11.1	_ Kellerwand im Erdreich an Kellerdecke (Keller beheizt)	75		_ Impressum, Abbildungen
54	5.3.11.2	_ Kellerwand im Erdreich an Kellerdecke (Keller beheizt) Alternativausführung			
55	5.3.12	_ Kellerwand an Bodenplatte			
56	5.3.13	_ Holzbalkendecke			
57	5.4	_ Bewertung von Teilsanierungen mit Innendämmung			
58	5.4.1.1	_ Gebäudetrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung beheizt)			
59	5.4.1.2	_ Gebäudetrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung unbeheizt)			
60	5.4.2.1	_ Rauntrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung beheizt)			
61	5.4.2.2	_ Rauntrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung unbeheizt)			
62	5.4.3	_ Unten gedämmte Geschossdecke an Außenwand (oberer Raum unbeheizt)			
63	5.5	_ Beispielhafte Optimierungsmöglichkeiten punktförmiger Bauteilanschlüsse			

1 _ Einleitung und Abgrenzung

Innendämmung und Holzfaser – das passt!

In Deutschland gibt es etwa 15 Millionen Wohngebäude, deren energetischer Standard dem des Jahres 1980 oder früher entspricht. Das ist im Hinblick auf die Belastung des Klimas und den unnötigen Ressourcenverbrauch inakzeptabel. Ein schlechter energetischer Standard belastet die Bewohner mit zunehmend steigenden Energiekosten und führt nicht selten zu deutlichen Komforteinbußen.

Auch für die Gebäude, die aus anderen Gründen saniert werden müssen, besteht die Notwendigkeit einer energetischen Ertüchtigung.

Naheliegender ist die energetische Sanierung der Außenwände, da zum einen ein erheblicher Teil der Energie über diese verlorengeht und zum anderen die thermische Behaglichkeit raumseitig verbessert wird. In vielen Fällen ist eine Außendämmung der Fassade jedoch nicht oder nur sehr schwierig möglich. Denkmalsgeschützte Fassaden oder Außenwände, die aufgrund von Anbauten nicht oder nur schwer zugänglich sind, erlauben keine außenseitige Dämmung. Hier ist die Innendämmung (ID) gefragt.

Die Innendämmung galt viele Jahrzehnte als Nischenprodukt, was vorwiegend den komplex zu beherrschenden hygrothermischen Vorgängen geschuldet war. So besteht an der Grenzschicht zwischen Bestandswand und Innendämmung eine potentielle Gefährdung durch Tauwasser. Die Holzfaserdämmung kann mit ihren Eigenschaften diese Gefährdung minimieren.

Holzfaserdämmstoff ist diffusionsoffen und kapillaraktiv und kann dadurch die in das System diffundierende Feuchte managen. D.h. der eintretende Wasserdampf wird aufgenommen, gepuffert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder abgegeben. Holzfaser-Innendämmsysteme (Holzfaser-ID-Systeme) übernehmen durch ihre hohe Diffusionsoffenheit in Verbindung mit einem hohen Feuchteaufnahme- und -abgabevermögen die Funktion eines Feuchtemanagers. Dies bestätigen die umfangreichen Erfahrungen der letzten Jahre und eine Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen an renommierten Instituten, die Holzfaser-ID-Systemen ein hohes Maß an bauphysikalischer Sicherheit bescheinigen.

Die Veröffentlichung bietet Planern, Architekten und Verarbeitern eine umfassende und verständliche Praxishilfe, mit der sie Wärmebrücken sicher bewerten und damit technisch robuste und bauphysikalisch sichere Konstruktionen planen können.

Abgrenzung

Unter Innendämmung lassen sich unterschiedliche Bauteil-Dämmmaßnahmen zusammenfassen:

- Außenwand mit raumseitig angeordneter Dämmung
- Kellerinnenwand (Trennwand zum unbeheizten Keller)
- oberste Geschossdecke mit unterseitig angeordneter Dämmung
- Dachflächen mit unterseitig platzierter Dämmung

Gemeinsam ist den oben genannten Dämmmaßnahmen, dass die betreffenden Bauteile zur wärmeabgebenden Hüllfläche zählen und die Anordnung der Dämmung im Gebäudeinneren erfolgt.

Grundsätzlich lassen sich ID-Systeme auf fast allen Baustoffen aufbringen, sofern in der Bestandswand ein ausreichender Schutz gegen Feuchteintrag von außen gegeben ist. Eine größere Marktbedeutung haben ID-Systeme im Allgemeinen und solche aus Holzfaserdämmplatten im Besonderen bei mineralischen Untergründen sowie bei Holzfachwerkwänden.

In dieser Broschüre werden ausschließlich vollflächig auf mineralische Untergründe geklebte ID-Systeme mit Holzfaserdämmplatten dargestellt.

Das Aufbringen einer Innendämmung hat eine wesentliche Veränderung des hygrothermischen Verhaltens der Bestandskonstruktion zur Folge und sollte daher sorgfältig geplant sein. Das betrifft sowohl den Gesamtquerschnitt des gedämmten Bauteils als auch die angrenzenden Bauteile und Bauteilanschlüsse.

Daher liegt das Hauptaugenmerk dieser Broschüre (siehe die Kapitel 4 bis 6) auf der wissenschaftlich fundierten Identifizierung, Berechnung und Bewertung der zu erwartenden thermischen Schwachstellen (Wärmebrücken).

Diese Broschüre richtet sich in erster Linie an Planer, Architekten und Verarbeiter dafür zu sorgen, dass durch ID-Systeme ertüchtigte Gebäude bautechnisch und bauphysikalisch dauerhaft funktionieren. Mit dem speziell für ID-Systeme aus Holzfaserdämmplatten entwickelten Planungswerkzeug, dargestellt in den Tabellen 8 und 9, lassen sich die bauphysikalischen Risiken kalkulieren und damit vermeiden.

Abb. 1: Holzfaser-ID-System auf dem mineralischen Untergrund einer Außenwand



2_ Innendämmung statt Fassadendämmung

Abb. 2:
Kennzeichnung einer
denkmalgeschützten
Fassade



Abb. 3:
Fassadendämmung ist
aufgrund einzuhaltender
Grenzabstände hier
keine Alternative

Wann ist die Innendämmung eine gute Alternative zur Fassadendämmung?

2.1 _ Vorteile

Die Gründe für den Einsatz einer Innendämmung können vielfältig sein:

- Die Außenfassade ist wegen ihrer Beschaffenheit und Gestaltung nicht für außenseitige Dämmmaßnahmen geeignet.
- Es stehen Denkmalschutzbestimmungen einer außenseitigen Dämmung entgegen.
- Durch Anbauten oder andere Hindernisse ist die Fassade nicht oder nur schwer von außen zugänglich.
- Baurechtliche Vorgaben wie Grenzabstände schließen eine mit einer Überdämmung von außen einhergehenden „Gebäudevergrößerung“ aus.
- Die raumseitige Oberflächentemperatur der Bauteilinnenseite soll erhöht werden, um einer Kondensatbildung und somit einer Gefährdung durch Schimmelbefall vorzubeugen.
- Die thermische Behaglichkeit im Raum soll verbessert werden. Diese Maßnahme ist besonders bei temporär genutzten Räumen wie Ferienwohnungen, Fest- oder Gemeindesälen vorteilhaft, da die Räume sehr schnell aufgeheizt werden können.

Auch baubetriebliche Gründe können zur Entscheidung für eine Innendämmung führen:

- Möglichkeit der Modernisierung von Einzelwohnungen;
- Verzicht auf ein Montagegerüst;
- witterungsunabhängige Montage im wettergeschützten Innenraum.

Vor der Innendämmung:

Kalte Wände vermitteln – trotz hoher Raumtemperatur – Unbehaglichkeit



Nach der Innendämmung:

Warme Wände schaffen Behaglichkeit schon bei geringerer Raumtemperatur

Abb. 4:
Einfluss einer Innendämmung
auf die Behaglichkeit

2.2 _ Klassifizierung der ID-Systeme

Hinsichtlich der hygrischen Wechselwirkung zwischen Innenraumklima und ID-System wird zwischen drei Klassen unterschieden [1]:

Kondensat verhindernde ID-Systeme

Die (mögliche) Tauwasserbildung wird durch eine diffusionsdichte Schicht ($s_d > 1.500 \text{ m}$) verhindert. Die hygrische Wechselwirkung zwischen Innenraumklima und ID-System wird vollständig unterbunden.

Kondensat begrenzende ID-Systeme

Die (mögliche) Tauwasserbildung wird durch eine ausreichend diffusionshemmende Schicht ($s_d > 0,5 \text{ m}$) auf ein tolerierbares Maß begrenzt. Zum Beispiel kann durch den Einsatz von feuchtevariablen Dampfbremsen das Abtrocknungspotential zum Innenraum hin im Vergleich zu Kondensat verhindernden Systemen verbessert werden.

Die hygrische Wechselwirkung zwischen Innenraumklima und Innendämmung ist hier begrenzt möglich.

U-Wert nachträglich gedämmter Außenwände in Abhängigkeit des U-Wertes der Bestandswand und der Dämmstoffdicke
Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes: $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$

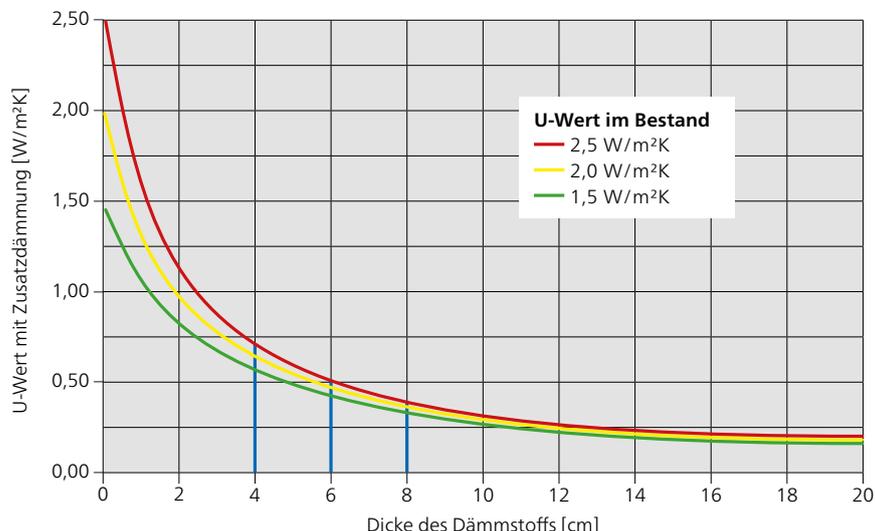


Abb. 5:

U-Wert in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke

Kondensat tolerierende ID-Systeme

Die (mögliche) Tauwasserbildung wird zugelassen, wenn das Innendämmsystem durch die Verwendung spezieller Baustoffe das zeitweilig anfallende freie Wasser schadensfrei aufnehmen kann. Das Kondensat wird in aller Regel im Dämmstoff aufgenommen, gespeichert und verteilt, so dass es zu einem späteren Zeitpunkt wieder abtrocknen kann. Die hygrische Wechselwirkung zwischen Innenraumklima und Innendämmung ist hier zulässig und – bedingt durch das notwendige Abtrocknungspotential zum Innenraum hin – auch notwendig und langfristig sicherzustellen.

→ ID-Systeme aus Holzfaserdämmplatten zählen zur Klasse „Kondensat tolerierende Innendämmsysteme“

Wichtiger Hinweis:

Die aktuell gültige Fassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) [2] sieht bei Innendämmungen keine Anforderung an das Wärmedämmniveau vor. Es ist nur der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] geschuldet. Danach ist ein Wärmedurchlasswiderstand des gesamten Bauteils in Höhe von mindestens $1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$ einzuhalten.

→ Eine 40 mm dicke Dämmung aus HFD reicht als Mindestwärmeschutz für übliche Bestandswände aus.

→ Für einen besseren Wohnkomfort und höhere Energieeinsparung empfehlen sich höhere Dämmdicken.

2.3 _ Empfohlene Dämmstoffdicken

Es hat sich bei ID-Systemen am Markt durchgesetzt, dass weitgehend Dämmstoffdicken zwischen 40 bis 80 mm eingesetzt werden.

Dient die Innendämmung der reinen Schimmelpilzvorbeugung, sind dünnere Dämmstoffdicken ggf. sinnvoll. Dämmstoffdicken oberhalb von 120 mm werden wegen der damit einhergehenden Nachteile (Verlust an Wohnfläche, „Schießscharten“-Effekt im Fensterbereich) selten ausgeführt.

In Abb. 5 ist deutlich zu erkennen, dass mit üblichen Dämmstoffdicken zwischen 60 und 100 mm bereits ein sehr guter Energieeinspareffekt erreicht wird.

2.4 _ Klassifizierung der

Wasserdampfdurchlässigkeit

In Ergänzung zum WTA-Merkblatt 6–8 [4], Tabelle 1, wird die Wasserdampfdurchlässigkeit wie folgt klassifiziert:

Tabelle 1:
Klassifizierung nach der
Wasserdampfdurchlässigkeit

Begriff	s_d -Wert (Bereich)
diffusionsoffen *	$s_d \leq 0,5 \text{ m}$
moderat diffusionsoffen	$0,5 \text{ m} < s_d < 2,0 \text{ m}$
moderat dampfbremsend *	$2,0 \text{ m} < s_d \leq 5,0 \text{ m}$
dampfbremsend	$5,0 \text{ m} < s_d \leq 10 \text{ m}$
stark dampfbremsend	$10 \text{ m} < s_d < 100 \text{ m}^*$
dampfsperrend *	$100 \text{ m} < s_d < 400 \text{ m}$
stark dampfsperrend	$400 \text{ m} \leq s_d < 1.500 \text{ m}$
dampfdicht *	$s_d \geq 1.500 \text{ m}$

* gemäß Tab. 1 aus [4]

3_Kondensat tolerierende Holzfaser-ID-Systeme

3.1_Besonderheiten und Vorteile

Feuchtmanagement

Durch das Aufbringen eines ID-Systems verändert sich das komplette bauphysikalische Verhalten der bestehenden Außenwand. Betrachtet man den bauphysikalisch kritischeren Fall „Winterklima“, so führt eine zusätzliche Innendämmung dazu, dass sich in der Grenzschicht zwischen Bestandswand und neuer Innendämmung ein niedrigeres Temperaturniveau entwickelt. Je dicker die Innendämmung, desto kälter und damit kritischer ist die Temperatur an dieser Stelle. Von der wärmeren Wohnrauminnenseite diffundiert Wasserdampf in Richtung Außenluft in das System. Gleichzeitig müssen Feuchteinträge durch Sorption / Kapillarität von außen gepuffert werden. In der Grenzschicht besteht eine potentielle Tauwassergefahr.

Maßgeblich für das Funktionieren und die Langzeitstabilität eines ID-Systems ist das richtige Zusammenspiel von Diffusion, Kapillaraktivität, Feuchtehaushalt und Oberflächentemperaturen.

Das für diese Einbausituation optimal geeignete Feuchte-Management eines ID-Systems aus Holzfaserdämmung sorgt dafür, dass die eintretende Feuchte kontrolliert eindringen (Diffusionsoffenheit) und absorbiert (Feuchtepuffervermögen) werden kann, um später kontrolliert wieder aus dem System hinaus geleitet zu werden. Damit wird gewährleistet, dass sich an der kritischen Grenzschicht kein schädigendes Kondensat bildet. Der optimale Dreiklang aus hoher Kapillaraktivität, hohem Feuchtepuffervermögen und hoher Diffusionsoffenheit sorgt für eine hohe bauphysikalische Sicherheit.

→ Im Gegensatz zu vielen anderen Dämmstoffen besitzen Holzfaserdämmplatten die Eigenschaft, bis zu 15 % ihres Eigengewichts an Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben zu können, ohne nennenswert an Dämmwirkung zu verlieren.

	Art der Einwirkung	Einflussfaktor	Bauphysikalischer Vorgang
	Regen / Schlagregen	w-Wert (Wasseraufnahmekoeffizient)	Feuchteverteilung durch Sorption / Kapillarität
	Innenraumfeuchte	s _d -Wert innen und außen	Feuchtetransport durch Diffusion von innen nach außen
	Sonnenstrahlung	s _d -Wert innen und außen	Feuchtetransport durch Diffusion nach innen und außen

Abb. 6: Feuchtmanagement einer Holzfaser-ID

Die Größe der Pfeile steht für die Menge an Regenwasser / Feuchtigkeit und berücksichtigt die Feuchteaufnahme-fähigkeit der Materialien – je nachdem ob der Einfluss von innen oder außen kommt.

- Feuchteverteilung durch Sorption / Kapillarität
- Feuchtetransport durch Diffusion
- Außenwand
- Dämmstoff

Ökologie

Holzfaserdämmplatten vereinen in einzigartiger Weise alle Voraussetzungen für eine ökologisch hochwertige Innendämmung.

Das Ausgangsmaterial für die Herstellung von Holzfaserdämmprodukten ist der nachwachsende Rohstoff Holz in Form von Hackschnitzeln.

Der Einsatz einer Dämmplatte aus Holz hat zusätzlich einen positiven Effekt auf die CO₂-Bilanz. Der im Holz gespeicherte Kohlenstoff verbleibt im Dämmstoff und wird nicht dem natürlichen Prozess (Zersetzung oder Verbrennung) folgend als CO₂ in die Umwelt abgegeben. Damit ist der Einsatz einer Dämmplatte aus Holz CO₂-senkend und schont die Umwelt. Sie vermeidet auch das zusätzliche Freisetzen von CO₂ durch den Einsatz fossiler Rohstoffe.

Der Einsatz einer Holzfaserdämmung ist daher ein guter Beitrag für Nachhaltigkeit und Klimaschutz.



Abb. 7:
Positiver CO₂-Effekt
einer Holzfaserdämmung

3.2 _ Bautechnische und bauphysikalische Produkteigenschaften

Die von verschiedenen Herstellern in unterschiedlichen Produktionsverfahren hergestellten Holzfaserdämmplatten weisen zwar unterschiedliche bautechnische und bauphysikalische Kenngrößen auf, verhalten sich aber mit Blick auf die funktionalen Eigenschaften einer Innendämmung sehr ähnlich.

Typische Plattengeometrien

Je nach gewünschtem Wärmedurchgangskoeffizienten der gedämmten Außenwand werden Holzfaserdämmplatten üblicherweise mit Gesamtdicken zwischen 40 mm und 80 mm verwendet. Für die kleinflächige Überdämmung von Anschlussbereichen, wie z.B. Laibungen, werden auch dünnere Dämmplatten eingesetzt.

Üblicherweise kommen kleinformatische Platten sowohl mit als auch ohne Kantenprofilierung zum Einsatz.



Abb. 8:
Holzfaserdämmplatten – mit und ohne Profilierung

Hydrophobierung

Auf dem Markt werden Holzfaserdämmplatten mit und ohne Hydrophobierung angeboten. Beide Plattentypen eignen sich für einen Einsatz als Innendämmung.

Wärmeleitfähigkeit und Festigkeiten

Die Wärmeleitfähigkeit sowie die Festigkeit und Steifigkeit der Holzfaserdämmplatten hängt im Wesentlichen von der Rohdichte der Platten ab. Die betreffenden Werte erhöhen sich im Regelfall mit steigender Rohdichte.

Die verwendeten Holzfaserdämmplatten weisen Rohdichten von 100 kg/m^3 bis 270 kg/m^3 bei Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit von $0,039 \text{ W/(mK)}$ bis $0,050 \text{ W/(mK)}$ auf.

Um Kondensat tolerierende Innendämmsysteme im Zweifelsfall bauphysikalisch möglichst exakt berechnen zu können, ist es hilfreich, wenn über die Systemkomponenten sowie über das System selbst die erforderlichen materialspezifische Kenngrößen vorliegen. Diese sind bei den Systemherstellern erhältlich.

Weitere Informationen zu Holzfaserdämmstoffen enthält die Schrift „Holzfaserdämmstoffe [5] des Informationsdienst Holz.

3.3 _ Typischer Aufbau eines Kondensat tolerierenden ID-Systems

von außen nach innen:

- Bestands-Außenwand
- ggf. Ausgleichsschicht
- Klebeschicht
- Holzfaserdämmplatte
- Armierungsschicht inkl. Armierungsgewebe (Unterputz)
- Endbeschichtung: Oberputz (Deckputz), Anstriche, Tapete...
- ggf. Anstrich

Um das Feuchtemanagement für das Kondensat tolerierende ID-System aus Holzfasern optimal zu unterstützen, werden sowohl in der Ausgleichs- und Klebeschicht als auch im Unterputz- / Oberputzbereich entweder Kalk-, Kalkzement- oder Lehmputze eingesetzt.

Hinsichtlich der Endbeschichtung mit Deckputz, Tapeten und Anstrichen sind die Vorgaben der Systemanbieter zum minimalen und maximalen Diffusionswiderstand zu beachten.



Abb. 9:
Systemaufbau
einer „klassischen“
HFD-Innendämmung

3.4 _ Hinweise zum Baurecht

ID-Systeme bedürfen im Gegensatz zu Wärmedämm-Verbundsystemen keiner bauaufsichtlichen Zulassung. Dennoch ist es im Sinne der bautechnischen und bauphysikalischen Sicherheit dringend angeraten, dass ausschließlich Holzfaserdämmprodukte in Verbindung mit vom Hersteller freigegebenen Putzsystemen zum Einsatz kommen. Die Systemanbieter geben Verarbeitungsrichtlinien heraus, die aus Gründen der Gewährleistung immer beachtet werden sollten. Die in den Verarbeitungsrichtlinien der Systemanbieter enthaltenen Vorgaben sind in jedem Fall verbindlich.

Um die ordnungsgemäße Systemumsetzung für etwaige Gewährleistungsansprüche belegen zu können, ist eine protokollierte Wareneingangskontrolle (s. 3.5) wichtig.

3.5 _ Wareneingang, Transport und Lagerung

Die gelieferten Systemkomponenten sind im Rahmen einer Wareneingangskontrolle zu prüfen. Lieferscheine und Beipackzettel sind für spätere Rückfragen aufzubewahren.

Der Transport der Systemprodukte hat so zu erfolgen, dass die Gefahr einer mechanischen und / oder witterungsbedingten Beschädigung (z. B. UV-Strahlung, Feuchtigkeit etc.) vermieden wird. Paletten mit Holzfaserdämmplatten sind in der Regel mit einer Schutzfolie versehen. Diese sollte zum Schutz vor Feuchtigkeit und Verschmutzung bis unmittelbar vor der Montage nicht entfernt werden.

Die Anlieferung der Holzfaserdämmplatten erfolgt liegend auf Paletten. Bei der Anlieferung sollte ein Stapler oder Kran mit geeignetem Hebewerkzeug vor Ort sein, um eine palettenweise Entladung gewährleisten zu können.

An der Anlieferstelle ist darauf zu achten, dass ausreichend witterungsgeschützter Lagerplatz vorhanden ist. Die Lagerung des Materials muss grundsätzlich trocken und staubfrei sein sowie vor mechanischen Beschädigungen geschützt erfolgen. Angebrochene Pakete sind durch geeignete Abdeckungen vor Staub und Feuchtigkeit zu schützen.

Um Eindrückungen der obersten / untersten Plattenlage zu vermeiden, darf nur die vom jeweiligen Hersteller angegebene Anzahl von Paketen übereinander gestapelt werden. Dabei ist auf eine ausreichende Anzahl und die richtige Platzierung von geeigneten Lagerhölzern zu achten, um eine zu hohe Druckbeanspruchung der Dämmplatten zu verhindern.

Die Putzkomponenten sind zusätzlich vor Feuchte und ggf. vor Frost zu schützen. Die Sackgebinde von Werk trockenmörteln dürfen auf der Baustelle nicht ohne Unterlage und eine Folienabdeckung gelagert werden. Zudem ist die auf den Gebinden angegebene Lagerzeit zu berücksichtigen.

Putzanschlussprofile sind als Kunststoff-Stangenware verformungsgefährdet und daher liegend zu lagern.

3.6 _ Planen und Ausführen

Es sind die Hinweise der Systemhersteller zur Planung und Ausführung zu beachten.

3.6.1 _ Vorbereitende Maßnahmen

Bevor die eigentliche Ausführung der Innendämmung an der Baustelle beginnt, sind umfassende vorbereitende Maßnahmen notwendig.

An erster Stelle steht eine detaillierte Bestandsaufnahme, die unter anderen folgende Punkte enthalten sollte:

- Allgemeine Gebäudedaten
- Baustoffschichten, Abmessungen und Oberflächenbeschaffenheit
- Allgemeiner Zustand des Bauteils oder der Bestandskonstruktion inkl. Wärmebrücken
- Feuchtezustände des Bauteils (Schlagregenbelastung, -schutz, weitere Feuchtbelastungen der Konstruktion wie z. B. aufsteigende Feuchte)
- Belastung des Mauerwerks mit Inhaltsstoffen aus ehemaliger Nutzung (z. B. Salz- / Nitratbelastung bei Ställen)
- Raumklimatische Belastungen

Im zweiten Schritt ist die Dämmleistung festzulegen. Sie kann sich am vorgeschriebenen Energiestandard nach Gebäudeenergiegesetz, den Vorgaben aktueller Förderbedingungen oder dem individuellen Kundenwunsch orientieren. Der erforderliche Mindestwärmeschutz ist in jedem Fall zu beachten.

Am Ende der vorbereitenden Maßnahmen steht eine möglichst detaillierte Ausführungsplanung. Sie sollte vor allem Festlegungen zur Untergrundvorbereitung und zu den Anschlussdetails unter Berücksichtigung möglicher Wärmebrücken umfassen.

3.6.2 _ Untergrundvorbereitung

Für eine ordnungsgemäße Ausführung der Innendämmung ist es notwendig, dass die Oberfläche der Bestandswand tragfähig, eben, trocken sowie fett- und staubfrei ist. Je nach Beschaffenheit des Untergrunds sind folgende Maßnahmen zu treffen:

- Tapeten entfernen
- Diffusionshemmende oder -dichte Beschichtungen entfernen oder mit einem Nagelbrett aufrauen
- Empfehlung ab 80 mm Dämmdicke: Gipsputz entfernen und falls erforderlich durch einen Kalk- oder Kalkzementputz ersetzen
- Bei sandigen Oberflächen Haftgrund aufbringen
- Lose Putzstellen ausbessern
- Nicht ausreichend ebene Untergründe egalisieren

3.6.3 _ Montage Dämmplatten

Der Zuschnitt der Holzfaserdämmplatten erfolgt üblicherweise mit Standard-Werkzeugen bzw. -Maschinen der Holzverarbeitung, einer Stich-, Kreis- oder Säbelsäge (Alligator).

Der Kleber wird mit einer geeigneten Zahntraufel auf den vorbereiteten Untergrund und / oder direkt auf die Dämmplatte aufgetragen, anschließend gleichmäßig in der Fläche verteilt. Die Verklebung erfolgt vollflächig.



Abb. 10:
Werkzeuge für Zuschnitt
von Holzfaserdämmplatten

Abb. 11:
Auftrag des Klebers
mit Zahntraufel auf die
Holzfaserdämmplatte

Eine zusätzliche mechanische Befestigung ist zwingend erforderlich, wenn die Innendämmung höheren Lastanforderungen ausgesetzt ist oder starke Bewegungen aus dem Bauwerk bzw. Untergrund zu erwarten sind. Einige Hersteller schreiben prinzipiell eine zusätzliche mechanische Befestigung vor.

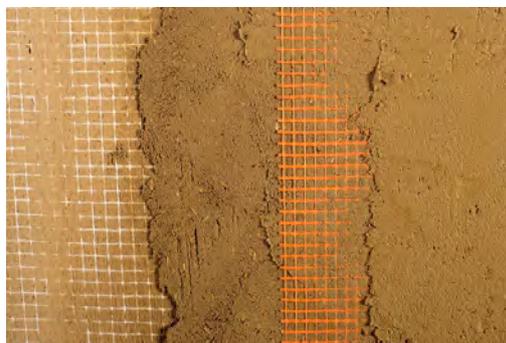
Fenster- und Türlaibungen sind ausreichend zu überdämmen. Auch unter Fensterbänken ist für eine ausreichende Überdämmung zu sorgen.

Um Konvektion zu verhindern, sind alle Anschlüsse an andere Baukörper luftdicht auszuführen.

3.6.4 _ Applikation Putzbeschichtung

Holzfaserdämmplatten können mit vielen unterschiedlichen Putzsystemen beschichtet werden. Die einzelnen Systemhersteller erteilen ihre Freigabe nach umfangreichen Verträglichkeits- und Funktionsprüfungen. Besonders bewährt haben sich Putzsysteme auf Kalk-, Kalkzement- und Lehm-basis.

Abb. 12:
Einbetten des
Armierungsgewebes in
die Armierungsmasse



Armierungsschicht

Als unterste Funktionsschicht ist zwingend eine Armierungsschicht vorzusehen:

Die Armierungsmasse wird in ausreichender Dicke – empfohlen werden mindestens 4–5 mm – auf die Holzfaserdämmplatte aufgetragen.

Ein systemkonformes Armierungsgewebe wird im äußeren Drittel der Armierungsschicht mit einer Überlappung von mindestens 10 cm vollflächig eingebettet. An Gebäudeöffnungsecken wird zusätzlich diagonal armiert.

Abschließend wird das eingebettete Armierungsgewebe noch einmal dünn mit Armierungsmasse überputzt.

Endbeschichtung

Das Kondensat tolerierende ID-System ist in aller Regel dann besonders sicher, wenn die Feuchteabgabe aus dem Bauteil zurück ins Rauminnere ohne unnötige Barrieren erfolgen kann. Daher sollten die Beschichtungen diffusionsoffen sein, bei hohen Feuchtelasten sind moderat dampfbremsende Beschichtungen die richtige Wahl.

Auf die ausgetrocknete Armierungsschicht können unterschiedliche Endbeschichtungen appliziert werden.

Folgende Endbeschichtungen sind in der Praxis gängig:

- Mineralischer Deckputz:
Bei mineralischen Deckputzen empfehlen sich Anstrichfarben auf Kalk- oder Silikatbasis
- Lehmdeckputz:
Als Anstrich von Lehmdeckputzen eignen sich Lehmfarben oder anstreichbare Design-Lehmputze
- Tapeten:
Besonders eignen sich Tapeten, die eine gewisse Feuchtepufferung ermöglichen – wie Raufasertapeten und Tapeten auf Papierbasis.

Fliesen und Fliesenspiegel

Auf Holzfaser-Innendämmsysteme sollten großflächig keine dampfdichten Oberflächen aufgebracht werden. Daher sind großflächige Fliesenbeschichtungen ungeeignet. Mit Ausnahme des Spritzwasserbereichs von Bädern sind jedoch Fliesenspiegel mit bis zu 1 m Breite möglich.

3.6.5 _ Befestigen von leichten und schweren Lasten

Befestigung von leichten Lasten

Kleinere Lasten wie Bilder, Leuchten usw. lassen sich schnell und einfach mit Spiraldübeln befestigen. Diese können sowohl vor als auch nach dem Verputzen der Dämmplatte eingeschraubt werden.

Die Tragfähigkeit eines Lastpunktes hängt neben der Art des Spiraldübeln auch von der Festigkeit (Rohdichte) der Holzfaserdämmplatte ab. Die Lastaufnahme je Lastpunkt kann bis zu 10 kg betragen. Die freigegebenen Haltewerte (Lastaufnahme) sind beim Hersteller der Dämmstoffdübel zu erfragen.

Abb. 13:
Einschrauben eines Spiraldübeln für die Befestigung kleiner Lasten



1 Verputzte Holzfaser-Dämmstoffplatte mit 8 mm-Holzbohrer vorbohren



2 Fugen-Klebedichtmasse zur Abdichtung verwenden



3 Fugen-Klebedichtmasse unter Dübelteller auftragen



4 Spiraldübel oberflächenbündig mit verputzter Holzfaser-Dämmstoffplatte eindrehen



5 Überschüssige Fugenklebedichtmasse zwischen Putz und Spiraldübel entfernen



6 Mit 4 – 5 mm Schraube Anbauteil befestigen

Abb. 14:

Einbau eines Montagequaders für Befestigung schwerer Lasten

Montageanleitung eines Montagequaders:

- 1 Die Dämmplatte mit einem geeigneten Schneidewerkzeug ausschneiden. Die ausgesägten Teilstücke herausnehmen und die Öffnung reinigen.
- 2 Kleber auf den Quader auftragen.
- 3 Quader in die Öffnung drücken. Die Fugen zwischen Quader und Dämmung spachteln oder ausschäumen
- 4 Lage des Quaders vor der Armierung und Schlussbeschichtung mit einer Schraube markieren. Dübellöcher durch den Quader hindurch in die Bestandswand mit einem Schlagbohrer bohren.
- 5 Lastobjekt mit geeigneten Schrauben montieren.



Befestigung von schweren Lasten

Heizkörper, Hängeschränke o. ä. werden durch die Holzfaserdämmplatte hindurch in die Bestandswand befestigt. Als Druckunterlage für hohe Drucklasten eignen sich Futter aus Vollholz oder spezielle Montagequader aus Polyurethan. Bei der Verwendung von Montagequadern ist unbedingt zu beachten, dass die Verankerung immer im Untergrund erfolgt, nicht direkt im Montagequader.

Die freigegebenen Druckkräfte und Haltevermögen (Lastaufnahme) sind beim Hersteller der Montagequader zu erfragen

3.6.6 _ Elektro- und Sanitärinstallationen

Die energetische Qualität einer Außenwand wird durch Elektro- und Sanitärinstallationen grundsätzlich geschwächt. Installationen bilden eine Wärmebrücke und beeinträchtigen je nach Ausführung die Luftdichtheit der Außenwand. Insofern gelten bei der Unterbringung von Installationen folgende Prioritäten:

1. Installationen in der Außenwand sind möglichst zu vermeiden und stattdessen in den angrenzenden Bauteilen unterzubringen.
2. Sollte eine Elektroinstallation in der Außenwand erfolgen, so ist diese im Sockelbereich oder hinter der Innendämmung in der Bestandswand bzw. in der neuen Klebe- / Armierungsschicht unterzubringen.

Luftundichtheiten sind unbedingt zu vermeiden. Wärmebrücken, die aufgrund des Eingriffes der Elektroinstallation in die Dämmung bzw. je nach Dämmdicke sogar bis ins Mauerwerk entstehen, sind so weit wie möglich zu begrenzen. Die Dicke der Innendämmung beeinflusst demnach die Wahl der Elektroinstallationsprodukte.

Empfehlenswert ist der Einsatz besonders flacher und auf den Einsatzzweck in ID-Systemen speziell entwickelter Hohlwanddosen. Beim Setzen der Hohlwanddose soll wenn möglich zwischen Dose und Bestandswand eine Mindestdämstoffdicke von 20 mm verbleiben. Bei Dämstoffdicken unter 60 mm sind Innendämmungsdosen einzusetzen, die aufgrund einer speziellen Konstruktion eine feuchtigkeitsregulierende und dämmende Funktion aufweisen.

Für in oder auf der Bestandswand verlegte Wasserleitungen und Heizungsrohre besteht nach Aufbringen der Innendämmung erhöhte Frostgefahr, da eine Innendämmung die Oberflächentemperatur der Bestandswand reduziert, die vor der Dämmmaßnahme noch durch die Raumluft erwärmt wurde. Solche Leitungen sind daher möglichst weit nach innen (z. B. Fußleisteninstallation), vorzugsweise raumseitig vor die Innendämmebene, zu verlegen.

Abb. 15:
Besonders flache Hohlwanddose (Spelsberg)



Abb. 16:
Innendämmdose – feuchtigkeitsregulierend und dämmend (Kaiser)



3.6.7 _ Flächenheizungen

Für den Einsatz in ID-Systemen aus Holzfaserdämmplatten sind grundsätzlich beide gängigen Flächenheizsysteme geeignet:

Wasserführende Systeme:

Die Klimaregister werden mit Schrauben in der Dämmung befestigt.

Abb. 17:
Befestigung des Klimaregisters auf der Dämmplatte



Abb. 18:
Einbetten des Heizvlieses in Kleberbett

Elektrobasierte Systeme: IR-Heizfolie

Das ca. 0,5 mm dicke diffusionsoffene und haftungsoptimierte Heizvlies wird vorzugsweise mittels Dünnbett-Spachtelmasse auf die ausgetrocknete Armierungsschicht auftragen. Die Verkabelung wird in das Dünnbett plan eingebettet. Alternativ kann das Heizvlies auch unterhalb der systemspezifischen Armierungsschicht direkt auf die Holzfaserdämmplatte appliziert werden. Das Heizverhalten verzögert sich, die Heizleistung wird jedoch nicht beeinträchtigt.

Für alle Flächenheizsysteme gilt, dass die Putzkomponenten auf die ausgelegten Heiztemperaturen abgestimmt sein müssen. Diese betragen im Regelfall unter 40° C, im Einzelfall können sie jedoch auch höher liegen, z. B. wenn das Heizsystem in Teilbereichen abgedeckt wird.

Damit die Wandheizungen ihre maximale Leistung erzielen können, werden an die Putze hohe Anforderungen gestellt. So sollten die Beschichtungssysteme eine optimale Wärmespeicherung gewährleisten, hoch diffusionsfähig sein, und eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzen.



4 _ Bemessung im Regelquerschnitt

Es gibt bei Innendämmungen nicht den einen, idealen Dämmstoff oder allgemeingültige Anforderungen an das Material, um funktionsfähige und dauerhaft sichere Ausführungen zu realisieren. Betrachtet werden muss immer das Gesamtsystem. Dazu zählen auch die vorhandenen Bauteile, auf denen die Innendämmung aufgebracht werden soll und sogar die Berücksichtigung der Situation auf der Außenseite (Schlagregenschutz, Wasseraufnahme des Putzes, Orientierung des Bauteils, Sonneneinstrahlung etc.). Nicht umsonst lautet eine der wichtigsten Regeln bei der Planung von Innendämmung: „Wer INNEN dämmen will, muss vorher AUSSEN gucken“, sich also einen Überblick über die Situation am Gebäude und zum Untergrund verschaffen.

Um Bauherren, Planern und Handwerkern bei der Vielzahl der zu berücksichtigenden Einflüsse trotzdem einen einfachen und verlässlichen Überblick zu geben, in welchen Bereichen Innendämmungen mit Holzfaserdämmstoff bauphysikalisch sicher ausgeführt werden können, werden nachfolgend die Untersuchungsergebnisse des vom vdnr e.V. unterstützten Forschungsprojektes „Energieeffizienzsteigerung durch Innendämmsysteme“ (EnEff-ID) [6] des FIW München und Fraunhofer IBP in kompakter Form dargestellt. Untersuchungen zum hygrothermischen Verhalten des Regelquerschnitts für Holzfaserdämmstoffe wurden explizit im vdnr-Teilbericht 2 [7] untersucht.

4.1 _ Grundlagen

Nach Installation einer Innendämmung kommt es – wie in Kapitel 3.1 beschrieben – zu einer Veränderung der Temperaturverteilung über den Querschnitt des gedämmten Bauteils, verbunden mit einer Änderung des Diffusionsverhaltens und einer stetigen Verschiebung des Taupunkts in Richtung der Bestandskonstruktion. Das hygrothermische Verhalten wird deutlich verändert. Um eine übermäßige Auffeuchtung zu verhindern, darf auf Dauer im Winter nicht mehr Feuchte in die Wand gelangen, als im Sommer auch wieder austrocknen kann. Daher ist es bei der Planung einer Innendämmmaßnahme hinsichtlich des Feuchteschutzes wichtig, nicht nur die Materialeigenschaften des Dämmstoffes zu betrachten, sondern das Gesamtsystem Bestandswand und Innendämmung in Betracht zu ziehen.

Die Diffusionseigenschaften sind der maßgebende Faktor bei der Wahl einer bestimmten Konstruktion bzw. eines bestimmten Dämmstoffs. Die maßgebliche Kenngröße ist die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke (s_d -Wert). Der s_d -Wert berechnet sich aus der Schichtdicke in Metern [m] multipliziert mit der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ [-]. Umso niedriger der s_d -Wert, desto geringer ist der Diffusionswiderstand eines Materials.

Einem zu hohen Feuchtegehalt in der Konstruktion kann mit unterschiedlichen Funktionsweisen entgegengewirkt werden, die in Kapitel 2.2 dargestellt sind (Kondensat verhindernd, Kondensat begrenzend, Kondensat tolerierend). Zu berücksichtigen sind hierbei unter anderem die Diffusionsfähigkeit der Bestandskonstruktion, der Schlagregenschutz, das Außenklima am jeweiligen Standort und die Nutzung sowie Lüftung des Gebäudes.

4.2 _ Berechnungsrandbedingungen

Zur Bewertung des Regelquerschnitts wurden drei Wandbildner ausgewählt, die einen möglichst großen Teil des Gebäudebestandes abdecken sollen. Dabei wurde die Auswahl auf die mineralischen und monolithischen Konstruktionen beschränkt, die in Tabelle 2 dargestellt sind.

Auf diese Bestandkonstruktionen wird eine biege- und druckfeste Holzfaserdämmplatte (Dicken: 40, 60, 80 mm) vollflächig verklebt aufgebracht. Die neue Innenoberfläche wird dann mit einer Putzschicht (10 mm) versehen. Zusätzlich zu dem innenseitigen Aufbau ist keine dampfbremsende Schicht vorgesehen.

Untersucht wurden zwei unterschiedliche Innendämmprodukte aus Holzfasern, welche die herkömmliche Bandbreite an Produkten abdecken:

- Innendämmplatten hergestellt im Trockenverfahren (hydrophobiert) mit $\lambda_D = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Innendämmplatten hergestellt im Nassverfahren (nicht hydrophobiert) mit $\lambda_D = 0,043 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Die kompletten Sätze an Materialeigenschaften wurden im Rahmen der Arbeiten für den EnEff-ID vdnr-Teilbericht 1 [8] bestimmt und können dort detailliert eingesehen werden.

Durch eine zusätzliche Hydrophobierung wird die Aufnahme von Wasser in den Fasern beschränkt und auch verhindert, dass der Dämmstoff zu viel Feuchte aus dem Bestandsmauerwerk aufnimmt. Bei nicht hydrophobierten Holzfaserplatten ist hingegen die feuchtepuffernde Wirkung höher, sodass mehr eindringende Feuchte sorptiv gebunden werden kann. Das Vorhandensein einer Hydrophobierung beeinflusst das hygrothermische Verhalten daher deutlich. Folglich wurden Simulationen für beide Fälle separat durchgeführt und sind im EnEff-ID vdnr-Teilbericht [7] getrennt nach den Produkten dargestellt. Um einen schnellen Überblick zu gewährleisten, werden in diesem Rahmen jedoch die unterschiedlichen Produkte zusammengefasst und für die jeweilige Berechnungsvariante nur das jeweils am schlechtesten bewertete Produkt dargestellt (Worst-Case Prinzip).

Die zur Bewertung des Regelquerschnitts verwendeten Variationsparameter sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 2:
Bauteilschichten der Bestandkonstruktionen

Schicht	Vollziegelwand	Hochlochziegel Mauerwerk	Betonhohlblock Mauerwerk
1	Kalkzementputz (15 mm)	Kalkzementputz (15 mm)	Kalkzementputz (15 mm)
2	Vollziegel (300 mm)	Hochlochziegel (300 mm)	Betonhohlblock (300 mm)
3	Innenputz (10 mm)	Innenputz (10 mm)	Innenputz (10 mm)
U-Wert	1,5 W/(m²K)	1,3 W/(m²K)	1,3 W/(m²K)

Tabelle 3:
Variationsparameter zur Bewertung des Regelquerschnitts

Parameter	Beschreibung
Außenklima	Drei Außenklimastandorte wurden betrachtet, die jeweils einer Schlagregenbeanspruchungsgruppe nach DIN 4108-3:2018-10 [9] zugeordnet werden können (Potsdam = Beanspruchungsgruppe 1, Hamburg = Beanspruchungsgruppe 2, Holzkirchen = Beanspruchungsgruppe 3).
Orientierung	Im Sinne der Worst-Case Betrachtung werden zwei Orientierungen der Fassade betrachtet. Dies sind Westen (W), da hier die höchsten Schlagregenbelastungen auftreten, sowie Norden (N), da hier die geringsten solaren Einstrahlungen auftreten, was die niedrigsten Oberflächentemperaturen auf der Fassade zur Folge hat.
Farbgebung der Oberfläche	Die Farbgebung hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Oberflächentemperaturen an der Fassade und daher auch auf die Feuchteverhältnisse im Bauteil. Um die in der Praxis auftretenden Farbgebungen der Fassade abzudecken, werden eine helle Oberfläche (Absorptionsgrad $\alpha = 0,4$) und eine dunkle Oberfläche (Absorptionsgrad $\alpha = 0,6$) unterschieden.
Dampfbremsende Schichten auf der Innenseite	Für die Ausführung der Innenoberfläche werden zwei Varianten unterschieden. Bei der ersten handelt es sich um eine Ausführung mit Gipsputz oder Gipskartonplatte (diffusionsoffene Konstruktion). Die zweite Variante berücksichtigt einen zusätzlichen s_d -Wert von 2 m (moderat dampfbremsende Konstruktion).
Innenklima	Auf der Innenseite der Konstruktion sind die Berechnungen für das Raumklima nach WTA Merkblatt 6-2 [10] dargestellt. Dies entspricht dem bei der Auslegung von Innendämmung standardmäßig anzuwendenden Klima nach DIN EN 15026:2007-08 [11] mit normaler Belegung und einer um 5 % erhöhten relativen Luftfeuchte

4.3 _ Bewertung des Regelquerschnitts

4.3.1 _ Bewertungsgrößen

Die angewandten Bewertungskriterien sind in Tabelle 4 nach dem Ampel-Prinzip zusammengefasst. So sind grün gekennzeichnete Varianten grundsätzlich als unkritisch zu betrachten. Eine gelbe Kennzeichnung kann verschiedene Ursachen haben. Eine Innendämmung mit Holzfaser ist aber grundsätzlich möglich. Es muss jedoch im Einzelfall betrachtet werden, ob bestimmte zusätzliche Anforderungen erfüllt sind. Welches Überprüfungskriterium bzw. welche Überprüfungskriterien für die jeweilige Variante maßgeblich für ein Funktio-

nieren der Konstruktion sind, kann dem EnEff-ID vdnr-Teilbericht 2 [7] entnommen werden. Bei rot markierten Varianten können Holzfeuchten von mehr als 18 Masse-% auftreten. Zum Zeitpunkt der Untersuchung wurde dieses Kriterium als strenge Grenze für Holzwerkstoffe im konstruktiven Holzbau aus DIN 68800-2 [12] in Analogie auch für Dämmstoffe herangezogen. Hinsichtlich Schäden ist dieser in der Norm angegebene Grenzwert mit hohen Sicherheiten verbunden. Das gilt insbesondere für niedrige Temperaturen an der Grenzfläche der bestehenden Wand zum neuen Innendämmsystem und während der Heizperiode.

Tabelle 4:

Bewertungsgrößen für die hygrothermische Bewertung des Regelquerschnitts

Bewertung	Grenzwert	Überprüfungskriterium
Unkritisch	Kein Grenzwert überschritten	
Betrachtung im Einzelfall notwendig / zusätzliche Anforderungen beachten	Überschreitung des nach WTA 6-5 [13] kritischen Durchfeuchtungsgehalts von 30 % bezogen auf das im Baustoff enthaltene Porenvolumen im Bereich der Grenzschicht zwischen Dämmung und Bestandswand	Überprüfen, ob in diesem Bereich frostbeständige Materialien verbaut sind (z. B. Innenputz des Bestandsmauerwerks).
	Überschreitung der nach WTA 6-5 [13] kritischen relativen Porenluftfeuchte von 95 % im Bereich der Grenzschicht	Überprüfen, ob in diesem Bereich frostbeständige und fäulnisresistente Materialien verbaut sind (z. B. Innenputz, Holzbestandteile im Untergrund).
	Überschreitung des nach WTA 6-5 [13] kritischen Durchfeuchtungsgrades von 30 % in 5 cm Tiefe des Bestandsmauerwerk	Überprüfen, ob frostbeständige Mauerbildner bzw. Außenputze verbaut sind Anmerkung: Sind äußere Bauteilschichten frostbeständig ausgeführt (Regelfall), führte eine Überschreitung dieses Grenzwertes nicht zu Problemen.
Kritisch	Überschreitung der maximalen Holzfeuchte von 18 M% in der Holzfaserdämmung in Anlehnung an DIN 68800-2	Versagenskriterium, da Schimmelpilzrisiko in der Dämmung vorliegt.

Wie finde ich heraus, welcher Standort sich am ehesten zum Vergleich eignet?

Das individuelle Klima am Standort, insbesondere die Schlagregenbelastung und die Temperaturbedingungen, spielen eine wichtige Rolle bei der Bewertung von Innendämmsystemen mit Holzfaserdämmstoff.

Die Schlagregenbeanspruchungsgruppe nach DIN 4108-3 [9] am jeweiligen Standort kann als erste Orientierung dienen, welches der oben dargestellten Klimate sich am ehesten zum Vergleich eignet. Jedoch sollten hierbei immer individuelle Gegebenheiten, z. B. eine exponierte Lage oder die Ausrichtung des Gebäudes zum Wind berücksichtigt werden um in diesem Fall ggf. eine Höherstufung vorzunehmen.



Standort eine entscheidende Rolle: So tritt das Versagenskriterium am Standort Potsdam (SBG 1) mit der geringsten Schlagregenbelastung nie und auch am Standort Hamburg (SBG 2) nur für eine Variante (maximale Dicke ohne dampfbremse Schicht) ein. In Holzkirchen (SBG 3) sind ebenfalls alle Varianten ausführbar, solange eine moderat dampfbremse Schicht mit einem s_d -Wert innen von 2 m vorhanden ist.

Auch für die gelb markierten Varianten lässt sich eine klare Korrelation mit dem Standort feststellen: So sind in Potsdam lediglich für 2 Varianten (Betonhohlblock-Mauerwerk, höchste Dämmdicke ohne dampfbremse Schicht) zusätzliche Untersuchungen notwendig. Auch am Standort Holzkirchen kommt es lediglich für das Betonhohlblock Mauerwerk ohne dampfbremse Schicht zu Varianten, die im Einzelfall betrachtet werden müssen. In Hamburg ist dies für alle betrachteten Konstruktionen vor allem bei westlicher Orientierung der Fall. Auch zusätzliche dampfbremse Schichten können nicht immer dazu beitragen, dass keine zusätzlichen Untersuchungen vorgenommen werden müssen.

Auch eine Vielzahl an diffusionsoffenen Lösungen ist möglich. Dabei lässt sich feststellen, dass sich bei 5 % erhöhter (hier dargestellt) oder hoher Feuchtelast nach WTA Merkblatt 6-2 [10] nahezu alle Varianten mit zusätzlichem s_d -Wert von 2 m als unkritisch erweisen. Genauer untersuchen sollte man allerdings sehr kühle und exponierte Standorte, wie z. B. höhere Lagen in Mittelgebirgen und dem Alpenvorland. Bei normalen Feuchtelasten (gemäß WTA 6-2 bis zu relativen Feuchten von maximal 60 % im Innenraum) und durchschnittlichen Schlagregelmengen (SBG 1,2) sowie bestehendem Schlagregenschutz funktionieren hingegen sämtliche Konstruktionen. In diesen Fällen können auch bevorzugt Systeme eingesetzt werden, die ohne dampfbremsende Schicht auskommen.

Welche Varianten sind sicher?

Innendämmsysteme mit Holzfaserdämmstoffen können an herkömmlichen Standorten in Deutschland und vorzugsweise bei normaler bis geringer Feuchtelast im Innenraum in der Regel problemlos umgesetzt werden. Bei höherer Belegung und größeren Dämmdicken ist der Einsatz von moderat dampfbremsenden Schichten (s_d -Wert innen 2 m) empfehlenswert. An Extremstandorten hinsichtlich Schlagregenbelastung und kalten Wintern muss der Einsatz einer Innendämmung mit Holzfaserdämmung im Einzelfall überprüft werden.

Auch andere Unterkonstruktionen und andere Dämmdicken als die hier dargestellten sind mit Innendämmung aus Holzfaser umsetzbar. Jedoch sind explizite Untersuchungen abhängig von den individuellen Gegebenheiten notwendig.



5 _ Bauteilanschlüsse

Ein großer Vorteil von Sanierungen mit Innendämmung ist, dass die Maßnahmen wohnungs- oder sogar raumweise umgesetzt werden können. Der Aufwand für das Anbringen einer Innendämmung ist damit im Vergleich zu einer Außendämmung deutlich geringer, beispielsweise weil kein Gerüst erforderlich ist und Leerstände bei Mieterwechsel flexibel ausgenutzt werden können. Eine raumseitige Dämmung bedeutet jedoch auch eine Unterbrechung der Dämmebene an einbindenden Bauteilen wie Trennwänden und Decken. Aus bauphysikalischer Sicht sind dabei niedrigere Oberflächentemperaturen am einbindenden Bauteil in der Nähe der Innendämmung und ein höherer Wärmeabfluss über das einbindende Bauteil durch die Dämmebene zu beachten. Nachfolgend werden die ausführlichen Untersuchungen des FIW München zu Wärmebrücken bei Innendämmung im Rahmen des vom vdnr mitfinanzierten Forschungsprojektes EnEff ID [6] zusammengefasst, wobei sich der vdnr-Teilbericht 3 [14] explizit mit den Wärmebrücken bei Holzfaserdämmstoffen beschäftigt. Bauherren, Planer und Handwerker erhalten damit eine einfach zu nutzende Übersicht zu dauerhaft sicheren Bauteilanschlüssen mit Innendämmung.

Die Bewertung der Bauteilanschlüsse erfolgt lediglich auf Grundlage der **thermischen Betrachtung**. Auf eine **hygrothermische Betrachtung**, wie sie für den Regelquerschnitt in Kapitel 4 beschrieben ist, wurde für zweidimensionale bzw. dreidimensionale Simulationen der Wärmebrücken verzichtet.

5.1 _ Grundlagen

Grundsätzlich versteht man unter einer Wärmebrücke thermische Schwachstellen in der Konstruktion eines Gebäudes, die lokal zu einer höheren Wärmestromdichte führen. Dies resultiert in niedrigeren inneren Oberflächentemperaturen, die einen negativen Einfluss auf das Wohlbefinden der Nutzer, den hygienischen Feuchteschutz und den Energiebedarf des Gebäudes haben können. Die Betrachtung der Wärmebrücken bei der Planung und deren Optimierung ist für den Erfolg des Gesamtkonzepts einer Dämmmaßnahme essentiell.

Wärmebrücken werden in der Literatur entweder nach ihrer Ursache oder ihrer geometrischen Form unterteilt.

Die Klassifizierung nach der Ursache unterscheidet:

- **Materialbedingte Wärmebrücken**, die durch einen Materialwechsel in der Bauteilfläche oder im Querschnitt entstehen. So stellt z. B. ein Betonpfeiler in einer Porenbetonwand eine materialbedingte Wärmebrücke dar.
- **Konstruktionsbedingte Wärmebrücken**, die überall da entstehen wo Querschnittsänderungen in Bauteilen (z. B. Heizkörpernischen, Installationsschlitze, Fensterlaibungen, Rollladenkästen) unvermeidlich sind. Diese Wärmebrücken werden oft auch als umgebungsbedingte Wärmebrücken bezeichnet.

- **Geometrische Wärmebrücken** entstehen immer da, wo es aufgrund unterschiedlicher Flächenverhältnisse der wärmeaufnehmenden Innenoberfläche und der wärmeabgebenden Außenoberfläche zu erhöhten Wärmeströmen im Vergleich zum Regelquerschnitt kommt. Ein klassisches Beispiel hierfür stellen Gebäudeecken dar.
- **Massestrombedingte Wärmebrücken** sind bei Gebäuden eher selten anzutreffen und hängen meistens mit schadhafte Konstruktionen zusammen, etwa bei Durchfeuchtungen oder großen Undichtigkeiten, die einen erhöhten Wärmeabfluss zur Folge haben. Daher werden sie in dieser Broschüre nicht weiter berücksichtigt.

Eine alternative Klassifizierung von Wärmebrücken kann unabhängig von der Ursache über die geometrische Form erfolgen:

- **Eindimensionale Wärmebrücken** bei Stoffunterschieden innerhalb eines Bauteils (z. B. Stahlbetonstützen im Mauerwerk, Fachwerkskonstruktionen, Verwendung unterschiedlicher Baustoffe)
- **Zweidimensionale Wärmebrücken** an Raumkanten, wo innere und äußere Bauteilfläche unterschiedlich groß sind (z. B. Gebäudeecken, auskragende Bauteile)
- **Dreidimensionale Wärmebrücken**, die überall dort entstehen, wo drei oder mehr Bauteile aufeinandertreffen oder ein Bauteil punktuell ein anderes berührt / durchstößt (z. B. Anschluss Außenecke zum Dach / zur Bodenplatte, Verankerungen im (WDVS))

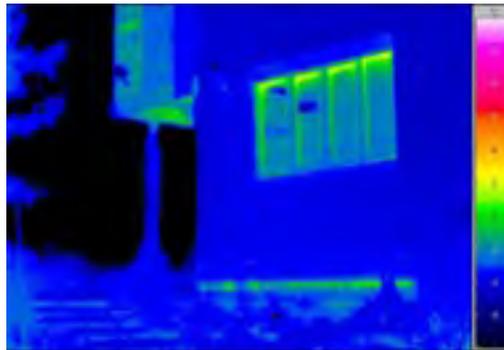
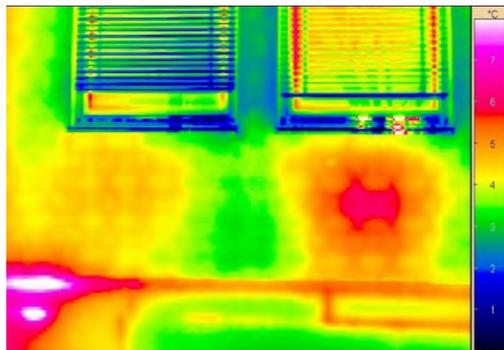
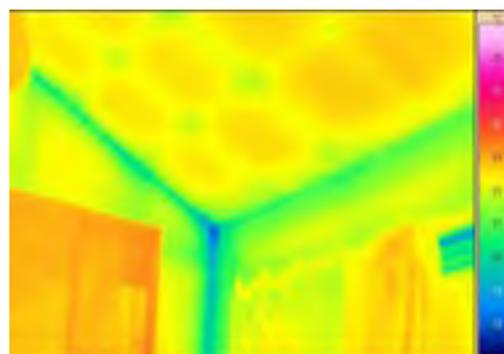


Abb. 19:
Wärmebrücken an der Gebäudehülle nach DIN EN ISO 10211 [15]

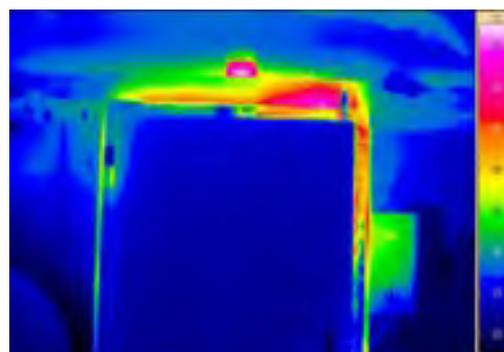
Materialbedingte Wärmebrücken an der Außenwand oberhalb der auskragenden Decke und an der in die Außenwand einbindenden Kellerdecke



Konstruktionsbedingte Wärmebrücke an einer Heizkörpernische, rechts mit und links ohne Betrieb des Heizkörpers.



Geometrische Wärmebrücken an Außenecke, Traufe und Ortgang



Massestrombedingte Wärmebrücke an der Tüрдichtung eines Trockenraums

5.1.1 _ Kennwerte und Anforderungen an Wärmebrücken

Unabhängig von der baulichen Ausführung wird die Wirkung von Wärmebrücken auf die Oberflächentemperatur angrenzender Bauteile und auf die Wärmestromdichte im Querschnitt des betrachteten Anschlusses mithilfe von Kennwerten erfasst.

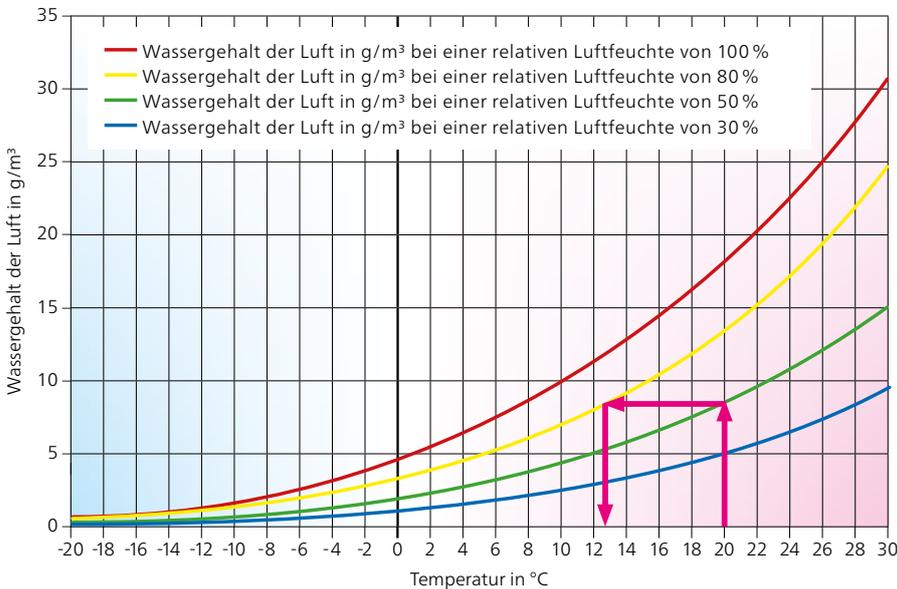
Oberflächentemperatur

Für die Beurteilung der Absenkung der Temperatur und des damit verbundenen Tauwasserrisikos an der Oberfläche wird der dimensionslose Temperaturfaktor f_{Rsi} verwendet [3], der das Verhältnis der Differenz von innerer Oberflächentemperatur Θ_{si} und Außenlufttemperatur Θ_e zu der Differenz von Innenlufttemperatur Θ_i und Außenlufttemperatur Θ_e darstellt:

$$f_{Rsi} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_e}{\Theta_i - \Theta_e}$$

Durch das Aufbringen von Dämmung auf die Innenoberfläche der Wand verändern sich diese Temperaturen und damit auch der Oberflächentemperaturfaktor. Die Oberflächentemperatur der neuen Wandoberfläche wird gegenüber der Ausgangssituation deutlich ansteigen. Gleichzeitig sinkt die Temperatur an der ehemaligen Wandoberfläche deutlich gegenüber dem ungedämmten Fall. Aus Sicht des in der bauaufsichtlich eingeführten DIN 4108-2 [3] festgelegten Mindestwärmeschutzes erfordert dies eine Neubewertung bei einer Innendämmung. Demnach sind Konstruktionen frei von Kapillarkondensation in den feinen Kanälen der Baustoffe, wenn die relative Luftfeuchte dort 80 % nicht überschreitet. Dieser Gefahr begegnet man am einfachsten mit einem ausreichend hohen Wärmedurchlasswiderstand der Konstruktion, der automatisch sicherstellt, dass ein ausreichend großer Anteil (mehr als 70 %) der Temperaturdifferenz zwischen Innenluft und Außenluft auf die Temperaturdifferenz zwischen Innenoberfläche und Außenluft entfällt. Das wird im Oberflächentemperaturfaktor f_{Rsi} von 0,70 ausgedrückt, welcher unabhängig von den gewählten Temperaturrandbedingungen ist. Damit wird der Unterschied der Innenlufttemperatur zur Innenoberflächentemperatur automatisch klein genug, dass die relative Luftfeuchte in oberflächennahen Bereichen nicht zu sehr ansteigt. Bei den in der Norm verwendeten innenseitigen Randbedingungen von 20° C und 50 % relativer Feuchte in Verbindung mit einer Außentemperatur von -5° C ergibt sich eine minimale Oberflächen-

Abb. 20:
 Wassergehalt der Luft bei unterschiedlichen relativen Luftfeuchten und Temperaturen



temperatur von $12,6^{\circ}\text{C}$, für die die relative Luftfeuchte bei Abkühlung und dabei gleichbleibenden absoluten Feuchtegehalt (adiabat) von $20^{\circ}\text{C} / 50\% \text{ r.F.}$ gerade 80% beträgt (siehe Abb. 20). Die Anforderung der Norm betrifft somit die Einhaltung des f_{Rsi} und nicht die Einhaltung von $12,6^{\circ}\text{C}$ an der Oberfläche.

Folglich gelten Wärmebrücken immer dann als ausreichend gedämmt, wenn sie den Mindestanforderungen gemäß DIN 4108-2 [3] entsprechen oder die Gleichwertigkeit zu den im Beiblatt aufgeführten Ausführungen nachgewiesen werden kann. Entsprechende Konstruktionen müssen keinen Nachweis einer ausreichend hohen Oberflächentemperatur erbringen.

Außerdem geht die derzeitige Regelung davon aus, dass auch die Eckpunkte aus aufeinander-treffenden linienförmigen Wärmebrücken ausreichend hohe Oberflächentemperaturen aufweisen, wenn die einzelnen linienförmigen Anschlüsse den Anforderungen genügen. Dies trifft jedoch nur auf Ecken aus maximal drei aufeinandertreffenden Bauteilen zu.

Innenseitig gedämmte Anschlüsse benötigen jedoch grundsätzlich einen Nachweis des Temperaturfaktors nach DIN 4108-2 [3], da die Dämmebene naturgemäß nicht durchgehend ist. Somit können zusätzliche Maßnahmen notwendig werden, um auch Raumecken an Außenwänden hinreichend vor Schimmelpilzbefall zu schützen.

Zusätzliche Wärmeverluste

Laut Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) [2] gilt für Neubauten, dass Wärmebrücken im wirtschaftlich vertretbaren Rahmen so ausgeführt werden müssen, dass ihr Einfluss auf den Jahresheizwärmebedarf möglichst geringgehalten wird. Auch wenn es im GEG explizit nicht bei der Planung von Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden gefordert wird, dass der Planer sich über die Minimierung der Wärmebrückenwirkung Gedanken macht, ist es doch sehr sinnvoll und effizienzsteigernd für die geplante Dämmmaßnahme. Schon ein geringer Mehraufwand in der Planung zahlt sich hier schnell aus. Werden die Sanierungsmaßnahmen für den GEG-Nachweis mittels des Referenzgebäudeverfahrens nachgewiesen, dann sind ohnehin Aussagen über die Wärmebrücken notwendig.

Die an **zweidimensionalen Bauteilanschlüssen** aufgrund der Wärmebrückenwirkung auftretenden zusätzlichen Wärmeverluste werden auf die Länge des Bauteilanschlusses bezogen. Sie stellen einen zusätzlich zu den Wärmeverlusten der flächigen Bauteile zu berücksichtigenden Anteil dar, der auch als „linearer Wärmedurchgangskoeffizient“ bezeichnet wird. Ausgedrückt wird der zusätzliche Wärmeverlust durch den **längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten, den Ψ -Wert in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$** . Die Wärmebrückenverluste werden über Rechenprogramme bestimmt, die meist die Finite-Element-Methode verwenden.

Punktförmige (dreidimensionale) Wärmebrücken werden durch den punktförmigen Wärmedurchgangskoeffizienten χ in W/K erfasst.

5.1.2 _ Berücksichtigung von Wärmebrücken im GEG-Nachweis

Die Berücksichtigung des Einflusses von zwei-dimensionalen Wärmebrücken erfolgt nach GEG über einen Wärmebrückenzuschlag (ΔU_{WB}), der auf die U-Werte der gesamten wärmeübertragenden Umfassungsfläche addiert wird. Er kann auf folgende Weise berücksichtigt werden:

- **Pauschaler Wärmebrückenzuschlag**
von $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bzw. $\Delta U_{WB} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, wenn mehr als 50 % der Außenwand mit innenliegenden Dämmschichten und einbindenden Massivdecken versehen ist
- **Nachweis der Gleichwertigkeit**
mit den Konstruktionsdetails aus DIN 4108 Beiblatt 2 (2019) [16] mit Zuschlag $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, wenn die Wärmebrücken Kategorie A entsprechen, bzw. $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, wenn die Wärmebrücken dem höheren energetischen Niveau von Kategorie B entsprechen
- **Detaillierter Einzelnachweis**
mit Berechnung der genauen Wärmeverluste als Summe aller Wärmebrücken multipliziert mit ihrer jeweiligen Anschlusslänge. Diese Summe wird dann auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche des betrachteten Gebäudes bezogen.

Das Beiblatt 2 der DIN 4108 [16] behandelt keine Anschlüsse mit Innendämmung an massiven Außenwänden und es kann im Rahmen von GEG-Nachweisen grundsätzlich aufgrund der erhöhten Wärmebrückeneinwirkung bei innengedämmten Anschlüssen von

einem Wärmebrückenzuschlag ausgegangen werden, der über dem reduzierten pauschalen Zuschlagswert von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ liegt. Im Umkehrschluss kann der vorliegende Wärmebrücken-katalog daher auch nicht zum Nachweis der Gleichwertigkeit mit den in Beiblatt 2 der DIN 4108 [16] dargestellten Anschlusslösungen verwendet werden.

Die Wärmebrückeneinwirkung wiederkehrender 3-dimensionaler Wärmebrücken, wie beispielsweise Dübel in Wärmedämm-Verbundsystemen, wird nicht im GEG Wärmebrückennachweis berücksichtigt, sondern bereits im U-Wert der flächigen Bauteile entsprechend der Vorgaben von DIN EN ISO 6946 [17] angerechnet. Dies deckt sich mit der Vorgehensweise für zusammengesetzte Bauteile, beispielsweise bei Holzständerwerken mit Dämmung im Gefach. Einzelne dreidimensionale Wärmebrücken am Gebäude werden üblicherweise im GEG-Nachweis vernachlässigt. Das betrifft vor allem einzelne und kleinere Befestigungen, wie Markisenbefestigungen oder die Schrauben für den Briefkasten im WDVS oder – bei innengedämmten Bauteilen – auch die Befestigungen für Regale oder Hängeschränke, die man nicht explizit berücksichtigen muss.

Gebäude mit innenseitig gedämmten Außenwänden erfüllen in der Regel nicht die in DIN 4108 Beiblatt 2 [16] beschriebenen Voraussetzungen für einen Nachweis der Gleichwertigkeit. Um den andernfalls erhöhten Pauschalzuschlag von $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zu umgehen, kann es sich also insbesondere bei Innendämmungen lohnen, auf einen detaillierten Einzelnachweis zurückzugreifen.

5.1.3 _ Besonderheiten zu Wärmebrücken bei Innendämmung

Durch das Anbringen einer Dämmung sinkt der Wärmeverlust durch ein Bauteil deutlich. Damit verbunden sinkt auch der Wärmeverlust am Bauteilanschluss gedämmter Bauteile, jedoch nicht im gleichen Maße wie für das flächige Bauteil. Dadurch kann es trotz insgesamt deutlich reduziertem Wärmeverlust nach dem Anbringen einer Dämmschicht zu höheren Ψ -Werten kommen als für das ungedämmte Bauteil. Das betrifft vor allem Bauteilanschlüsse mit einer Durchdringung der Dämmschicht, was für Innendämmung typisch ist. Wärmebrücken haben damit bei gut gedämmten Bauteilen einen höheren Anteil am Wärmeverlust, auch wenn dieser insgesamt durch die Dämmung natürlich deutlich kleiner ausfällt.

Deutlich wird das durch den Vergleich einer Außenwand mit einbindender Innenwand in Abb. 21 vor und nach der Sanierung mit 60 mm Innendämmung. Der U-Wert sinkt durch

die Dämmung deutlich von 0,97 auf 0,39 W/(m²·K), aber der Ψ -Wert der Wärmebrücke steigt stark von 0,002 auf 0,12 W/(m·K) an. Die gesamten Wärmeverluste des gedämmten Bauteils sinken jedoch drastisch, was man gut an der Pfeildarstellung der Wärmestromdichten erkennen kann.

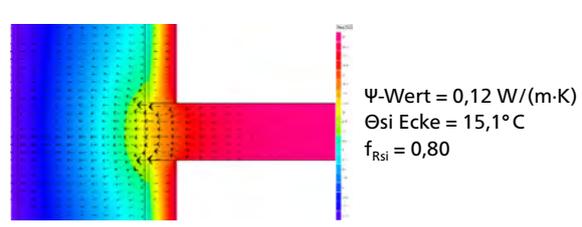
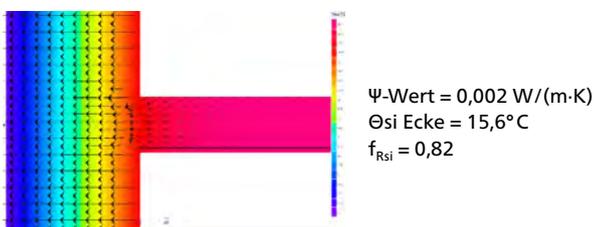
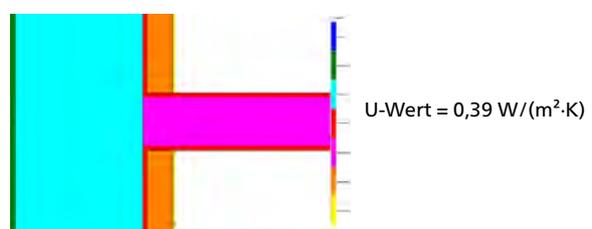
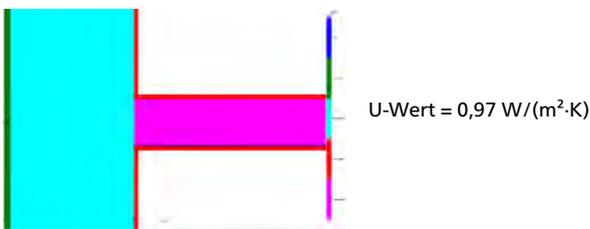
Auch kommt es durch die stärkere Wärmebrückenwirkung zu einer Absenkung der Temperatur in der Ecke von 15,6 auf 15,1°C, was in diesem Beispiel einer Verringerung des f_{Rsi} -Wertes von 0,82 auf 0,80 entspricht, getrennt berechnet mit den hierfür anzusetzenden Randbedingungen nach DIN 4108-2.

Das Risiko der niedrigeren Temperaturen an den Oberflächen beider beteiligten Bauteile lässt sich durch den Einsatz der richtigen Planungswerkzeuge – wie dem hier vorliegenden Wärmebrückenkatalog – gut abschätzen, vermeiden oder beherrschen.

Abb. 21: Ψ -Werte, f_{Rsi} -Werte und minimale Oberflächentemperaturen in den Ecken – vor und nach der Sanierung mit 60 mm Innendämmung der WLK 040

Vor der Sanierung

Nach der Sanierung mit 60mm Innendämmung der WLK 040



Stellt sich im Laufe der Planung heraus, dass die „Standardausführung“ der Innendämmung keine ausreichend hohen inneren Oberflächentemperaturen gewährleisten kann, stehen dem Planer eine Vielzahl an Zusatzmaßnahmen zur Verfügung. Dazu zählen beispielsweise das Entfernen des vorhandenen Estrichs in Randbereichen einbindender Decken und durchgehende Anbringung der Innendämmung bis auf die Rohdecke oder die Verwendung einer „Flankendämmung“ in Form von Dämmstreifen oder Dämmkeilen an einbindenden Bauteilen, ggf. verbunden mit dem Entfernen des Bestandsputzes, um Sprünge in der Wandoberfläche oder bei der Deckenhöhe zu vermeiden oder zu reduzieren.

5.2 _ Randbedingungen zur Berechnung und Bewertung

5.2.1 _ Berechnungssystematik

In den nachfolgenden Kapiteln werden Bauteilanschlüsse mit Innendämmung aus Holzfaserdämmstoffen vorgestellt, die für die betrachteten Konstruktionen, Materialien und Bauteilschichten eine einfache Abschätzung ermöglichen, ob die Konstruktion an den einbindenden Bauteilen hinsichtlich des Oberflächentemperaturfaktors unkritisch ist (grüne Ampel), ggf. Zusatzmaßnahmen verbunden mit einem genaueren Nachweis ergriffen werden müssen (gelbe Ampel) oder so kritisch sind, dass von der Ausführung abgeraten wird (rote Ampel). Die tabellarische Darstellung bezieht sich auf den Oberflächentemperaturfaktor f_{Rsi} am einbindenden Bauteil und enthält

die Ψ -Werte für den rechnerischen Nachweis gemäß GEG. Ψ -Werte von weiteren Konstruktionen mit Innendämmung aus Holzfasern sind im EnEff-ID vdnr-Teilbericht 3 [14] detailliert beschrieben. Dreidimensionale Wärmebrücken und verschiedene Optimierungsmöglichkeiten, deren Berechnung mit generischem Dämmstoff erfolgte, werden ebenfalls vorgestellt und qualitativ bewertet.

5.2.2 _ Materialien und Konstruktionen

Nachfolgend werden drei mineralische und monolithische Außenwandkonstruktionen (Dicke 30 cm) als Basis für das Anbringen von Innendämmung betrachtet. Die Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks wird variiert (0,42 / 0,53 / 0,64 W/(m·K)), um verschiedene U-Werte der Bestandskonstruktion abzubilden ($U = 1,10 / 1,30 / 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Diese sind repräsentativ für viele Bestandskonstruktionen in Deutschland und lassen daher eine generische Betrachtung der Wärmebrückenwirkung zu. Die hier am Bauteilanschluss betrachteten generischen Konstruktionen mit den U-Werten 1,10 / 1,30 / 1,50 entsprechen nicht den in Kapitel 4 im Regelquerschnitt betrachteten spezifischen Konstruktionen (Vollziegelwand, Hochlochziegel Mauerwerk, Betonhohlblock Mauerwerk).

Die thermischen Kennwerte der Holzfaser-ID wurden anhand eines ausführlichen Messprogramms (siehe EnEff-ID vdnr-Teilbericht 1 [8]) genau bestimmt und die Wärmebrücken im oben genannten Bericht produktspezifisch angegeben. Um die Betrachtung für diese Broschüre anbieterunabhängig zu gestalten, wird ein generischer Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von 0,045 W/(m·K) verwendet, der für eine Vielzahl von Holz-

faser-Produkten repräsentativ ist. Dieser Wert berücksichtigt den baupraktischen Feuchtegehalt, welcher sich bei Lagerung im Klima 23° C und 80% r.F. einstellt. Die Sensitivität der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten der innengedämmten Anschlüsse ist für die Bandbreite der für Holzfaserdämmstoffe üblicherweise anzusetzenden Werte von 0,040 bis 0,050 W/(m·K) gering, was den Ansatz der generischen Wärmeleitfähigkeit von 0,045 W/(m·K) unterstützt. Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit der übrigen in den Bestandskonstruktionen vorhandenen Materialien werden den Tabellen der DIN EN ISO 10456 [18] entnommen.

Die Materialien sind in den Zeichnungen über Kennbuchstaben M und eine laufende Nummer gekennzeichnet. Die Zuordnung der Kennzeichnung zu den Materialien und angenommenen Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit ist der Tabelle 6 zu entnehmen.

Die Berechnungen werden für den nachfolgend dargestellten Regel-Wandquerschnitt mit Innendämmung durchgeführt. Die Dämmstärke wird dabei variiert, damit Innendämmungen im üblichen Dickenbereich von 40 mm bis 80 mm abgedeckt werden. Zwischenwerte können interpoliert werden. Eine Extrapolation für Dämmdicken kleiner 40 mm oder größer 80 mm ist durch die berechneten Werte nicht abgedeckt und sollte fallweise genauer untersucht werden.

Tabelle 6:
Materialkennzeichnungen und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

Bezeichnung	λ in W/(m·K)
M1 Innenputz (Gips)	0,70
M2 Außenputz (Kalkzementputz)	1,0
M3 Außenwand / Trennwand / Kellerwand	variabel
M4 Beton	2,3
M5 Dämmstoff WLG 050	0,050
M6 Dämmstoff WLG 040	0,040
M7 Zementestrich	1,4
M8 HWL-Platte	0,080
M9 Holz	0,13

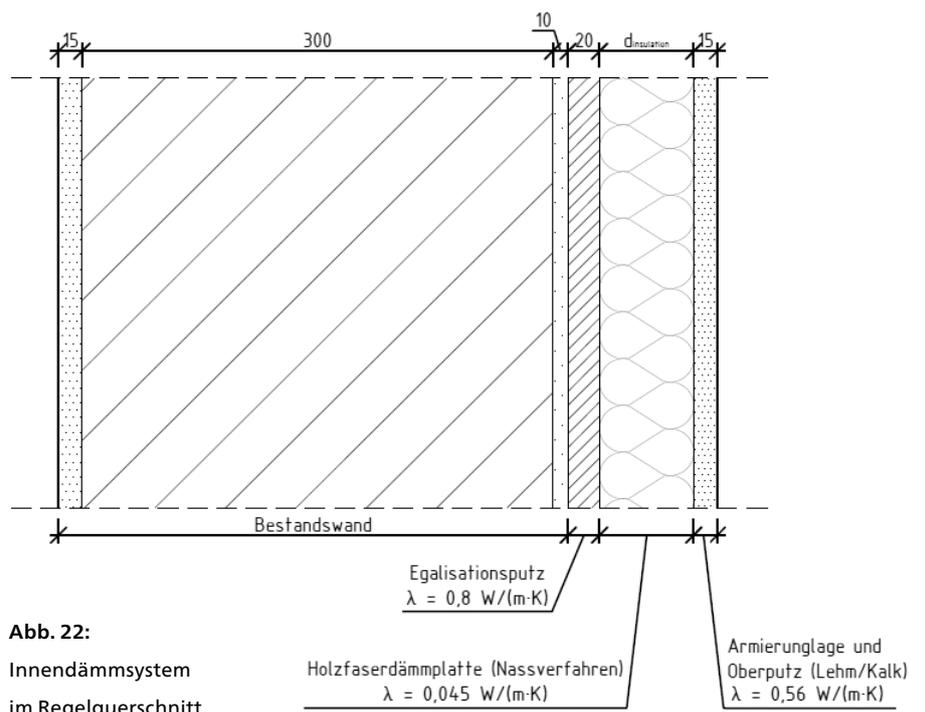


Abb. 22:
Innendämmsystem
im Regelquerschnitt

In ausgewählten Fällen, in denen sich die Oberflächentemperaturen in Anschlussbereichen als zu niedrig erwiesen, um ein Schimmelpilzwachstum auszuschließen, wurde zusätzlich überprüft, ob das Anbringen eines Dämmkeils positive Auswirkungen hat. Für den Dämmkeil werden dieselben Materialeigenschaften angesetzt, wie für die Holzfaserdämmplatte im Regelquerschnitt. Die Abmessungen des Dämmkeils sind für typische Dämmkeile mehrerer Hersteller repräsentativ und in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

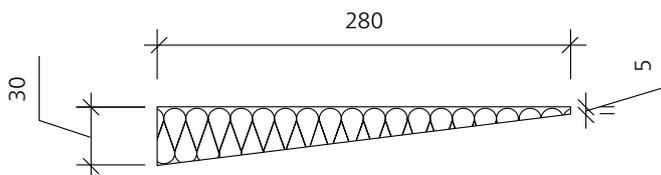


Abb. 23:
Abmessungen der für die Berechnung angesetzten Innendämmkeile aus Holzfasern für die flankierende Dämmung einbindender Bauteile in mm

Als Randbedingungen für die Wärmebrückenberechnungen werden die Vorgaben aus DIN 4108-2 [3] bzw. DIN EN ISO 6946 [17] angesetzt. Dabei werden Temperaturen von -5°C (außen) und 20°C (innen, beheizt), sowie die Wärmeübergangswiderstände $R_{se} = 0,04$ (außen) und $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (innen) angesetzt. Für die Bestimmung des Temperaturfaktors wird der erhöhte innenseitige Wärmeübergangswiderstand R_{si} von $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ verwendet.

Anwendungsbereiche und Nutzungshinweise

Die Kenngrößen der Wärmebrücken sind maßgeblich von der Ausführung der Anschlüsse und der Konstruktionen, deren Wärmeleitfähigkeiten und Abmessungen abhängig. Die nachfolgend dargestellten Berechnungsergebnisse gelten daher nur für die Bauteilabmessungen und Baustoffeigenschaften sowie für das konstruktive Prinzip der

jeweiligen Ausführung des Anschlusses. Bei Abweichungen der Ausführung der Anschlüsse und der verbauten Materialien empfiehlt es sich grundsätzlich, individuelle Berechnungen durchzuführen.

5.2.3 _ Auswahl der Bauteilanschlüsse

Eine Übersicht aller in Kapitel 5.3 untersuchten Anschlussdetails ist in Abb. 24 gegeben.

In Kapitel 5.4 wird zusätzlich untersucht, welche Auswirkungen Innendämmmaßnahmen in einzelnen Wohnungen innerhalb eines Mehrfamilienhauses auf angrenzende beheizte Bereiche haben können. Es werden Fälle einer Teilsanierung mit folgende Anschlussituationen betrachtet:

- Gebäudetrennwand an eine Außenwand (beheizter und unbeheizter Nachbarraum)
- Raumtrennwand an eine Außenwand (beheizter und unbeheizter Nachbarraum)
- unten gedämmte Geschossdecke an Außenwand (oberer Raum unbeheizt)

In Kapitel 5.5 werden zusätzlich fünf typische dreidimensionale (punktförmige) Wärmebrücken untersucht und die Wirkung verschiedener Optimierungsmaßnahmen auf die raumseitige Oberflächentemperatur gezeigt.

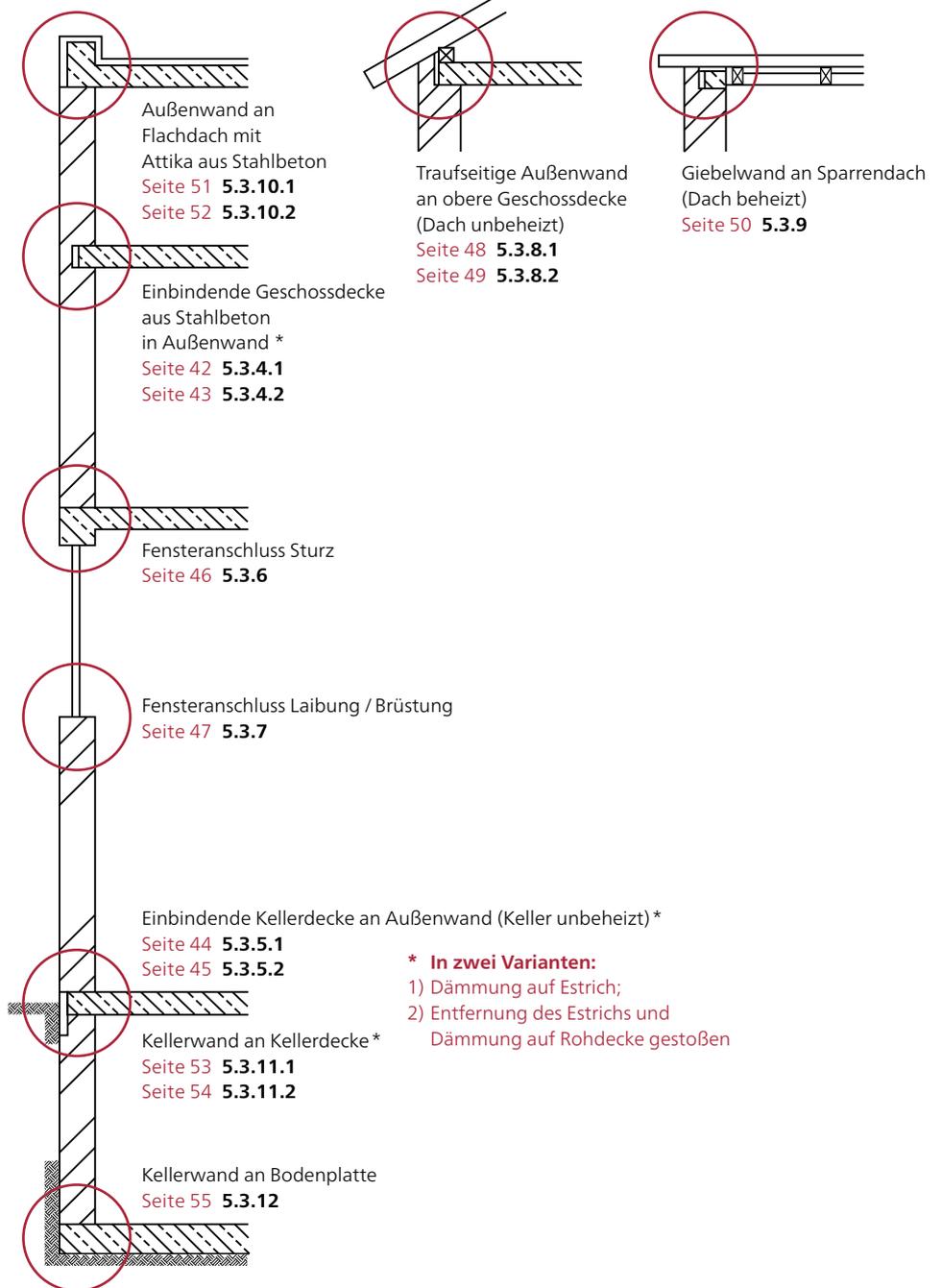
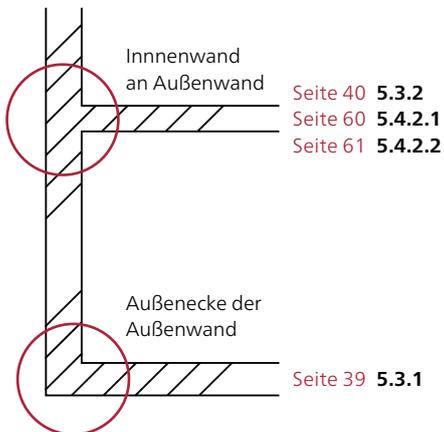
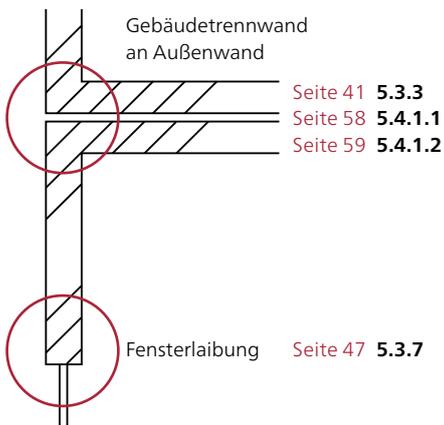
Bei angrenzenden nicht beheizten Bereichen oder bei Dämmmaßnahmen von einzelnen Wohnungen innerhalb eines Mehrfamilienhauses können an die Außenwand grenzenden Innenwände oder Geschossdecken innengedämmt werden. Dabei sollten auch die Auswirkungen der Maßnahme auf die angrenzenden beheizten Bereiche betrachtet werden.

Abb. 24:

Übersicht der untersuchten Bauteilanschlüsse

Horizontalschnitt:

Vertikalschnitt:



Sonderfall: Holzbalkendecke (3D-Simulation erforderlich)
Seite 56 5.3.13

5.2.4 _ Bewertungssystematik

Die Bewertung der Wärmebrücken erfolgt über ein einfaches Ampel-System für die f_{Rsi} -Werte welches in der nachfolgenden Tabelle 7 erläutert wird. Des Weiteren werden die ψ -Werte aller Details dargestellt, jedoch der Wärmeverlust nicht bewertet. Weitere Details können [13] entnommen werden.

Bei der Bewertung der Wärmebrücken anhand des f_{Rsi} -Wertes werden alle Wärmebrücken als grün bzw. unkritisch gekennzeichnet, deren f_{Rsi} -Wert größer oder gleich 0,70 ist und die somit die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] erfüllen.

Eine weitere Kategorie (gelb) wird für Wärmebrücken eingeführt, deren f_{Rsi} -Wert zwar kleiner als 0,70, aber größer oder gleich 0,60 ist. Bei 20° C und 50 % relativer Luftfeuchte im Innenraum entspricht dieser Wert einer Oberflächentemperatur von mindestens 10,0° C und einer Oberflächenfeuchte von maximal 95 %. Wärmebrücken dieser Kategorie erfüllen die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] also nicht, laut Norm besteht das Risiko von Schimmelpilzwachstum. Es wird jedoch als sinnvoll erachtet, Konstruktionen in dieser Kategorie nicht pauschal als unzulässig

einzustufen. Vielmehr kann es sinnvoll sein, den Einzelfall anhand einer numerischen Simulation zu betrachten, bei der die genauen baulichen und klimatischen Randbedingungen angesetzt werden können. Herkömmliche Wärmebrückennachweise werden stationär unter extremen Randbedingungen von - 5° C Außentemperatur und mit einem erhöhten inneren Wärmeübergangswiderstand von $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass solche klimatischen Randbedingungen in den meisten Breitengraden nur über einen sehr begrenzten Zeitraum vorliegen. Eine instationäre Berechnung berücksichtigt die Tages- und Jahresgänge der Außentemperatur sowie die Wärmespeicherkapazität des Bauteils bei der Auswertung der inneren Oberflächentemperaturen und des Schimmelpilzwachstumsrisikos. Ebenso wird mit einbezogen, dass es auch bei Vorliegen von Kapillarkondensation und bei günstigen Wachstumsbedingungen erst nach einigen Tagen zu Schimmelpilzwachstum kommt. Eine Abschätzung der instationären Bewertung der Wachstumsbedingungen kann z. B. mit WUFI®-Bio erfolgen.

In die dritte Kategorie (rot) fallen Wärmebrücken mit einem f_{Rsi} -Wert von kleiner als 0,60, welche pauschal als kritisch hinsichtlich eines möglichen Schimmelpilzwachstums beurteilt werden müssen.

Tabelle 7:**Bei Randbedingungen $T_e = -5^\circ\text{C}$, $T_i = 20^\circ\text{C}$ und $\varphi_i = 50\%$** **getroffene Grenzwerte für die Bewertung der Wärmebrücken –****berechnet mit erhöhtem innerem Wärmeübergangswiderstand von $0,25\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$**

f_{Rsi}	T_{si} in °C	φ_{si} in %	Beschreibung
$\geq 0,70$	$\geq 12,6$	≤ 80	Unkritisch
$\geq 0,60$	$\geq 10,0$	≤ 95	Betrachtung im Einzelfall notwendig (numerische Simulation mit genauen baulichen Randbedingungen); instationäre feuchtetechnische Simulation und Bewertung der Wachstumsbedingungen empfohlen; ggf. zusätzliche Maßnahmen vorsehen
$< 0,60$	$< 10,0$	> 95	Kritisch; von einer Ausführung wird abgeraten

5.3 _ Bewertung der Bauteilanschlüsse

Die Bewertung der 13 in Abb. 24 dargestellten Bauteilanschlüsse mit Innendämmung erfolgt in den nachfolgenden Tabellen.

Dies schließt eine Detailzeichnung inklusive Bemaßung, Randbedingungen und Material-

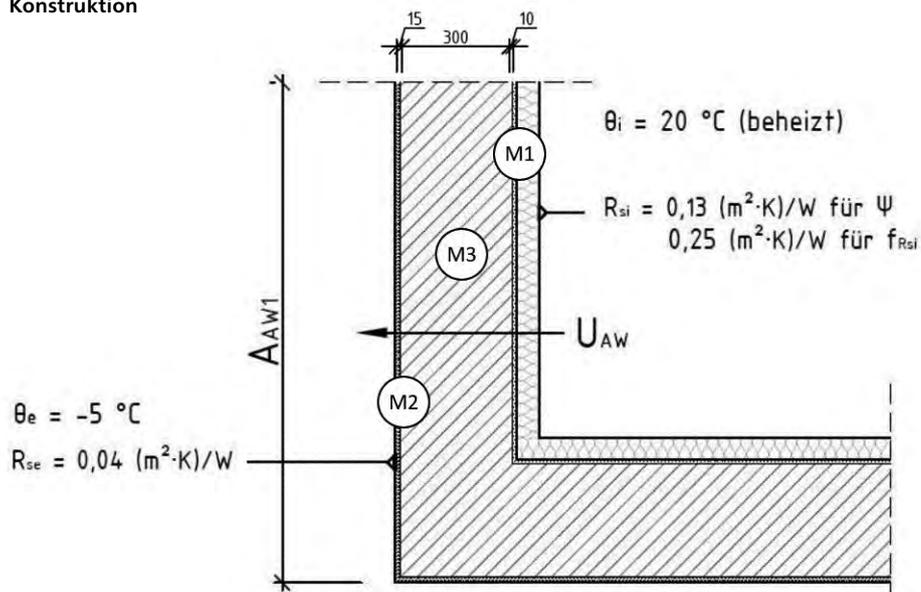
kennzeichnung für die jeweilige Wärmebrücke, die berechneten f_{Rsi} -Werte für verschiedene Dämmdicken und U-Werte der Bestandskonstruktion, die berechneten ψ -Werte sowie eine Bewertung der Ergebnisse mit ein.

Übersicht Bauteilanschlüsse

Seite 39	5.3.1	_ Außenecke der Außenwand
40	5.3.2	_ Innenwand an Außenwand
41	5.3.3	_ Gebäudetrennwand an Außenwand
42	5.3.4.1	_ Einbindende Geschossdecke aus Stahlbeton in Außenwand
43	5.3.4.2	_ Einbindende Geschossdecke aus Stahlbeton in Außenwand – Alternativausführung
44	5.3.5.1	_ Kellerdecke im / über Erdreich an Außenwand (Keller unbeheizt)
45	5.3.5.2	_ Kellerdecke im / über Erdreich an Außenwand (Keller unbeheizt) – Alternativausführung
46	5.3.6	_ Fensteranschluss Sturz mit Betonunterzug
47	5.3.7	_ Fensteranschluss Laibung / Brüstung ohne Fensterbank (Horizontalschnitt)
48	5.3.8.1	_ Traufseitige Außenwand an obere Geschossdecke (Dach unbeheizt)
49	5.3.8.2	_ Traufseitige Außenwand an obere Geschossdecke (Dach unbeheizt) – Alternativausführung
50	5.3.9	_ Giebelwand an Sparrendach (Dach beheizt)
51	5.3.10.1	_ Außenwand an Flachdach mit Attika aus Stahlbeton
52	5.3.10.2	_ Außenwand an Flachdach mit Attika aus Stahlbeton – Alternativausführung
53	5.3.11.1	_ Kellerwand im Erdreich an Kellerdecke (Keller beheizt)
54	5.3.11.2	_ Kellerwand im Erdreich an Kellerdecke (Keller beheizt) – Alternativausführung
55	5.3.12	_ Kellerwand an Bodenplatte
56	5.3.13	_ Holzbalkendecke
58	5.4.1.1	_ Gebäudetrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung beheizt)
59	5.4.1.2	_ Gebäudetrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung unbeheizt)
60	5.4.2.1	_ Raumtrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung beheizt)
61	5.4.2.2	_ Raumtrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung unbeheizt)
62	5.4.3	_ Unten gedämmte Geschossdecke an Außenwand (oberer Raum unbeheizt)

5.3.1 _ Außenecke der Außenwand

Konstruktion



U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f _{Rsi}	40	0,78	0,77	0,76
	60	0,82	0,81	0,80
	80	0,84	0,83	0,83
Ψ in W/(m·K)	40	- 0,35	- 0,39	- 0,42
	60	- 0,30	- 0,33	- 0,34
	80	- 0,26	- 0,28	- 0,30

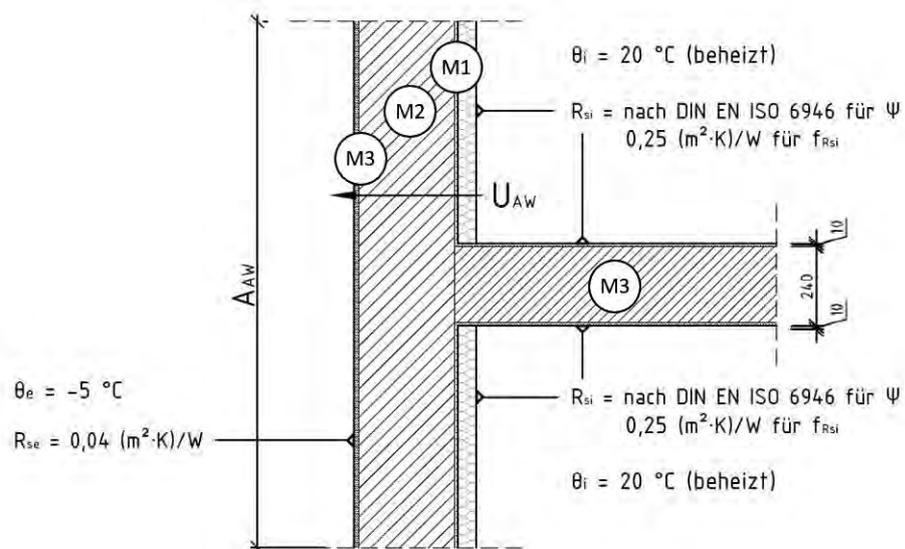
Bewertung:

Die Stelle mit der niedrigsten raumseitigen Oberflächentemperatur liegt direkt an der Kante, an der sich die Bauteile im rechten Winkel treffen. Die sich ergebenden Temperaturfaktoren sind für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um Schimmelgefahren im Bereich der Kante zu vermeiden.

Aufgrund des Außenmaßbezugs der Bauteile ergeben sich trotz der raumseitig lokal erhöhten Wärmeströme im Bereich der Gebäudekante deutlich negative längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten ψ .

5.3.2 _ Innenwand an Außenwand

Konstruktion

U-Wert Bestandswand in $W/(m^2\cdot K)$

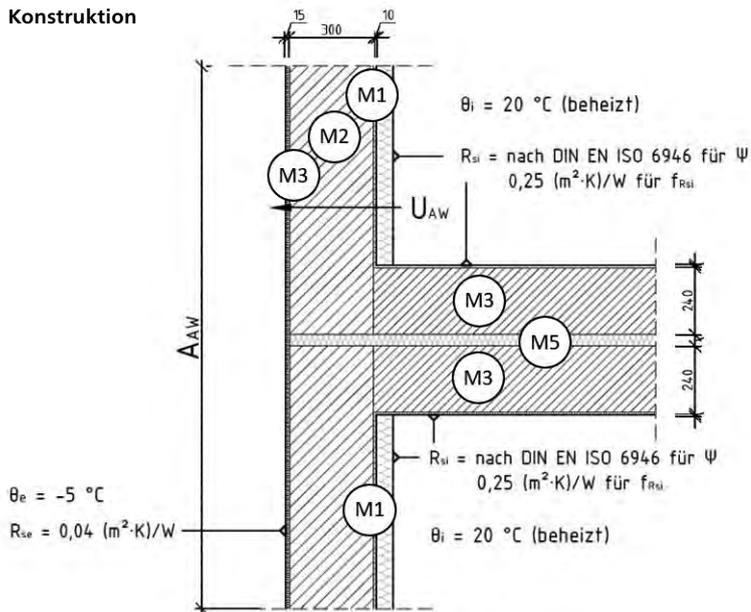
Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,78	0,75	0,73
	60	0,79	0,76	0,74
	80	0,80	0,77	0,75
Ψ in $W/(m\cdot K)$	40	0,12	0,17	0,22
	60	0,15	0,20	0,25
	80	0,16	0,22	0,27

Bewertung:

Die Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur liegt direkt an der Kante, an der die Innendämmung an die Innenwand trifft. Die sich ergebenden Temperaturfaktoren sind für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um Schimmelgefahren in diesem Bereich zu vermeiden.

5.3.3 _ Gebäudetrennwand an Außenwand

Konstruktion



U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

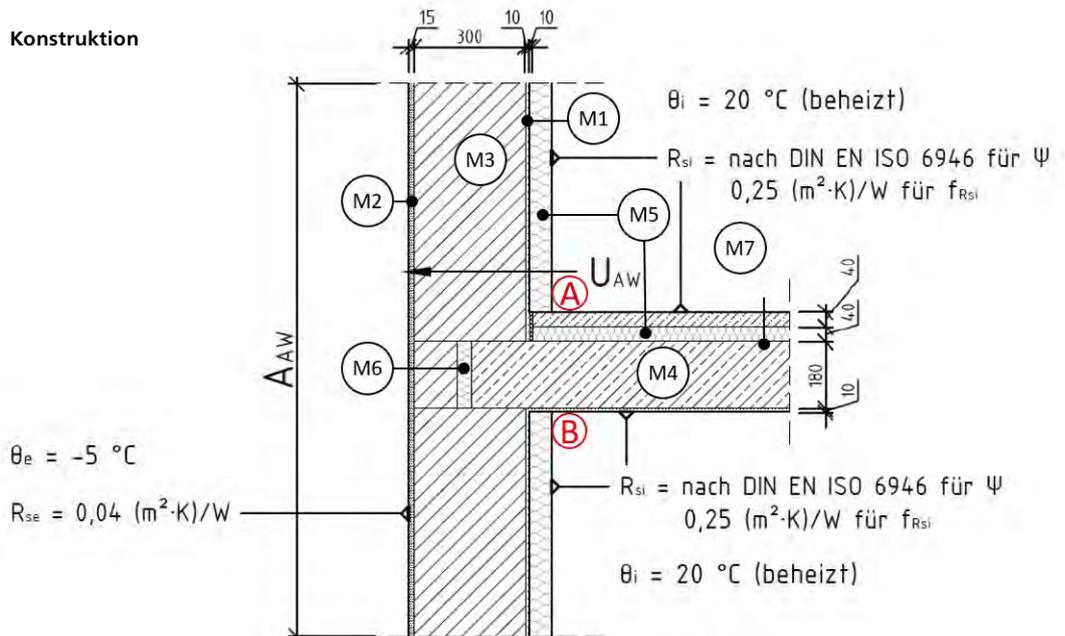
Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,75	0,73	0,70
	60	0,76	0,74	0,72
	80	0,77	0,75	0,73
Ψ in W/(m·K)	40	0,12	0,19	0,26
	60	0,18	0,25	0,33
	80	0,21	0,29	0,37

Bewertung:

Die Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur liegt direkt an der Kante, an der die Innendämmung an die Gebäudetrennwand trifft. Die sich ergebenden Temperaturfaktoren sind für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um Schimmelgefahren im Kantenbereich zu vermeiden.

5.3.4.1 _ Einbindende Geschossdecke aus Stahlbeton in Außenwand Standardausführung – Dämmung auf Estrich gestoßen

Konstruktion

U-Wert Bestandswand in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

	Dämmstärke in mm	1,10		1,30		1,50	
		A	B	A	B	A	B
$f_{R_{s,i}}$	40	0,83	0,77	0,81	0,74	0,80	0,72
	60	0,83	0,77	0,81	0,74	0,80	0,72
	80	0,83	0,77	0,82	0,74	0,80	0,72
Ψ in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	40	0,25		0,30		0,34	
	60	0,30		0,36		0,40	
	80	0,34		0,39		0,43	

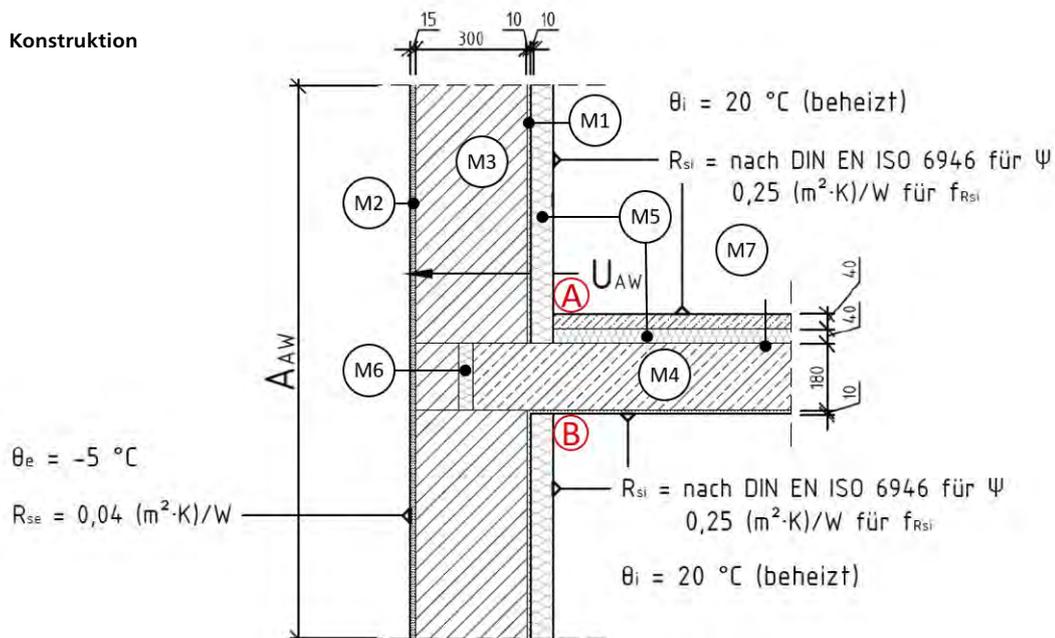
Bewertung:

Die bzgl. der Oberflächentemperatur kritische Stelle liegt am oberen Anschluss der Innendämmung an die Unterseite der einbindenden Geschossdecke (Punkt B). In diesem Bereich sind die sich ergebenden Temperaturfaktoren für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um dort das Wachstum von Schimmelpilzen zu vermeiden.

Durch das Entfernen des Estrichs im Randbereich können auch die Ψ -Werte des Details etwas verringert werden.

5.3.4.2 _ Einbindende Geschossdecke aus Stahlbeton in Außenwand
 Alternativausführung – Dämmung auf Betondecke gestoßen

Konstruktion



U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

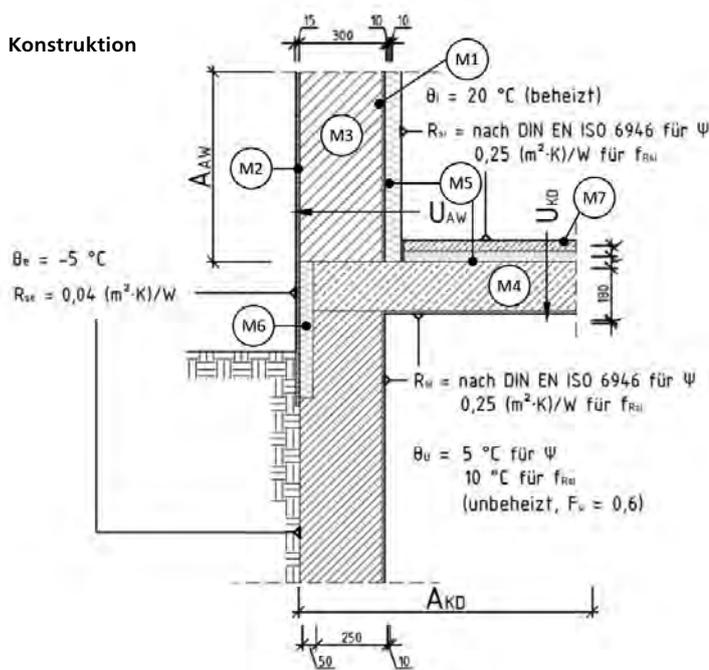
Dämmstärke in mm	1,10		1,30		1,50	
	A	B	A	B	A	B
f_{Rsi}						
40	0,87	0,76	0,86	0,73	0,86	0,71
60	0,90	0,76	0,89	0,73	0,88	0,71
80	0,91	0,76	0,91	0,73	0,90	0,71
Ψ in W/(m·K)						
40	0,22		0,26		0,30	
60	0,27		0,31		0,35	
80	0,30		0,35		0,38	

Bewertung:

Die bzgl. der Oberflächentemperatur kritische Stelle liegt am oberen Anschluss der Innendämmung an die Unterseite der einbindenden Geschossdecke (Punkt B). In diesem Bereich sind die sich ergebenden Temperaturfaktoren für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um dort das Wachstum von Schimmelpilzen zu vermeiden.

Durch das Entfernen des Estrichs im Randbereich können auch die Ψ -Werte des Details etwas verringert werden.

5.3.5.2 _ Kellerdecke im / über Erdreich an Außenwand (Keller unbeheizt)
 Alternativausführung – Dämmung auf Betondecke gestoßen



U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,88	0,87	0,87
	60	0,88	0,88	0,87
	80	0,89	0,88	0,88
Ψ in W/(m·K)	40	- 0,18	- 0,19	- 0,19
	60	- 0,19	- 0,19	- 0,19
	80	- 0,20	- 0,20	- 0,20

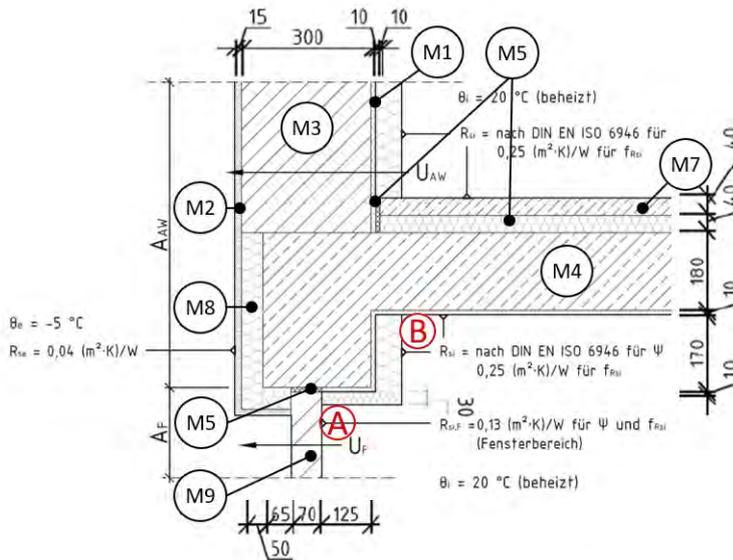
Hinweis: Die Berechnung erfolgt ohne die Berücksichtigung des Erdreichs. Damit sind die Berechnungsergebnisse auch für Ausführungen der Kellerdecke über Erdreich anwendbar.

Bewertung: Die Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur liegt direkt an der entstehenden Kante von Innendämmung und Oberseite Kellerdecke. Die sich ergebenden Temperaturfaktoren sind für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um Schimmelgefahren im Bereich der Kante zu vermeiden.

Aufgrund des Außenmaßbezugs für den U-Wert der Kellerdecke ergeben sich trotz der raumseitig lokal feststellbaren Erhöhungen der Wärmeströme negative längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ . Dabei ist der Ψ -Wert für die zweite Ausführung nochmals niedriger, da nach erfolgter Innendämmmaßnahme nun innenseitig eine durchgehende Dämmebene vorliegt (Innendämmung schließt an die Trittschalldämmung an)

5.3.6 _ Fensteranschluss Sturz mit Betonunterzug

Konstruktion

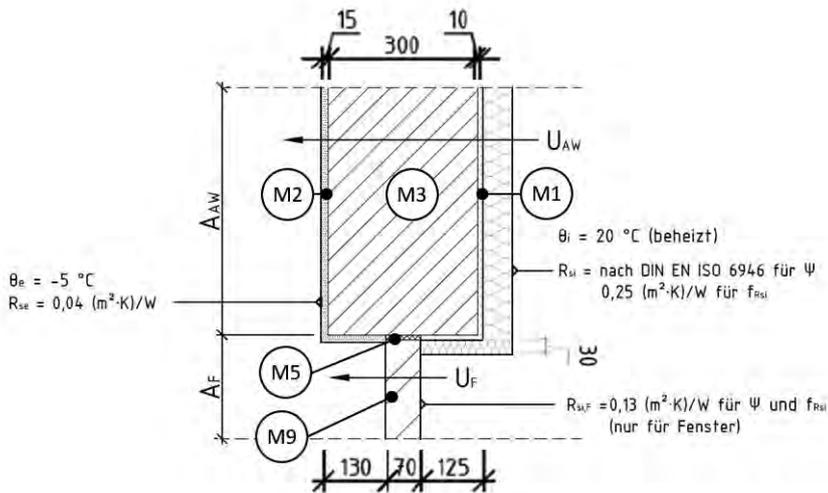


		U-Wert Bestandswand in $W/(m^2 \cdot K)$					
		1,10		1,30		1,50	
Dämmstärke in mm		A	B	A	B	A	B
f_{Rsi}	40	0,77	0,76	0,76	0,75	0,76	0,74
	60	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74
	80	0,76	0,77	0,75	0,76	0,75	0,75
Ψ in $W/(m \cdot K)$	40	0,33		0,35		0,37	
	60	0,38		0,40		0,43	
	80	0,41		0,44		0,46	

Bewertung: Die sich im Anschlussbereich ergebenden Temperaturfaktoren sind für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um dort das Wachstum von Schimmelpilzen zu vermeiden. Durch das Betonbauteil ergeben sich hier jedoch sehr hohe Wärmeverluste.

5.3.7 _ Fensteranschluss Laibung / Brüstung ohne Fensterbank (Horizontalschnitt)

Konstruktion

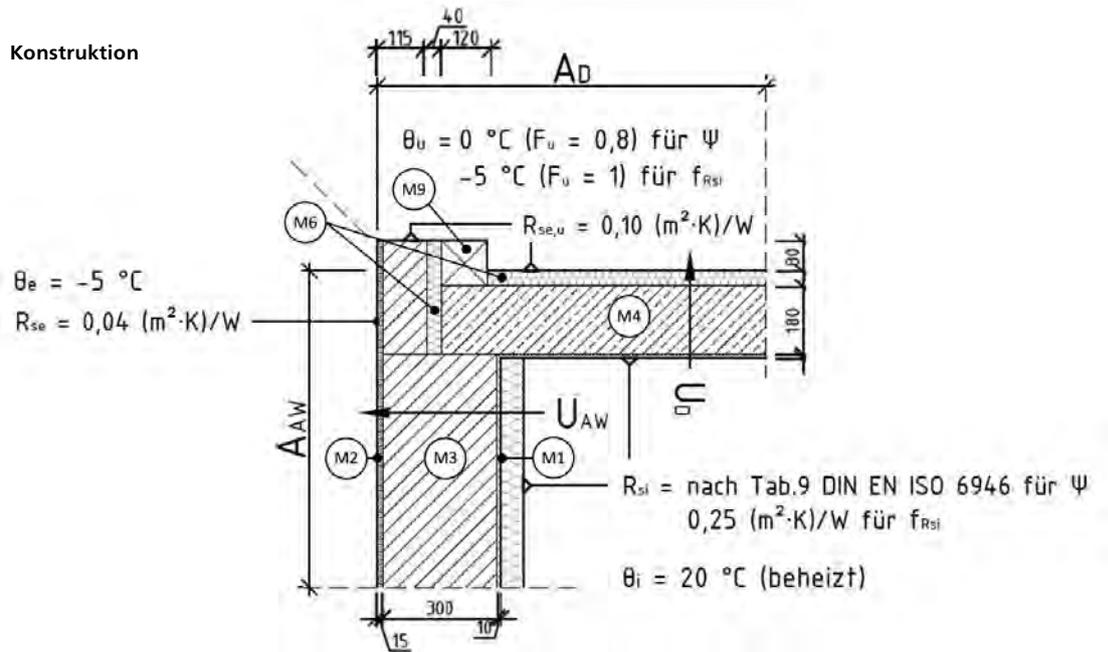


U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f _{Rsi}	40	0,71	0,69	0,68
	60	0,70	0,69	0,67
	80	0,69	0,68	0,64
Psi in W/(m·K)	40	0,05	0,07	0,08
	60	0,06	0,08	0,09
	80	0,07	0,09	0,10

Bewertung: Die Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur liegt direkt an der Kante, an der die Innendämmung auf das Fenster trifft. Die Oberflächentemperatur ist dort niedriger als im oberen Fensteranschluss zum Sturz, da hier keine außenseitige Dämmung an das Fenster anschließt. Mit steigendem U-Wert der Bestandswand und steigender Dämmdicke gehen sinkende innenseitige Oberflächentemperaturen einher, sodass für einige Varianten eine Betrachtung im Einzelfall notwendig ist.

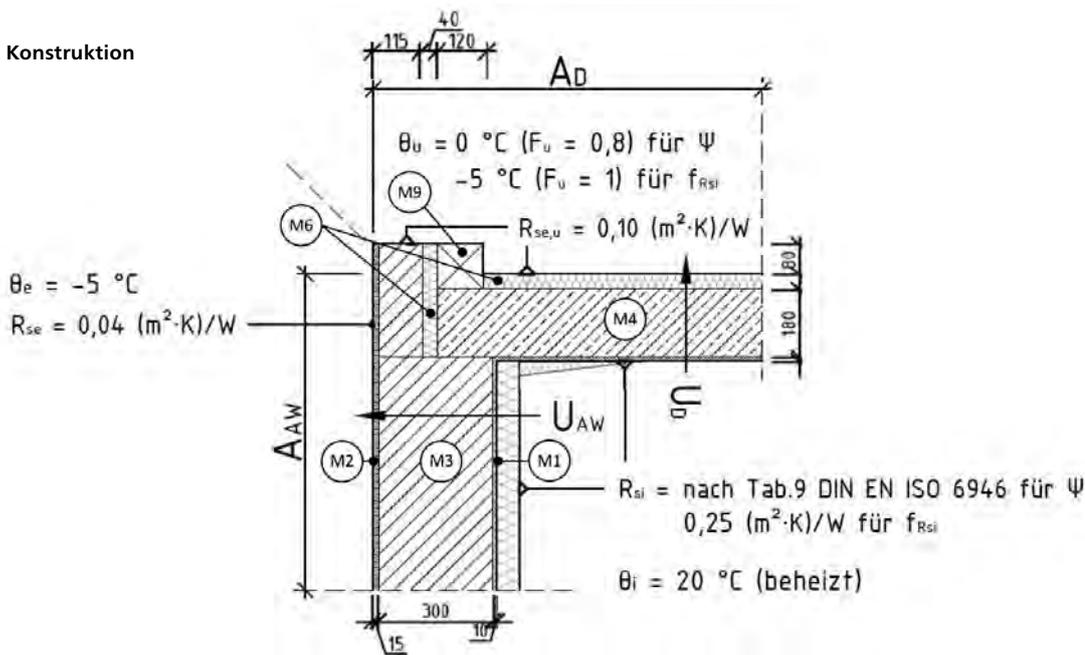
5.3.8.1 _Traufseitige Außenwand an obere Geschossdecke (Dach unbeheizt)
Standardausführung



		U-Wert Bestandswand in W/(m ² ·K)		
Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,65	0,64	0,63
	60	0,65	0,63	0,62
	80	0,65	0,63	0,62
Ψ in W/(m·K)	40	-0,03	0,00	0,02
	60	0,00	0,03	0,06
	80	0,02	0,05	0,08

5.3.8.2 _Traufseitige Außenwand an obere Geschossdecke (Dach unbeheizt)

Alternativausführung – Ausführung mit Dämmkeil



U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,73	0,73	0,72
	60	0,73	0,73	0,72
	80	0,73	0,73	0,72
Ψ in W/(m·K)	40	-0,21	-0,21	-0,20
	60	-0,18	-0,17	-0,16
	80	-0,17	-0,16	-0,15

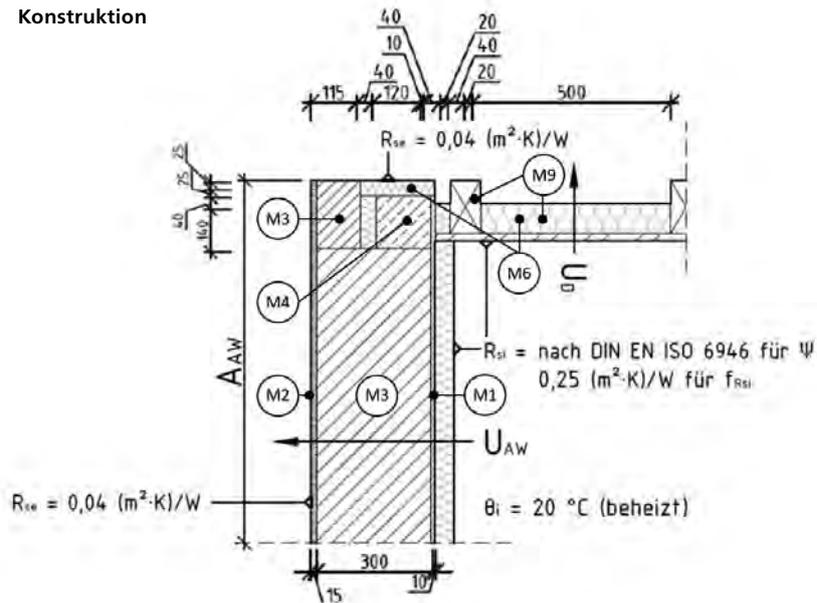
Bewertung:

An der Kante zwischen der innen gedämmten Außenwand und der oberen Geschossdecke liegt aufgrund der lokal stark erhöhten Wärmestromdichte die Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur. Die sich ergebenden Temperaturfaktoren liegen für alle berechneten Varianten ohne Dämmkeil in einem Bereich, in dem eine zusätzliche Betrachtung im Einzelfall, z. B. durch numerische Simulation, notwendig ist. Wird ein Dämmkeil angebracht, werden die Oberflächentemperaturen für alle betrachteten Varianten ausreichend hoch, um das Wachstum von Schimmelpilz zu vermeiden.

Aufgrund des Außenmaßbezugs ergeben sich trotz der ausgeprägten Wärmebrückenwirkung am Anschluss sehr geringe, teils negative Wärmedurchgangskoeffizienten ψ .

5.3.9 _ Giebelwand an Sparrendach (beheizter Dachraum)

Konstruktion

U-Wert Bestandswand in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

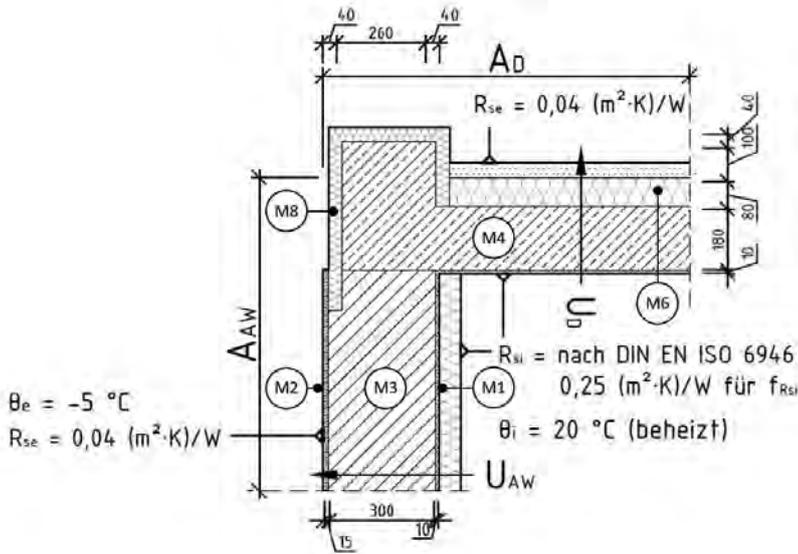
Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,72	0,72	0,71
	60	0,73	0,73	0,73
	80	0,75	0,75	0,75
Ψ in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	40	-0,23	-0,24	-0,25
	60	-0,24	-0,24	-0,25
	80	-0,25	-0,25	-0,26

Bewertung:

Am Anschluss der Giebelwand an das Dach (Ortgang) ergibt sich im Bereich des äußeren Sparrens eine erhöhte Wärmestromdichte und dadurch eine lokal niedrigere Oberflächentemperatur. Diese sind für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um Schimmelgefahren im Anschlussbereich zu vermeiden. Aufgrund des Außenmaßbezugs ergeben sich trotz der Wärmebrückenwirkung am Anschluss deutlich negative ψ -Werte für die betrachteten Varianten.

5.3.10.1 _ Außenwand an Flachdach mit Attika aus Stahlbeton
Standardausführung

Konstruktion



U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,62	0,61	0,60
	60	0,62	0,61	0,60
	80	0,62	0,62	0,61
Ψ in W/(m·K)	40	0,20	0,20	0,19
	60	0,22	0,22	0,23
	80	0,23	0,23	0,24

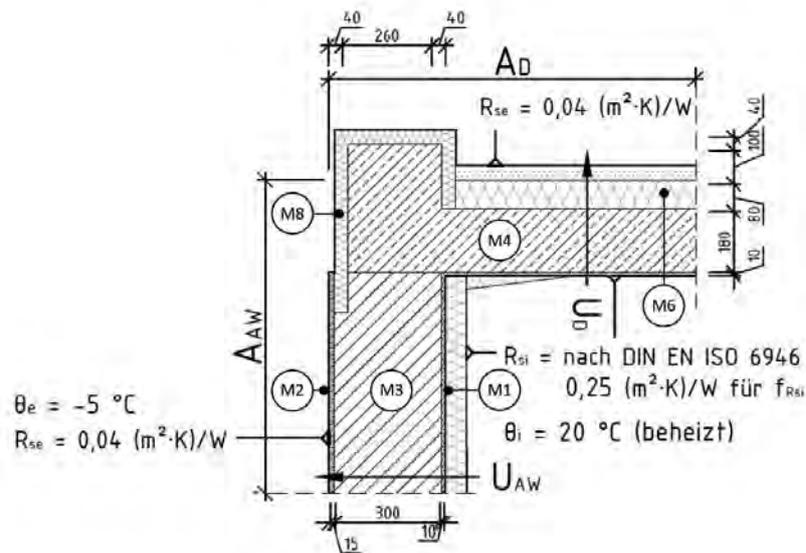
Bewertung:

An der Kante zwischen der innen gedämmten Außenwand und der oberen Geschossdecke liegt aufgrund der lokal stark erhöhten Wärmestromdichte die Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur. Die sich ergebenden Temperaturfaktoren liegen für alle berechneten Varianten ohne Dämmkeil in einem Bereich, in dem eine zusätzliche Betrachtung im Einzelfall, z. B. durch numerische Simulation, notwendig ist. Wird ein Dämmkeil angebracht, werden die Oberflächentemperaturen für alle betrachteten Varianten ausreichend hoch, um das Wachstum von Schimmelpilz zu vermeiden.

Aufgrund des Außenmaßbezugs ergeben sich trotz der ausgeprägten Wärmebrückenwirkung am Anschluss sehr geringe, teils negative Wärmedurchgangskoeffizienten ψ .

5.3.10.2 _ Außenwand an Flachdach mit Attika aus Stahlbeton Alternativausführung – Ausführung mit Dämmkeil

Konstruktion



U-Wert Bestandswand in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

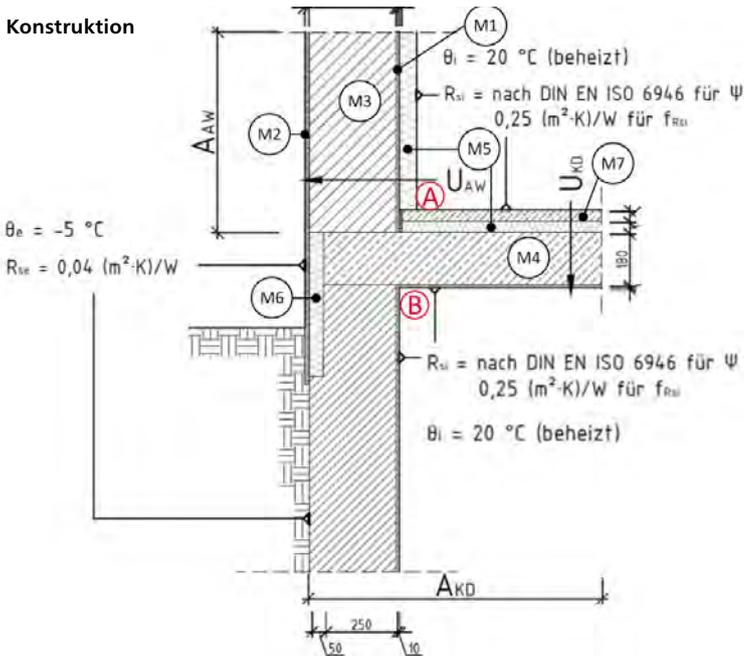
Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,75	0,75	0,75
	60	0,75	0,75	0,75
	80	0,75	0,75	0,75
Ψ in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	40	0,01	0,00	- 0,01
	60	0,04	0,03	0,03
	80	0,05	0,05	0,05

Bewertung:

Die Wärmestromdichte entlang der Betondecke ist bei der Ausführung ohne Dämmkeil stark erhöht und führt an der Kante der Bauteile und entlang des äußeren Bereichs der Unterseite der Betondecke zu deutlich niedrigeren Oberflächentemperaturen. Die sich ergebenden Temperaturfaktoren liegen für alle berechneten Varianten ohne Dämmkeil in einem Bereich, in dem eine zusätzliche Betrachtung im Einzelfall, z. B. durch numerische Simulation, notwendig ist.

Der Einsatz eines Dämmkeils führt zu einer deutlichen Erhöhung der Oberflächentemperaturen im Anschlussbereich, sodass diese ausreichend hoch werden, um Schimmelpilzwachstum zu vermeiden.

5.3.11.1 _ Kellerwand im Erdreich an Kellerdecke (Keller beheizt)
 Standardausführung – Dämmung auf Estrich gestoßen



U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

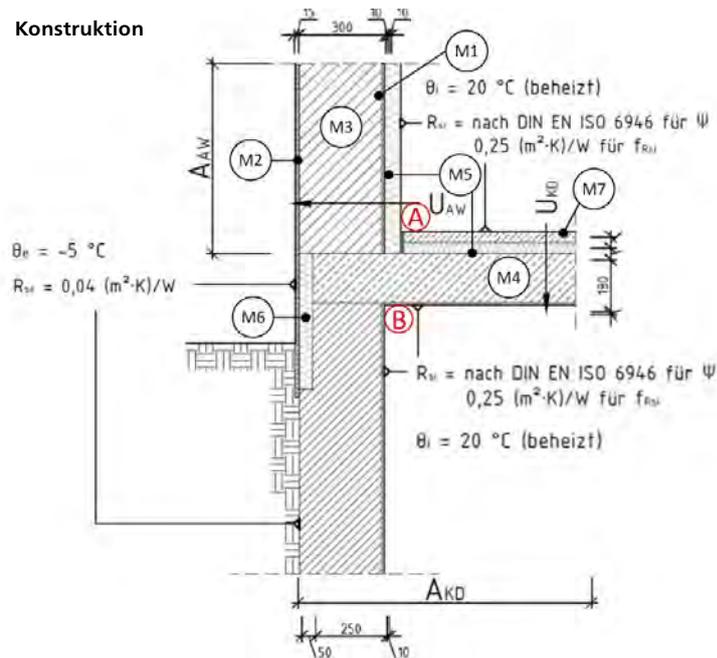
Dämmstärke in mm	1,10		1,30		1,50	
	A	B	A	B	A	B
f _{Rs,i}	0,84	0,77	0,82	0,75	0,80	0,73
	0,84	0,77	0,82	0,75	0,81	0,73
	0,84	0,77	0,82	0,75	0,81	0,74
Ψ in W/(m·K)	0,21		0,24		0,27	
	0,28		0,32		0,35	
	0,32		0,36		0,40	

Bewertung: Die bzgl. der Oberflächentemperatur kritische Stelle liegt auch hier an der Unterseite der einbindenden Geschossdecke. Im Kantenbereich sind die sich ergebenden Temperaturfaktoren für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um dort das Wachstum von Schimmelpilzen zu vermeiden.

5.3.11.2 _ Kellerwand im Erdreich an Kellerdecke (Keller beheizt)

Alternativausführung – Dämmung auf Betondecke gestoßen

Konstruktion

U-Wert Bestandswand in $W/(m^2 \cdot K)$

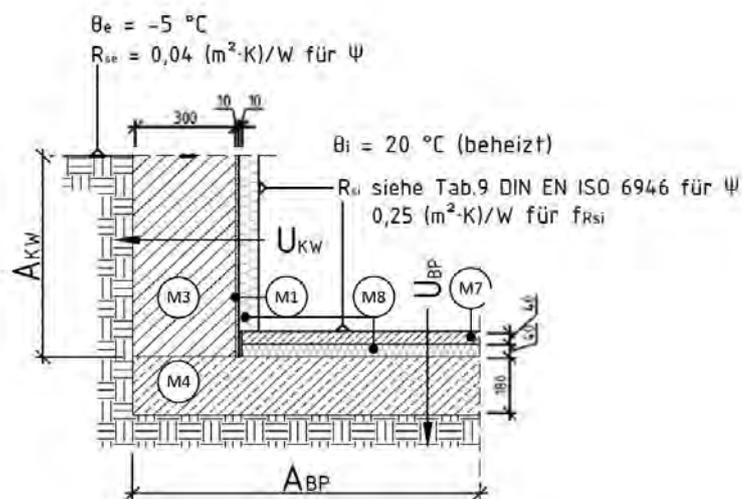
Dämmstärke in mm		1,10		1,30		1,50	
		A	B	A	B	A	B
f_{Rsi}	40	0,87	0,77	0,86	0,74	0,86	0,72
	60	0,90	0,76	0,89	0,74	0,88	0,72
	80	0,91	0,76	0,91	0,74	0,90	0,72
Ψ in $W/(m \cdot K)$	40	0,19		0,21		0,24	
	60	0,25		0,28		0,31	
	80	0,28		0,32		0,35	

Bewertung:

Die bzgl. der Oberflächentemperatur kritische Stelle liegt auch hier an der Unterseite der einbindenden Geschossdecke. Im Kantebereich sind die sich ergebenden Temperaturfaktoren für alle berechneten Varianten ausreichend hoch, um dort das Wachstum von Schimmelpilzen zu vermeiden.

5.3.12 _ Kellerwand an Bodenplatte

Konstruktion



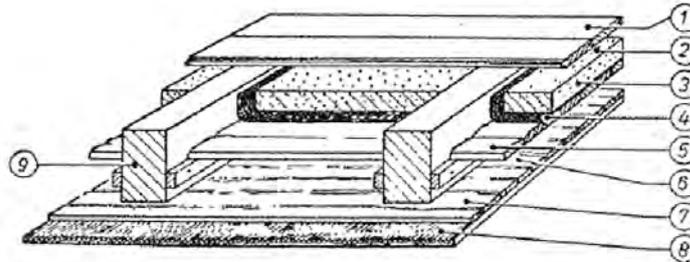
U-Wert Bestandswand in $W/(m^2\cdot K)$

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,81	0,81	0,81
	60	0,81	0,81	0,80
	80	0,81	0,80	0,80
Ψ in $W/(m\cdot K)$	40	0,09	0,10	0,11
	60	0,07	0,08	0,09
	80	0,06	0,06	0,07

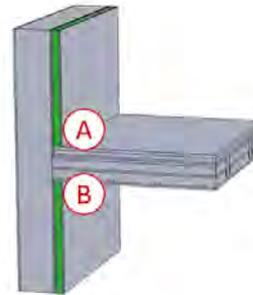
Bewertung: Die Oberflächentemperaturen an der Kante der aneinander anschließenden Bauteile sind ausreichend hoch, um dort das Wachstum von Schimmelpilzen zu vermeiden.

5.3.13 _ Holzbalkendecke

Konstruktion



- (1) Holzfußboden 22 mm
- (2) Luftraum 20 mm
- (3) Schüttung (Sand/Schlacke/Lehm) 80 mm
- (4) Pappe
- (5) Zwischenboden und Latten 20 mm
- (6) Luftraum 50 mm
- (7) Lattung 20 mm
- (8) Rohrdeckenputz 20 mm
- (9) Balken 100 mm x 200 mm



Der Achsabstand zwischen den Balken beträgt 60 cm.

U-Wert Bestandswand in $W/(m^2 \cdot K)$

	Dämmstärke in mm	1,10		1,30		1,50	
		A	B	A	B	A	B
f_{Rsi}	40	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77	0,75
	60	0,82	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78
	80	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,79

Hinweis:

Da es sich bei dem Detail um eine punktförmige, dreidimensionale Wärmebrücke handelt, werden keine längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ in W/mK) angegeben. Außerdem ist die entstehende punktförmige Wärmebrücke unter dem Gesichtspunkt der Wärmeverluste nicht relevant, daher wird zudem auf die Angabe des punktförmigen Wärmedurchgangskoeffizienten (χ in W/K) verzichtet. Jedoch ist gerade bei Innendämmmaßnahmen die Betrachtung der Oberflächentemperaturen in den Eckbereichen wichtig, weshalb die f_{Rsi} -Werte im Eckbereich dargestellt sind.

Bewertung:

Innerhalb der Gefache zwischen den Holzbalken und an den Balkenköpfen werden sehr niedrige Temperaturen erreicht. Der Holzbalkenkopf kann dadurch auch Frostereignissen ausgesetzt sein. Die Anbringung der Innendämmung wirkt sich gerade auf die Temperatur der Balkenköpfe zusätzlich negativ aus. Hier ist in jedem Fall ein individuelles Konzept zur Sicherstellung der Schadensfreiheit zu entwickeln.

Die vorliegende Betrachtung gibt eine Bewertung der Wärmebrücke unter gegebenen Annahmen, es liegt jedoch explizit keine Planungsleistung vor.

Die Betrachtung der Wärmestromdichten an den raumseitigen Oberflächen zeigt geringe lokale Erhöhungen verglichen mit massiven einbindenden Bauteilen. Dadurch ergeben sich an den Kanten der Außenwand sowohl oberhalb als auch unterhalb zur Decke durchweg ausreichend hohe Temperaturfaktoren.

5.4 _ Bewertung von

Teilsanierungen mit Innendämmung

Im Folgenden werden für den Fall einer Teilsanierung folgende Anschlussituationen betrachtet:

- Gebäudetrennwand an eine Außenwand (beheizter und unbeheizter Nachbarraum)
- Raumtrennwand an eine Außenwand (beheizter und unbeheizter Nachbarraum)
- unten gedämmte Geschossdecke an Außenwand (oberer Raum unbeheizt)

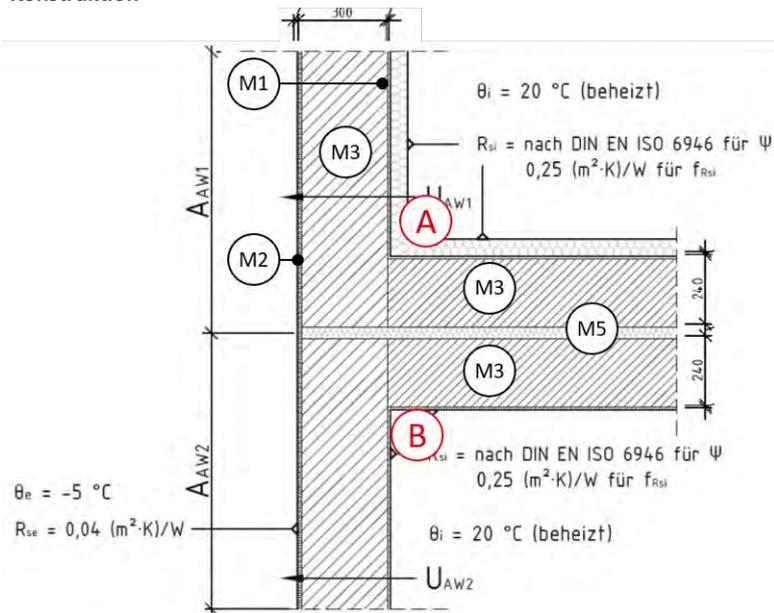


Abb. 25:
Montage eines
Flankendämmkeils



5.4.1.1 _ Gebäudetrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung beheizt)

Konstruktion

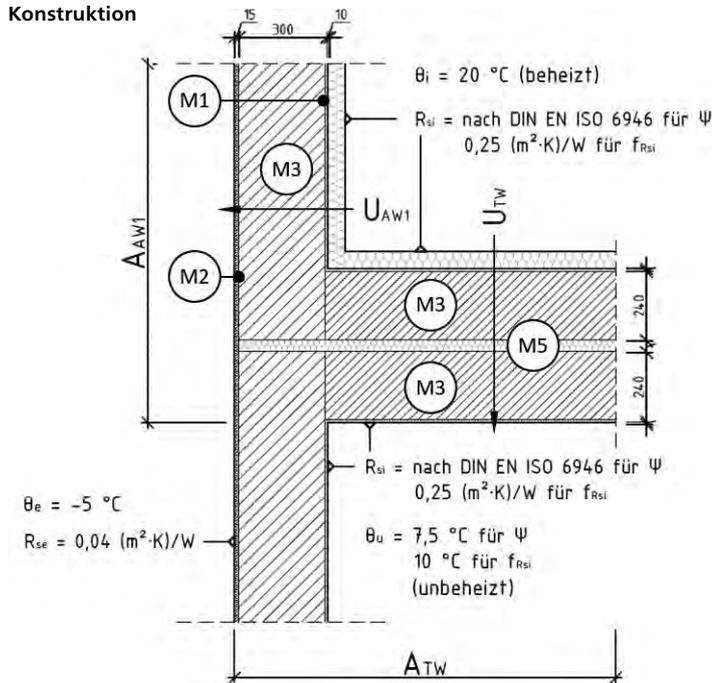


		U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)					
		1,10		1,30		1,50	
Dämmstärke in mm		A	B	A	B	A	B
f_{Rsi}	40	0,86	0,72	0,85	0,68	0,84	0,65
	60	0,88	0,71	0,87	0,68	0,87	0,65
	80	0,90	0,71	0,89	0,68	0,89	0,65
Ψ in W/(m·K)	40	- 0,07		- 0,06		- 0,05	
	60	- 0,05		- 0,04		- 0,02	
	80	- 0,03		- 0,02		0,00	

Bewertung:

Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ sind aufgrund der Außenmaßbezüge der Bauteile im negativen Bereich. Vor allem durch den Ansatz eines größeren Einflussbereichs im Fall der nicht beheizten Nachbarwohnung ergeben sich nochmal deutlich geringere Ψ -Werte. Die Oberflächentemperaturen für den beheizten Fall sind im Anschlussbereich der nicht gedämmten Seite (B) nicht in allen Varianten ausreichend hoch, um Schimmelrisiken vorzubeugen.

5.4.1.2 _ Gebäudetrennwand mit Innendämmung an Außenwand
(Nachbarwohnung unbeheizt)



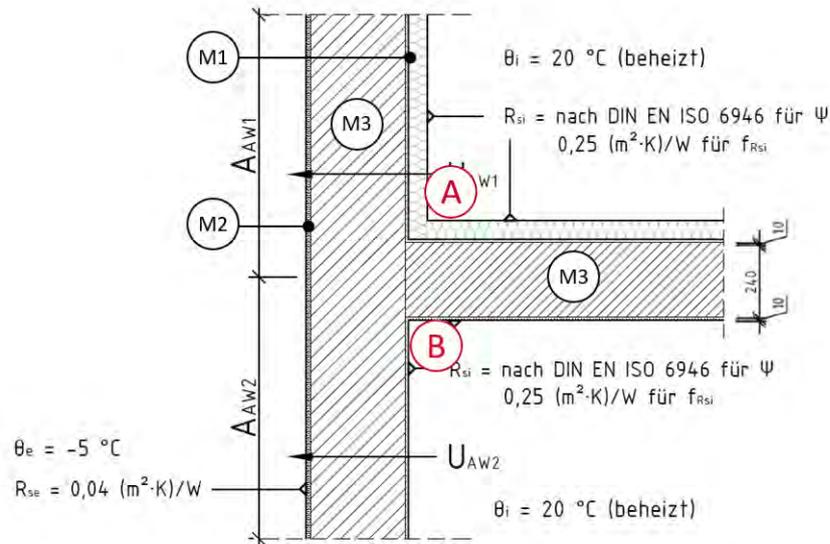
U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,84	0,83	0,83
	60	0,87	0,86	0,85
	80	0,88	0,88	0,87
Ψ in W/(m·K)	40	-0,27	-0,29	-0,31
	60	-0,23	-0,25	-0,25
	80	-0,20	-0,21	-0,22

Bewertung: Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ sind aufgrund der Außenmaßbezüge der Bauteile im negativen Bereich. Vor allem durch den Ansatz eines größeren Einflussbereichs im Fall der nicht beheizten Nachbarwohnung ergeben sich nochmal deutlich geringere Ψ -Werte. Die Oberflächentemperaturen für den beheizten Fall sind im Anschlussbereich der nicht gedämmten Seite (B) nicht in allen Varianten ausreichend hoch, um Schimmelrisiken vorzubeugen.

5.4.2.1 _ Rauntrennwand mit Innendämmung an Außenwand (Nachbarwohnung beheizt)

Konstruktion



		U-Wert Bestandswand in $W/(m^2\cdot K)$					
		1,10		1,30		1,50	
Dämmstärke in mm		A	B	A	B	A	B
f_{Rsi}	40	0,88	0,72	0,87	0,68	0,86	0,65
	60	0,90	0,71	0,89	0,68	0,89	0,64
	80	0,91	0,71	0,91	0,67	0,91	0,64
Ψ in $W/(m\cdot K)$	40	0,04		0,06		0,08	
	60	0,06		0,08		0,11	
	80	0,07		0,10		0,13	

Bewertung:

Die innenseitige flankierende Dämmung der Gebäudetrennwand reduziert die Wärmeverluste nach außen und kompensiert die Wärmebrückenwirkung der Trennwand. Dadurch werden deutlich niedrigere längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten erreicht, als ohne diese Maßnahme (vgl. Abschnitt 5.3.2).

Jedoch wirkt sich die flankierende Dämmung auf der nicht gedämmten Seite negativ auf die Oberflächentemperaturen aus. Im Fall der beheizten Nachbarwohnung tritt hier in Abhängigkeit des Wärmedurchgangskoeffizienten der Bestandswand im Bereich der Raumecke eine kritische Oberflächentemperatur auf. Bei einem Wärmedurchgangskoeffizienten von $1,1\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ oder niedriger ist auch im ungedämmten Raum im Anschlussbereich eine ausreichend hohe Temperatur der Oberfläche gewährleistet.

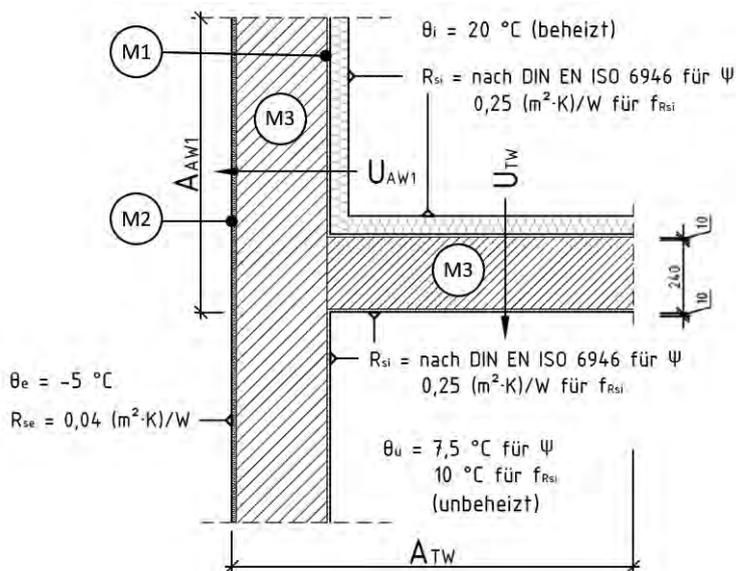
Im Fall der nicht beheizten Nachbarwohnung sind die Oberflächentemperaturen im Anschlussbereich ausreichend hoch, um Schimmelrisiken zu vermeiden.

Hinweis:

Dieses Detail ist ein hypothetisches Beispiel wie sich die thermische Situation ändert, wenn die Trennwand zur beheizten Nachbarwohnung mit gedämmt wird. Es wird NICHT empfohlen die Trennwand zur Nachbarwohnung zu dämmen.

5.4.2.2 _ Rauntrennwand mit Innendämmung an Außenwand
(Nachbarwohnung unbeheizt)

Konstruktion

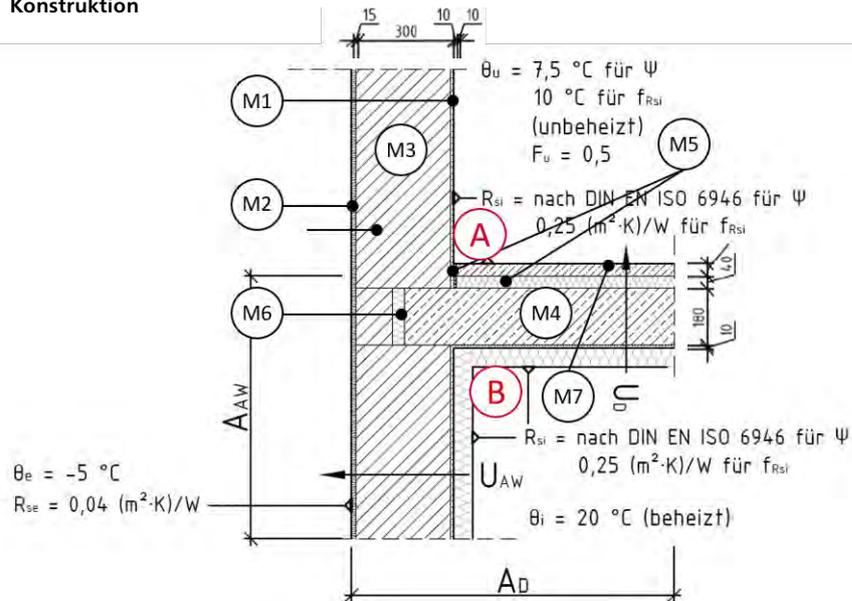


U-Wert Bestandswand in W/(m²·K)

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f _{Rsi}	40	0,85	0,84	0,83
	60	0,87	0,87	0,86
	80	0,89	0,89	0,88
Psi in W/(m·K)	40	-0,23	-0,25	-0,26
	60	-0,20	-0,21	-0,22
	80	-0,17	-0,18	-0,19

5.4.3 _ Unten gedämmte Geschossdecke an Außenwand (oberer Raum unbeheizt)

Konstruktion



U-Wert Bestandswand in $W/(m^2\cdot K)$

Dämmstärke in mm		1,10	1,30	1,50
f_{Rsi}	40	0,86	0,85	0,84
	60	0,88	0,87	0,87
	80	0,89	0,89	0,88
Ψ in $W/(m\cdot K)$	40	-0,14	-0,15	-0,15
	60	-0,13	-0,13	-0,14
	80	-0,12	-0,12	-0,12

Bewertung:

Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ sind aufgrund des Außenmaßbezuges sogar deutlich im negativen Bereich. Die Oberflächentemperaturen sind für alle betrachteten Varianten ausreichend hoch, um ein Risiko des Schimmelpilzwachstums auszuschließen.

5.5 _ Beispielhafte Optimierungsmöglichkeiten punktförmiger Bauteilanschlüsse

Im Folgenden werden fünf dreidimensionale Anschlussstellen in Eckbereichen innen-seitig gedämmter Konstruktionen betrachtet (Modellierung unabhängig vom Dämmsystem auf Basis generischer Modelle):

- Außencke –
Anschluss einbindende Geschossdecke
- Außencke –
Anschluss Flachdach mit Attika
- Außencke –
Anschluss Kellerdecke (Keller unbeheizt)
- Außencke –
Anschluss Bodenplatte (Keller beheizt)
- Außenwand – Fensteranschluss

Die an Anschlussstellen entstehenden punktförmigen Wärmebrücken sind unter dem Gesichtspunkt des Wärmeverlusts nicht relevant und fließen somit auch nicht in den Wärmebrückenzuschlag für die Bilanzierung des Jahres-Heizwärmebedarfs nach GEG [2] ein. Durch die Berücksichtigung der zweidimensionalen Kanten sind die Wärmeverluste ausreichend genau berücksichtigt. Jedoch ist es gerade bei Innendämmungen sinnvoll, die Oberflächentemperaturen in den Eckbereichen genauer zu begutachten, da diese in der Regel unterhalb der Oberflächentemperaturen an den zugehörigen linienförmigen Wärmebrücken liegen.

Die in Tabelle 7 beschriebenen Bewertungskriterien für linienförmige Wärmebrücken sind für punktförmige Wärmebrücken nur bedingt sinnvoll anwendbar. Der in DIN 4108-2 [3] angegebene Richtwert für den Oberflächentemperaturfaktor $f_{Rsi} \geq 0,70$ richtet sich an linienförmige Wärmebrücken. Er enthält bereits eine gewisse Sicherheit, um auch die Schimmelpilzfreiheit an den zugehörigen punktförmigen Wärmebrücken sicherzustellen, ohne diese explizit zu benennen.

In Tabelle 8 wird qualitativ die Wirksamkeit verschiedener Zusatzmaßnahmen an den punktförmigen Wärmebrücken betrachtet, sofern die Oberflächentemperaturen bei der „Standardausführung“ unterhalb von $12,6^{\circ}\text{C}$ liegen. Dabei ist die Wirksamkeit der Maßnahmen immer abhängig von den individuellen gewählten Randbedingungen und baulichen Gegebenheiten.

Tabelle 8:

Qualitative Betrachtung der Wirksamkeit verschiedener Optimierungsmöglichkeiten für ausgewählte punktförmige Wärmebrücken mit Innendämmung

8.1 Außenecke – Geschossdecke	Standardausführung	+ unterseitige Dämmung Decke	+ Dämmung bis OK Rohdecke	+ unterseitige Dämmung Decke + Dämmung bis OK Rohdecke

Bewertung:

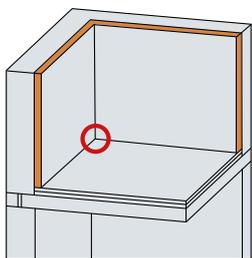
Für den Anschluss der Außenecke an die Geschossdecke führt nur eine Kombination aus zwei Zusatzmaßnahmen zu einer ausreichenden Erhöhung der Oberflächentemperaturen in beiden Räumen (Entfernen des Zementestrichs mit Anbringung der Innendämmung bis auf die Oberkante der Geschossrohdecke in Kombination mit unterseitiger Deckendämmung).

8.2 Außenecke – Flachdach Attika	Standardausführung	+ unterseitige Dämmung Flachdach (d > 1 cm)	+ unterseitiger Dämmstreifen (d = 1 cm, b > 0,7 m)	+ unterseitiger Dämmstreifen (d = 5 cm, b > 0,7 m)

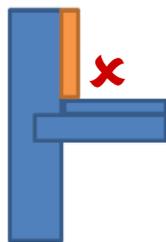
Bewertung:

Für die Dämmung des Anschlusses Außenecke – Flachdach Attika erwiesen sich verschiedene Maßnahmen als zielführend: So führen entweder die vollflächige Innendämmung der Deckenunterseite (in der Regel ab 1 cm Dämmstärke) aber auch die Verwendung eines Deckendämmstreifens zu einer ausreichenden Erhöhung der Oberflächentemperaturen. Dieser Dämmstreifen sollte mindestens 0,7 m breit sein (Empfehlung 1,0 m). Die Dicke des Dämmstreifens darf nicht überdimensioniert werden, da sich sonst wiederum niedrigere Temperaturen am Übergang zwischen Dämmstreifen und Betondecke ergeben können. So erwies sich in den durchgeführten Simulationen ein Dämmstreifen von 1 cm Dicke als zielführend, 5 cm jedoch nicht (hier kommt es nur zu einer kleinen aber nicht ausreichenden Erhöhung der Oberflächentemperatur um 0,8°C).

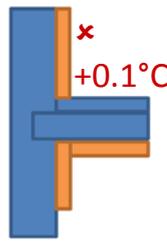
8.3
Außenecke – Kellerdecke
(Keller unbeheizt)



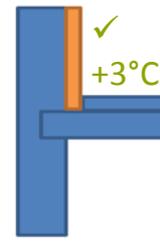
Standardausführung



+
unterseitige
Dämmung Decke



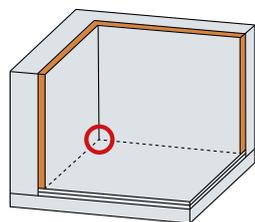
+
Dämmung bis
OK Rohdecke



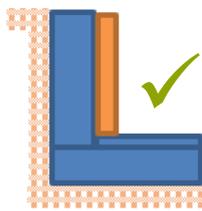
Bewertung:

Für die punktförmige Wärmebrücke am Anschluss zwischen Außenecke und Kellerdecke bleibt festzuhalten, dass vor allem die Anbringung der Innendämmung der Außenwand bis auf die Betonrohdecke den gewünschten Effekt erzielt. Eine zusätzliche unterseitige Deckendämmung hingegen führte nur zu einer sehr geringfügigen Erhöhung der Oberflächentemperatur im beheizten Raum.

8.4
Außenecke Bodenplatte
(Keller unbeheizt)

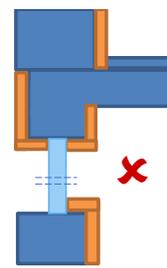
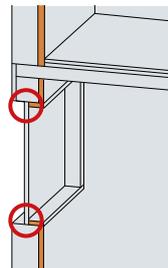


Standardausführung

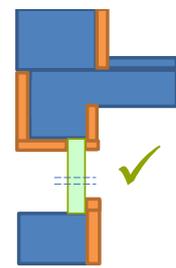


8.5
Außenwand –
Fensteranschluss

Standardausführung
(inklusive
Schürzendämmung)



Austausch Fenster
+
Verringerung
Laibungstiefe innen



Bewertung:

Für den Anschluss Außenecke und Bodenplatte erwiesen sich die Oberflächentemperaturen bereits in der „Standardausführung“ als hoch genug, sodass für diese punktförmige Wärmebrücke keine zusätzlichen Optimierungsmaßnahmen nötig sind.

Bewertung:

Zuletzt wurde noch ein Anschluss untersucht, bei dem ein Fenster unweit einer Außenecke platziert ist. Um ausreichend hohe Oberflächentemperaturen sicherzustellen, sollte zunächst die Innendämmung bis auf die Betondecke gestoßen werden und eine Deckendämmung (im Beispiel 30 mm) angebracht werden. Zusätzlich deuten die erzielten Ergebnisse darauf hin, dass alte Fenster im Bestand im Zuge der Innendämmmaßnahme mit ausgetauscht werden sollten. Nicht nur weisen moderne Fenster per se einen deutlich geringen Wärmedurchlass auf, auch kann beim Ausbau die Laibungstiefe auf der Innenseite entsprechend verringert werden. Damit sinkt die Wärmebrückenwirkung des Fensters deutlich, da das Fenster näher an die energetisch günstige Position in der Dämmebene heranrückt.

6 _ Bewertung und Fazit

6.1.1 _ Regelquerschnitt

Die vorliegende Broschüre stellt eine Entscheidungs- und Planungshilfe für Innendämmung mit Holzfaserdämmstoff dar. Dabei fasst sie die umfangreichen Untersuchungen des Projektes „Energieeffizienzsteigerung durch Innendämmsysteme“ (Eneff-ID) [6] des FIW München und des Fraunhofer IBP zusammen, welches vom vdnr unterstützt wurde. Speziell für Holzfaserdämmstoffe stehen außerdem drei separate vdnr-Teilberichte zur Verfügung:

- Teil 1:
Materialspezifische Untersuchungen [8]
- Teil 2:
Hygrothermische Parameterstudie im Regelquerschnitt [7]
- Teil 3:
Wärmebrückenkatalog für die Bestandsanierung mit Innendämmung [14]

Weiterführende Planungshilfen sowie Nachweis- und Berechnungsverfahren für Innendämmsysteme können den entsprechenden WTA-Merkblättern entnommen werden [10, 13, 19].

Innendämmungen verbessern das Raumklima und können dadurch das Wohlbefinden der Bewohner steigern. Zusätzlich stellen sie eine gute Möglichkeit dar, die Wärmeverluste aus beheizten Räumen zu vermindern. Auch wenn die Verringerung der Wärmeverluste – aufgrund der oft geringeren Dicke einer Innendämmung im Vergleich zu einer Außendämmung – etwas kleiner ausfällt als beispiels-

weise bei der Ertüchtigung einer Außenwand mit einem WDVS, lassen sich trotzdem auch mit Innendämmung große Energieeinsparungen erzielen und Einsparpotenziale im Gebäudebestand für die Energiewende mobilisieren, die sonst nur schwer erschlossen werden können. Beispiele hierfür stellen denkmalgeschützte Gebäude, teilweise oder zeitversetzte Sanierungen oder inhomogene Besitzverhältnisse dar [1].

Basis für die Entscheidung, ob für ein Gebäude Innendämmung mit Holzfaserdämmstoff infrage kommt, ist die grundsätzliche hygrothermische Funktionsfähigkeit des Systems. Einflussfaktoren sind hierbei der Standort und die Orientierung des Gebäudes, ein ausreichender Schlagregenschutz sowie die bereits vorhandenen Konstruktionen und die zu erwartenden inneren Feuchtelasten. Die Untersuchung der generellen Machbarkeit erfolgt dabei anhand der hygrothermischen Bewertung der Innendämmsysteme mit Holzfasern am Regelbauteil, das heißt für eine eindimensionale Betrachtung des Wandquerschnitts.

Dabei funktionieren bei normalen inneren Feuchtelasten (entspricht einer normalen Wohnnutzung) Innendämmsysteme mit Holzfaserdämmstoff, welche ohne zusätzliche Dampfbremse oder Dampfsperre eingebaut werden, bei durchschnittlichen Schlagregensmengen (SBG 1 und 2) und mit bestehendem Schlagregenschutz in aller Regel einwandfrei. In diesem Fall sind diese „offenen“ Systeme solchen Systemen mit zusätzlichem Diffusionswiderstand auf der Innenseite vorzuziehen. Soll die Innendämmung an eher kalten und feuchten Standorten mit hohen Schlagregensbelastungen oder mit hohen Inneren Feuchtelasten eingesetzt werden, sollte die Eignung

hingegen im Einzelfall geprüft werden. In diesem Fall können sich jedoch schon kleine zusätzliche Diffusionswiderstände auf der Innenwand (z. B. Beschichtungen oder Fliesen mit einem s_d -Wert von ca. 2 m) günstig auswirken und den Einsatz von Innendämmung dann doch ermöglichen.

Für die hygrothermische Funktionsfähigkeit einer Innendämmung ist es unerlässlich, bei der Planung auch die Außenseite des zu dämmenden Bauteils genauer unter die Lupe zu nehmen. Getreu dem weit verbreiteten Leitsatz „Wer innen dämmen will, muss vorher außen gucken“ sollte stets der Schlagregenschutz der außenseitigen Beschichtung bzw. des Putzes untersucht werden, beispielsweise mit einer Prüfung der Wasseraufnahme vor Ort. Auch die Farbe der Oberfläche spielt eine Rolle, da dunkle Bauteile bei Sonneneinstrahlung generell höhere Temperaturen annehmen als helle Bauteile und dadurch die Austrocknung beeinflussen.

Auch auf der Raumseite der mittels Innendämmung verbesserten Bauteile gibt es einfache Dinge zu beachten, die die dauerhafte Funktionsfähigkeit des Systems beeinflussen, beispielsweise die Art und die Dicke des auf der Dämmung verwendeten Putzes oder auch der Anstrich oder Beschichtung, mit der die Wand gestrichen wird. Hier sollte sichergestellt werden, dass es durch nachträgliche Änderungen, beispielsweise bei Eigentümerwechsel oder durch Mieter, zu keinen grundlegenden Änderungen der zur Auslegung des Systems verwendeten Randbedingungen kommt. Holzfaser-Innendämmsysteme, die grundsätzlich ohne Dampfbremse eingebaut werden, verhalten sich hinsichtlich der Art der Beschichtung eher gutmütig.

Wie finde ich das richtige Innendämmsystem?

Die Ergebnisse legen nahe, dass eine Innendämmung immer als System bewertet werden muss: Dazu gehören neben dem Holzfaserdämmstoff auch Kleber, ein passender Putz und eventuell auch innen-seitige Beschichtungen. Diese Komponenten sind von den Herstellern optimal aufeinander abgestimmt, um eine dauerhaft funktionsfähige und sichere Konstruktion sicherzustellen. Detaillierte Planungsunterlagen für das jeweils hauseigene Innendämmsystem sind bei den Herstellern der Holzfaserdämmstoffe erhältlich.



Innendämmung mit Holzfaser – Do's and Don'ts

- ✓ Schlagegenschutz des Bestandsmauerwerks prüfen
- ✓ Aufsteigende Feuchtigkeit ausschließen
- ✓ Bestehende dampfsperrende Schichten (z. B. Tapeten, Fliesen, Farben) entfernen
- ✓ Lokale Gegebenheiten des Standortes beachten
- ✓ Dunklere Anstriche führen zu höheren äußeren Oberflächentemperaturen und können das Trocknungsverhalten positiv beeinflussen
- ✓ Innendämmsystem (Dicke der Dämmung, verwendeter Putz, etc.) nach Herstellerempfehlungen ausführen



6.1.2 _ Bauteilanschlüsse

Über die hygrothermische Bewertung der Regelbauteile hinaus werden auch die Bauteilanschlüsse innengedämmter Konstruktionen hinsichtlich ihres Wärmeverlustes sowie ihrer Sicherheit hinsichtlich Tauwasserbildung und Schimmelpilzwachstum an der Oberfläche bewertet. Dies erfolgt durch umfangreiche Wärmebrückenberechnungen der zwei- und dreidimensionalen Anschlüsse, welche ebenfalls für das EnEff ID Projekt durchgeführt wurden. Diese sind in Kapitel 5 für die unterschiedlichen Anschlusssituationen zusammengestellt. Die nachfolgenden Tabellen zeigen nochmals die Übersicht der Oberflächentemperaturfaktoren ($f_{R_{siv}}$, siehe 5.1.1) der jeweiligen Bauteilanschlüsse. Dabei gelten grün hinterlegte Felder als generell problemlos umsetzbar, gelbe Felder erfordern unbedingt

eine weitergehende Betrachtung mittels thermischer und hygrothermischer Simulation, ggf. verbunden mit einer Bewertung des Risikos für Schimmelpilzwachstum. Rote Felder zeigen Kombinationen, für die Innendämmung mit Holzfaserdämmplatten grundsätzlich nicht geeignet ist.

In Kapitel 5.5 werden beispielhaft mögliche Optimierungen dargestellt, mit denen eine Verbesserung des Oberflächentemperaturfaktors erreicht werden kann. Dabei ist eine Flankendämmung der einbindenden Bauteile oft ein gutes und leicht umsetzbares Mittel, um die Anschlusssituation hinsichtlich der Oberflächentemperatur zu verbessern. Viele Hersteller von Holzfaserdämmstoffen bieten hierfür maßgeschneiderte Platten und Dämmkeile an, die das jeweilige Innendämmsystem passgenau ergänzen. Sinnvoll, aber etwas aufwändiger, sind auch vorbereitende Maßnahmen für das Anbringen der Innendämmung, wie beispielsweise die Entfernung des Estrichs in den Randbereichen verbunden mit einem Herunterziehen der Dämmung bis auf die Ebene des Rohfußbodens. Beim Einsatz von Flankendämmung an den Wänden und / oder der Decke ist auch ein Entfernen des Altputzes vorteilhaft, um Sprünge in der Bauteiloberfläche zu reduzieren oder zu vermeiden.

Keine der betrachteten Wärmebrücken wurde als „Rot“ eingestuft und daher als grundsätzlich untauglich für eine Innendämm-Maßnahme eingeordnet! Bei gelben Varianten muss jedoch im Einzelfall z. B. durch eine numerische Simulation geprüft werden, ob ausreichend hohe Oberflächentemperaturen zu erwarten sind. Zusätzliche Maßnahmen (Flankendämmung, Entfernung des Estrichs im Randbereich, Dämmkeile) können sich positiv auf das Ergebnis auswirken.



Tabelle 9:
Bewertung von Wärmebrücken mit Innendämmung
an Außen- bzw. Kellerwänden anhand des f_{Rsi} -Wertes

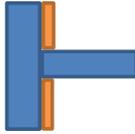
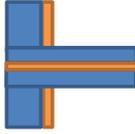
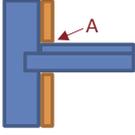
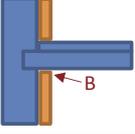
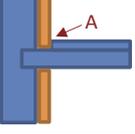
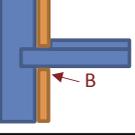
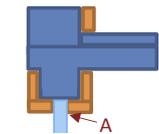
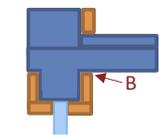
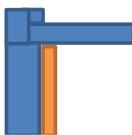
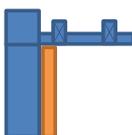
Kapitel	Detail	U-Wert 1,10 W/(m ² ·K)			U-Wert 1,30 W/(m ² ·K)			U-Wert 1,50 W/(m ² ·K)		
		Dämmstärke in mm			Dämmstärke in mm			Dämmstärke in mm		
		40	60	80	40	60	80	40	60	80
5.3.1		0,78	0,82	0,84	0,77	0,81	0,83	0,76	0,80	0,83
5.3.2		0,78	0,79	0,80	0,75	0,76	0,77	0,73	0,74	0,75
5.3.3		0,75	0,76	0,77	0,73	0,74	0,75	0,70	0,72	0,73
5.3.4.1 A		0,83	0,83	0,83	0,81	0,81	0,82	0,80	0,80	0,80
5.3.4.1 B		0,77	0,77	0,77	0,74	0,74	0,74	0,72	0,72	0,72
5.3.4.2 A		0,87	0,90	0,91	0,86	0,89	0,91	0,86	0,88	0,90
5.3.4.2 B		0,76	0,76	0,76	0,73	0,73	0,73	0,71	0,71	0,71

Tabelle 9

Fortsetzung:

Bewertung von
Wärmebrücken mit
Innendämmung an
Außen- bzw. Kellerwänden
anhand des f_{Rsi} -Wertes

Kapitel	Detail	U-Wert 1,10 W/(m ² ·K)			U-Wert 1,30 W/(m ² ·K)			U-Wert 1,50 W/(m ² ·K)		
		Dämmstärke in mm			Dämmstärke in mm			Dämmstärke in mm		
		40	60	80	40	60	80	40	60	80
5.3.5.1		0,78	0,78	0,78	0,76	0,76	0,77	0,75	0,75	0,76
5.3.5.2		0,88	0,88	0,89	0,87	0,88	0,88	0,87	0,87	0,88
5.3.6 A		0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,76	0,75	0,75
5.3.6 B		0,76	0,76	0,77	0,75	0,75	0,76	0,74	0,74	0,75
5.3.7		0,71	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,67	0,64
5.3.8.1		0,65	0,65	0,65	0,64	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62
5.3.8.2		0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72
5.3.9		0,72	0,73	0,75	0,72	0,73	0,75	0,71	0,73	0,75

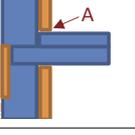
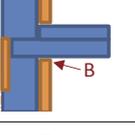
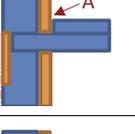
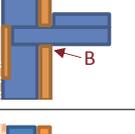
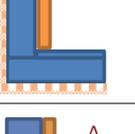
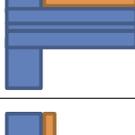
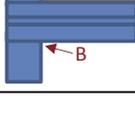
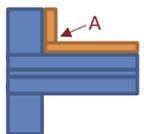
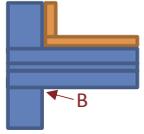
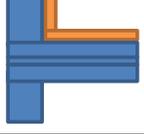
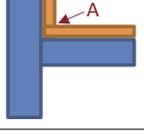
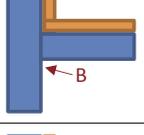
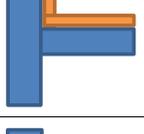
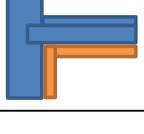
Kapitel	Detail	U-Wert 1,10 W/(m ² ·K)			U-Wert 1,30 W/(m ² ·K)			U-Wert 1,50 W/(m ² ·K)		
		Dämmstärke in mm			Dämmstärke in mm			Dämmstärke in mm		
		40	60	80	40	60	80	40	60	80
5.3.10.1		0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,62	0,60	0,60	0,61
5.3.10.2		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
5.3.11.1 A		0,84	0,84	0,84	0,82	0,82	0,82	0,80	0,81	0,81
5.3.11.1 B		0,77	0,77	0,77	0,75	0,75	0,75	0,73	0,73	0,74
5.3.11.2 A		0,87	0,90	0,91	0,86	0,89	0,91	0,86	0,88	0,90
5.3.11.2 B		0,77	0,76	0,76	0,74	0,74	0,74	0,72	0,72	0,72
5.3.12		0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,80	0,81	0,80	0,80
5.3.13 A		0,80	0,82	0,83	0,78	0,80	0,82	0,77	0,79	0,81
5.3.13 B		0,79	0,81	0,82	0,77	0,79	0,81	0,75	0,78	0,79

Tabelle 9
Fortsetzung:
 Bewertung von
 Wärmebrücken mit
 Innendämmung an
 Außen- bzw. Kellerwänden
 anhand des f_{Rsi} -Wertes

Tabelle 10:
Bewertung von Wärmebrücken mit Innendämmung
bei Teilsanierung anhand des f_{Rsi} -Wertes

Kapitel	Detail	U-Wert 1,10 W/(m ² ·K)			U-Wert 1,30 W/(m ² ·K)			U-Wert 1,50 W/(m ² ·K)		
		Dämmstärke in mm			Dämmstärke in mm			Dämmstärke in mm		
		40	60	80	40	60	80	40	60	80
5.4.1.1 A		0,85	0,88	0,89	0,84	0,87	0,89	0,83	0,86	0,88
5.4.1.1 B		0,72	0,71	0,71	0,68	0,68	0,68	0,65	0,65	0,65
5.4.1.2		0,84	0,86	0,88	0,83	0,85	0,87	0,82	0,85	0,87
5.4.2.1 A		0,88	0,90	0,91	0,87	0,89	0,91	0,86	0,89	0,90
5.4.2.1 B		0,72	0,71	0,71	0,68	0,68	0,67	0,65	0,65	0,64
5.4.2.2		0,84	0,87	0,89	0,83	0,86	0,88	0,83	0,86	0,88
5.4.3		0,85	0,87	0,89	0,84	0,87	0,89	0,83	0,86	0,88

Tabellenverzeichnis

- Seite 8 **Tabelle 1:** _ Klassifizierung nach der Wasserdampfdurchlässigkeit
- 20 **Tabelle 2:** _ Bauteilschichten der Bestandskonstruktionen
- 21 **Tabelle 3:** _ Variationsparameter zur Bewertung des Regelquerschnitts
- 22 **Tabelle 4:** _ Bewertungsgrößen für die hygrothermische Bewertung des Regelquerschnitts
- 23 **Tabelle 5:** _ Zusammenfassende Bewertung der hygrothermischen Simulationsergebnisse für unterschiedliche Standorte (Schlageregenbeanspruchungsgruppe 1 bis 3), west- bzw. nordorientierte Bauteile und unterschiedliche Bestandsmauerwerke
- 33 **Tabelle 6:** _ Materialkennzeichnungen und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit
- 37 **Tabelle 7:** _ Bei Randbedingungen $T_e = -5^\circ\text{C}$, $T_i = 20^\circ\text{C}$ und $\varphi_i = 50\%$ getroffene Grenzwerte für die Bewertung der Wärmebrücken – berechnet mit erhöhtem innerem Wärmeübergangswiderstand von $0,25\text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- 64 – 65 **Tabelle 8:** _ Qualitative Betrachtung der Wirksamkeit verschiedener Optimierungsmöglichkeiten für ausgewählte punktförmige Wärmebrücken mit Innendämmung (Wirksamkeit der Maßnahmen immer abhängig von den individuellen gewählten Randbedingungen und baulichen Gegebenheiten)
- 69 – 71 **Tabelle 9:** _ Bewertung von Wärmebrücken mit Innendämmung an Außen- bzw. Kellerwänden anhand des f_{Rsi} -Wertes
- 72 **Tabelle 10:** _ Bewertung von Wärmebrücken mit Innendämmung bei Teilsanierung anhand des f_{Rsi} -Wertes

Literatur

- [1] FVID – Fachverband Innendämmung e.V., Praxishandbuch Innendämmung. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, 2016
- [2] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden* (Gebäudeenergiegesetz – GEG)
- [3] DIN 4108-2:2013-02: Wärmeschutz und Energie – Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [4] WTA Merkblatt 6–8: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulation, 2016
- [5] Informationsdienst Holz „Holzfaserdämmstoffe“, 2019
- [6] M. Engelhardt et al., „Energieeffizienzsteigerung durch Innendämmsysteme: Anwendungsbereiche, Chancen und Grenzen: Forschung für energieeffiziente Gebäude und Quartiere“, FIW München; Fraunhofer IBP, 2019 [Online]. Verfügbar unter: Kurzversion URL: tinyurl.com/yc5kesj6
- 
- [7] T. Schöner, H. Künzel, K. P. Sedlbauer und D. Zirkelbach, „Untersuchungsbericht VHD: Holzfaserplatte Nassverfahren – nicht hydrophobiert und Holzfaserplatte Trockenverfahren – hydrophobiert: Teil 2: Hygrothermische Parameterstudie im Regelquerschnitt“. Erarbeitet im Rahmen des Forschungsprojekts: „Energieeffizienzsteigerung durch Innendämmsysteme“, FIW München; Fraunhofer IBP, 2018
- [8] C. Fitz, H. Künzel, K. P. Sedlbauer, C. Maderspacher, C. Sprengard und A. Holm, „Untersuchungsbericht VHD: Holzfaserplatte Nassverfahren – nicht hydrophobiert und Holzfaserplatte Trockenverfahren – hydrophobiert: Teil 1: Materialspezifische Untersuchungen“. Erarbeitet im Rahmen des Forschungsprojekts: „Energieeffizienzsteigerung durch Innendämmsysteme“, FIW München; Fraunhofer IBP, 2018
- [9] DIN 4108-3:2018-10: Wärmeschutz und Energie – Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchtschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung,
- [10] WTA-Merkblatt 6-2: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse, 2016
- [11] DIN EN 15026:2007-08: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation
- [12] DIN 68800-2: 2022-02: Holzschutz Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
- [13] WTA-Merkblatt 6-5: Innendämmung nach WTA II Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren, 2014
- [14] M. Engelhardt, C. Sprengard und A. Holm, „Untersuchungsbericht VHD: Holzfaserplatte Nassverfahren – nicht hydrophobiert und Holzfaserplatte Trockenverfahren – hydrophobiert: Teil 3: Wärmebrückenkatalog für die Bestandssanierung mit Innendämmung“. Erarbeitet im Rahmen des Forschungsprojekts: „Energieeffizienzsteigerung durch Innendämmsysteme“, FIW München; Fraunhofer IBP, 2018.
- [15] DIN EN ISO 10211:2018-03: Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen
- [16] DIN 4108 Beiblatt 2:2017-11: Wärmeschutz und Energie – Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- [17] DIN EN ISO 6946:2018-03: Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren
- [18] DIN EN ISO 10456:2010-05: Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften: Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte
- [19] WTA Merkblatt 6-4: Innendämmung nach WTA I: Praxisleitfaden, 2016

<https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT%3A1670420760/Energieeffizienzsteigerung-durch-Innendämmsysteme>.

Impressum

Herausgeber:

vdnr e.V.

Verband Dämmstoffe

aus nachwachsenden Rohstoffen

Heinz-Fangman-Str. 2

D-42287 Wuppertal

+49 (0)202 - 769 72 73-6

+49 (0)202 - 769 72 73-7 Fax

info@vdnr.net

www.vdnr.net

Holzbau Deutschland Institut e.V.

Kronenstraße 55–58

10117 Berlin

info@institut-holzbau.de

www.institut-holzbau.de

+49 (0)30 - 203 14-131

Die Wortmarke INFORMATIONSDIENST HOLZ ist Eigentum des Informationsverein Holz e.V., Franklinstraße 42, 40479 Düsseldorf, www.informationsdienst-holz.de.

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik.

Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.

Hinweise zu Änderungen, Ergänzungen und Errata unter: www.holzfaser.org

Autoren:

Kapitel 1–3:

Dipl.-Ing. Walter Meyer,

Ingenieurbüro für Holzsystembau,

Königswinter

Kapitel 4–6:

M. Sc. Carolin Kokolsky /

Dipl.-Ing. Christoph Sprengard,

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.

München

Bearbeitung 1. Auflage:

Dipl.-Ing. Rainer Blum, Waldshut-Tiengen

Robby Fitzner, Chemnitz

Dipl.-Ing. Sönke Grön, Feldkirchen

B. Eng. Raphael Maag, Leutkirch

Dipl.-Ing. Johannes Niedermeyer, Berlin

Dipl.-Ing. Heiko Riggert, Osnabrück

Dipl.-Ing. Tobias Röttgen, Berlin

Dipl.-Ing. Wolfgang Stahl, Feldkirchen

Dr.-Ing. Tobias Wiegand, Wuppertal

Gestaltung:

Schöne Aussichten:

Oliver Iserloh, Düsseldorf

1. Auflage: 11/2022

holzbau handbuch

Reihe 4: Baustoffe

Teil 5: Dämmstoffe

Folge 4: Innendämmung

mit Holzfaserdämmplatten

Abbildungen:

Titel, 2, 8, 9, 11, 12, 14 Gutex

1, 3, 5 Gänßmantel

4, 6, 10 Steico

7 Landesbeirat Holz NRW e.V.

13 Schneider

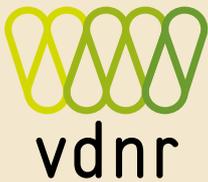
15 Spelsberg

16 Kaiser

17 WEM

18, 25 UdiDämmsysteme

19, 20, 21, 22, 23, 24 FIW



Verband
Dämmstoffe aus
nachwachsenden
Rohstoffen e.V.

vdnr e.V.
Verband Dämmstoffe aus
nachwachsenden Rohstoffen e.V.
Heinz-Fangman-Str. 2
D-42287 Wuppertal
+49 (0)202-769 72 73-6
+49 (0)202-769 72 73-7 Fax
info@vdnr.net
www.vdnr.net

Technische Anfragen an:

Fachberatung Holzbau

Telefon 030 - 57 70 19 95

Montag bis Freitag 9 bis 16 Uhr

Dieser Service ist kostenfrei.

fachberatung@informationsdienst-holz.de

www.informationsdienst-holz.de

Ein Angebot des

Holzbau Deutschland Institut e.V.

in Kooperation mit dem

Informationsverein Holz e.V.