



Wärmebrückenkatalog

Für den Fenstertausch im Gebäudebestand

**Herausgeber:**

iBAT Instituts-Gesellschaft für Betriebs- und
Arbeitstechnik des Tischlerhandwerks mbH
Heidering 29
30625 Hannover
Tel.: 05 11/ 2 62 75 76
Fax: 05 11/ 62 70 75 13
www.ibat-hannover.de

Ausgabe 2009

Autoren:

Rainer Kemner, iBAT GmbH, E-Mail: kemner@tischlernord.de
Vito Henning, Henkel KGaA, Bautechnik, E-Mail: vito.henning@henkel.com
Mathias Walter, Henkel KGaA, Bautechnik, E-Mail: mathias.walter@henkel.com
Ralf Spiekers, BHKH Bundesverband Holz und Kunststoff, E-Mail: spiekers@tischler.org



- 1** Ausgangslage
- 2** Anforderungen
- 3** VOB und vertragliche Vereinbarungen
- 4** Planung
- 5** Bauphysikalische Grundlagen
- 6** Abdichtung
- 7** Isothermenverlauf
- 8** Handlungsanleitung
- 9** Typische Wandaufbauten und Einbausituationen
 - 9.1** Einschaliges Mauerwerk ohne Anschlag
 - 9.2** Einschaliges Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag
 - 9.3** Einschaliges Mauerwerk mit 125 mm Innenanschlag
 - 9.4** Einschaliges Mauerwerk mit Außenanschlag
 - 9.5** Einschaliges Mauerwerk mit Aluminium-Außenfensterbank
 - 9.6** Einschaliges Mauerwerk mit Stein-Außenfensterbank
 - 9.7** Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht und 62,5 mm Innenanschlag
 - 9.8** Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht, Dämmung und 62,5 mm Innenanschlag
 - 9.9** Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung und 62,5 mm Innenanschlag
 - 9.10** Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht, Dämmung, Aluminium-Außenfensterbank
 - 9.11** Passivhausfenster in einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag
 - 9.12** Kunststofffenster in einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag
 - 9.13** Rollladenkasten in einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag
 - 9.14** Wärmedämmverbundsystem

Der Festereinbau im Neubau ist mittlerweile durch Normen und Leitfäden geregelt. Die Fachgemeinschaft und der Fachbeirat Fenster und Fassade im Verband des Tischlerhandwerks Niedersachsen/Bremen stellte allerdings schon vor geraumer Zeit fest, dass es für den Festereinbau im Altbau kaum praxisnahe Hinweise und Hilfestellungen gibt – diese Lücke versucht die nun vorliegende Schrift zu füllen.

Die Notwendigkeit einer Unterstützung in Planung und Ausführung einer fachgerechten Abdichtung und Montage beim Festereinbau im Altbau ist auch dem Klebstoffhersteller „Henkel“ bekannt. Dem Interesse an einem bauphysikalisch einwandfreien sowie leicht verständlichen Leitfaden für die Fenster-Sanierung kommt die „Henkel KGaA, Bautechnik Deutschland“ mit diesem Werk nach und bietet gleichzeitig alle notwendigen Systemkomponenten und -aufbauten, die bauphysikalisch ideal aufeinander abgestimmt sind. Zum Wissen gehört neben der Kenntnis einschlägiger Normen aber auch und vor allem das Wissen aus der täglichen Praxis, um bei der Erstellung der Bauwerke den Regeln der Technik gerecht zu werden. Bei der Erstellung dieses Leitfadens sind diese Erfahrungen aus der Objektberatung der „Terrosen Bautechnik“ eingeflossen, die aus der täglichen Praxis, den Arbeiten auf der Baustelle sowie in intensiven Diskussionen gewonnen wurden.

Der „BHKH - Bundesverband Holz und Kunststoff“ unterstützte und begleitete das Vorhaben und steuerte seine Erfahrungen aus der Gremien- und Normungsarbeit bei.

Der „CPS - Construction Product Service“ in Braunschweig führte die notwendigen Berechnungen für das Kapitel 9 nach DIN EN ISO 10 211-2 anhand des finiten Elementeverfahrens durch. Der CPS ist eine Kooperation der Materialprüfanstalt des Bauwesens (MPA) und des Fraunhofer Wilhem-Klauditz-Instituts für Holzforschung (WKI) mit dem Schwerpunkt Fenster, Türen und Fassaden.

Zielsetzung

Der Schwerpunkt liegt bei dieser Veröffentlichung auf der bauphysikalischen Simulation der Wärmebrücken im Bereich der Fensterleibung bei unterschiedlichen Wandaufbauten und Einbausituationen vor dem Hintergrund der Aussage des 3. Bauschadensbericht: Das häufigste Schadensbild im Zusammenhang mit Modernisierungsarbeiten dürfte hinsichtlich der sonstigen energetischen Erüchtigung des Gebäudebestands (z. B. WDVS, NEH- oder Passivhaus-Standard usw.) nach wie vor aktuell sein, nämlich Schimmelpilz nach Fenstertausch!

Deswegen soll mit den dargestellten Beispielen dem Praktiker ein Gefühl dafür vermittelt werden, welche Einbausituationen problem- und risikolos sind und wo es ggf. angebracht ist, nicht nur das Fenster auszutauschen, sondern noch weitere Arbeiten anzubieten und durchzuführen. Für die energetische Sanierung und die Reduzierung von CO₂-Emissionen stehen mittlerweile eine Reihe von staatlichen Förderprogrammen zur Verfügung (siehe www.kfw.de) und die Verbände des Tischlerhandwerks flankieren die betrieblichen Marketingstrategien mit Initiativen wie „Entspannt Modernisieren“ und „Gesundes Wohnen“.

Abgrenzungen

Grundlegende Aussagen und Anforderungen bezüglich des Festereinbaus, wie sie im neuen „Leitfaden zur Montage“ (gemeinsam herausgegeben vom BHKH, ift und den RAL-Gütegemeinschaften) enthalten sind, werden als bekannt vorausgesetzt bzw. es wird darauf verwiesen. Insofern versteht sich diese Schrift nur als Ergänzung im Hinblick auf die spezielle Problematik beim Fenstertausch im Gebäudebestand. Bei positiver Aufnahme durch den handwerklichen Praktiker sind die Autoren gerne bereit, weitere Details und Einbaubeispiele in zukünftigen Auflagen zu ergänzen.

Hinweise zur Nutzung

Trotz der mit ausgefeilten EDV-Programmen berechneten Isothermenverläufen muss der Anwender sich immer wieder vor Augen führen, dass dabei modellhafte und idealisierte Rahmenbedingungen angenommen werden. Deswegen kann es trotz der vorliegenden Nachweise im Einzelfall zu Problemen kommen. Allerdings gibt es glücklicherweise auch den umgekehrten Fall: Obwohl eine nicht regelgerechte Wärmebrücke nachgewiesen wurde tritt kein Bauschaden ein, weil z. B. ein Heizkörper unterhalb des Fensters alle Probleme "wegheizt".

Ergänzende Dokumente

Die im Kapitel 8 „Handlungsanleitung“ erwähnten Dokumente befinden sich auf der iBAT-Homepage www.ibat-hannover.de und können dort unter der Rubrik „Wärmebrückenkatalog“ kostenlos im Word-Format heruntergeladen werden.

Ergänzende Literatur

- EnEV – Energieeinsparverordnung
- DIN 4108-2 „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“
- DIN 4108-7 „Luftdichtheit von Gebäuden...“ (mit Ausführungsbeispielen)
- DIN 4108 Beiblatt 2 „Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele“
- „Leitfaden zur Montage“ (BHKH, ift, RAL)
- VFF-Merkblatt ES.03: „Wärmetechnische Anforderungen an Baukörperanschlüsse für Fenster“ (mit DIN-A3-Zeichnungen)
- „Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen“ (Fraunhofer IRB-Verlag)
- IVD-Merkblatt Nr.9: „Dichtstoffe in der Anschlussfuge für Fenster und Aussentüren“

Für die Gebrauchstauglichkeit eines Bauelements ist die dauerhafte Einhaltung der zugesicherten Eigenschaften von Bedeutung. Anforderungen an Fenster und Türen bestehen üblicherweise hinsichtlich:

- Wärmeschutz und Luftdichtheit (nach EnEV)
- Standsicherheit (nach Bauordnung)
- Schlagregendichtheit
- Schalldämmung

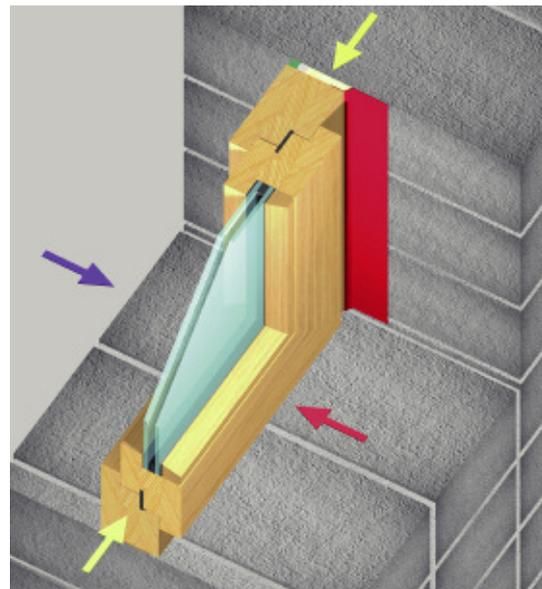
Weitere zu vereinbarende Eigenschaften, z. B.:

- Einbruchhemmung
- Sonnenschutz usw.

Einwirkungen auf das Fenster

Um Schäden zu vermeiden, ist aber auch die Kenntnis der individuellen Einwirkungen auf das Fenster als Außenbauteil notwendig:

- von der Außenseite
 - Feuchtigkeit, Schlagregen
 - Wind
 - UV-Beanspruchung
 - Schall
 - Temperatur
 - ggf. Einbruchversuch
- von der Rauminnenseite
 - Raumtemperatur
 - Raumluftfeuchte
- aus der Nutzung
 - Kräfte aus Benutzung
 - Kräfte aus Eigengewicht
- aus dem Bauwerk
 - Bauwerksbewegungen
 - Bautoleranzen
- aus dem Bauteil selbst
 - Form- und Längenänderungen aufgrund von Feuchte- oder Temperaturänderungen
 - Alterung von Beschlägen, Dichtungen und Oberflächenbeschichtungen



Nach dem Fenstertausch im Gebäudebestand verändern sich zudem die Klimaverhältnisse im Innenraum gravierend:

- Die eingebaute „Dauerlüftung“ durch die alten und undichten Fenster entfällt. Wenn die Nutzer nicht ihr Lüftungsverhalten ändern, steigt die relative Luftfeuchte in den Räumen stark an.
- Die bislang kalte Glasscheibe, die als „Kondensator“ die Raumluft entfeuchtet hat, wirkt nicht mehr. Die kältesten Oberflächen sind jetzt unter Umständen die angrenzenden Leibungsflächen, die nach dem Fenstertausch feucht werden und im ungünstigsten Fall anfangen zu schimmeln.
- Offene Kamine und raumluftabhängige Feuerungsstätten verlieren als „Abluftanlage“ mit dichten Fenster ihre Wirkung.

Daher ist es notwendig, dass fensterbauende und fenstereinbauende Betriebe über ein Grundwissen hinsichtlich der bauphysikalischen Zusammenhänge verfügen. Zum besseren Verständnis wurde das 3-Ebenen-Modell entwickelt, das die Außenwand entsprechend ihrer bauphysikalischen Funktion und der zu erwartenden Wetterbeanspruchung darstellt.

Ebene 1: Trennung von Raum- und Außenklima

Die Trennung muss in einer Ebene erfolgen, deren Temperatur über der für das Schimmelpilzwachstum kritischen Temperatur des Raumklimas liegt. Die Ebene muss über die gesamte Fläche der Außenwand erkennbar sein und darf nicht unterbrochen werden (Luftdichtheitsschicht). Im Bereich von Fugen ist eine luftdichte Ausbildung in Verbindung mit einem geeigneten Dichtsystem herzustellen.

Sollte trotzdem Feuchtigkeit über Konvektion oder Diffusion in die Fuge eindringen, muss diese kontrolliert nach außen entweichen können. Deshalb ist auch beim Fenstertausch der bauphysikalische Grundsatz „innen dichter als außen“ zu beachten!

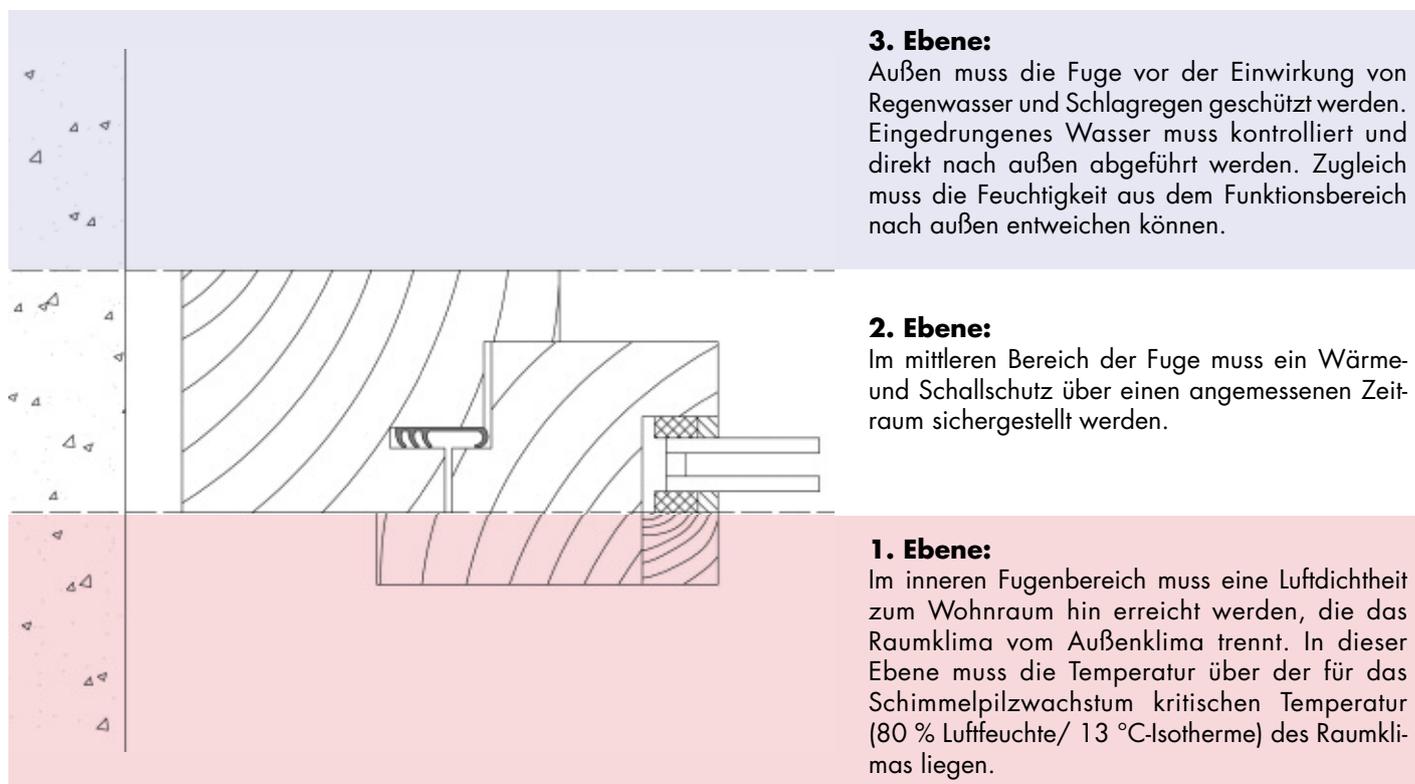
Ebene 2: Funktionsbereich

In diesem Bereich sind insbesondere die Eigenschaften Wärme- und Schallschutz über einen angemessenen Zeitraum sicherzustellen. Bei geschlossenen Systemen, wie z.B. Mehrscheiben-Isolierglas oder Sandwich-Paneele, ist der Randbereich und bei offenen Systemen, wie z. B. Verbundfenster und Kaltfassaden, das gesamte System über den Wetterschutz mit dem Außenklima zu verbinden.

Ebene 3: Wetterschutz

Die Ebene des Wetterschutzes verhindert weitgehend den Eintritt von Regenwasser (Schlagregen) von der Außenseite. Kann Regenwasser hinter diese Ebene eindringen, muss dieses kontrolliert und direkt nach außen abgeführt werden. Zugleich muss Feuchtigkeit aus diesem Funktionsbereich nach außen entweichen können. Daher ergibt sich auch die Auffächerung der Ebene des Wetterschutzes, die bewährten Grundelementen der Dacheindeckung nachempfunden ist.

Wie dichten Sie richtig ab?



Diese drei Ebenen müssen ihrer Funktion gerecht werden, ohne sich gegenseitig in ihrer Funktion zu behindern oder auszuschließen.

Die VOB ist eine vertragliche Vereinbarung, die es den Vertragsparteien erspart, viele einzelne Details hinsichtlich der Ausführung, Abrechnung, Abnahme, Gewährleistung („Mängelansprüche“) usw. selber regeln zu müssen. Mit der Vereinbarung der VOB, speziell mit den Teilen B und C (DIN 18 355 Tischlerarbeiten), werden gleichzeitig eine Reihe von weiteren Normen verbindlich vereinbart. Für den Fensterbau bzw. Fenstereinbau sind das beispielsweise:

- DIN 68 121 Holzprofile für Fenster...
- DIN EN 13 162 ff Wärmedämmstoffe...
- DIN 18 201 ff Toleranzen im Bauwesen
- DIN 68 800-3 Chemischer Holzschutz
- DIN EN 942 Holz in Tischlerarbeiten

Eine rechtsgültige Vereinbarung der VOB mit dem Privatkunden kommt nur dann zustande, wenn dem Auftraggeber der Teil B der VOB ausgehändigt wurde. Mit der Unterschrift zur Auftragserteilung sollte der Auftraggeber auch bestätigen, dass er die VOB/B erhalten und mit deren Inhalt einverstanden ist. Das kann z. B. durch folgenden Textzusatz in unmittelbarer Beziehung zur Unterschrift auf dem Auftrag erfolgen: „Der VOB/B-Text ist vor Auftragserteilung ausgehändigt worden und wird ebenfalls als Vertragsbestandteil anerkannt.“

Fenstereinbau und Abdichtung in der VOB

Abgesehen davon, dass der Auftragnehmer grundsätzlich immer eine gebrauchstaugliche und den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ entsprechende Leistung schuldet, die z. B. im vorliegenden Wärmebrückenkatalog und dem „Leitfaden zur Montage“ beschrieben ist, lautet die aktuelle Formulierung der VOB/C (Ausgabe 2006) DIN 18 355 „Tischlerarbeiten“ Punkt 3.5.3.1 folgendermaßen: "Die Abdichtung zwischen Außenbauteilen und Baukörper muss umlaufend, dauerhaft und schlagregensicher sein." und unter Punkt 3.5.3.3: „Anschlussfugen sind innenseitig dauerhaft luftundurchlässig abzudichten.“

Damit ist das Herstellen luftdichter innenseitiger Fensteranschlussfugen erstmals in der Ausgabe 2006 der VOB zur Regelleistung erklärt. Wird aber im Auftragsfall die VOB nicht vereinbart, sollte auch beim Fenstertausch im Altbau z. B. gemäß der im Internet hinterlegten Mustertexte (siehe Angebotstexte 1 bis 4) die Leistung eindeutig beschrieben werden:

- Lieferung (Art, Anzahl und Preis der zu liefernden Außenbauteile)
- Befestigung (Art, Anzahl und Preis der Befestigungsmittel)
- Abdichtung außen (Art, Menge und Preis des Dichtsystems)
- Wärmedämmung (Art, Menge und Preis der Wärmedämmung)
- Abdichtung innen (Art, Menge und Preis des Dichtsystems)
- Zusatzprofile, Blendrahmenverbreiterungen (falls erforderlich)
- Verleistung außen und/oder innen (falls erforderlich)
- Zusätzliche Leistungen, Maler-, Maurer- oder Putzarbeiten (falls erforderlich, z. B. abgerechnet nach Aufwand im Stundenlohn)
- Ausbau und Entsorgung (Art, Menge und Preis)

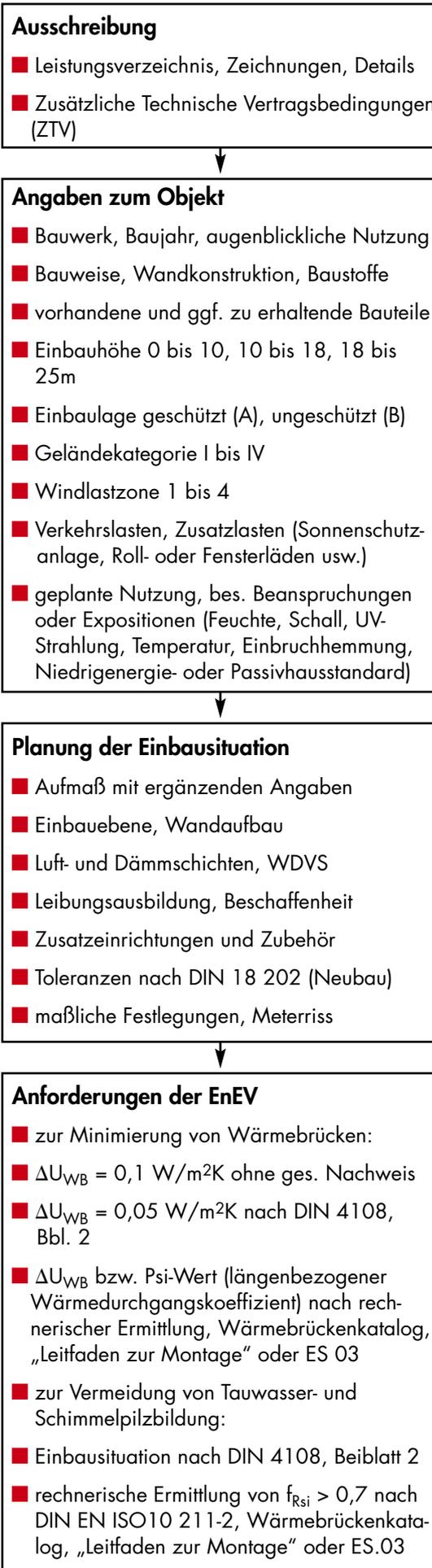
Hinsichtlich der Art des einzusetzenden Dämmstoffes sieht die DIN 18 355 unter Punkt 3.5.3.2 folgende Vereinbarung vor: „Die auf der Rauminnenseite verbleibenden Fugen zwischen Außenbauteilen und Baukörper sind mit Dämmstoffen vollständig auszufüllen. Die Wahl des Dämmstoffes bleibt dem Auftragnehmer überlassen. Der Einsatz des gewählten Dämmstoffes darf den Bauablauf nicht beeinträchtigen. Bei der Verwendung von Ortschäumen sind die angrenzenden oberflächenfertigen Bauteile durch rückstandsfrei zu entfernende Abklebungen sicher zu schützen.“

Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB)

Die „Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Holz- und kunststoffverarbeitenden Handwerks“ beziehen die VOB Teil B ausdrücklich mit ein. Spezielle Details hinsichtlich der Montage sind in den AGB nicht geregelt. Folgende Hinweise sind zu beachten:

- Die Gewährleistungsfrist beträgt 4 Jahre nach VOB (5 Jahre nach BGB). Verschleiß oder witterungsbedingte Schäden stellen keinen Mangel dar.
- Sofern vertraglich eine förmliche Abnahme vorgesehen ist, tritt die Abnahmewirkung auch dann ein, wenn der Auftraggeber zweimal vergeblich und in zumutbarer Weise zur Durchführung der Abnahme aufgefordert wurde. Die Abnahmewirkung tritt zwölf Werktagen nach Zugang der zweiten Aufforderung ein.
- Wird keine Abnahme verlangt, so gilt die Leistung als abgenommen mit Ablauf von zwölf Werktagen nach schriftlicher Mitteilung über die Fertigstellung der Leistung.
- Eine möglichst schnelle Abnahme ist angesichts des hohen Beschädigungsrisikos durch nachfolgende Bauarbeiten empfehlenswert. Auch eine Abnahme von in sich abgeschlossenen Teilen der Leistung ist nach VOB möglich.

Die Vereinbarung der AGB muss ähnlich wie bei der VOB mit einem deutlichen Hinweis in unmittelbarer Beziehung zur Unterschrift des Auftraggebers erfolgen, beispielsweise mit folgendem Textzusatz: „Die umseitig abgedruckten (bzw. beige-fügten) Allgemeinen Geschäftsbedingungen sind Vertragsbestandteil und werden hiermit anerkannt.“ Die jeweils aktuelle Fassung der AGB können Innungsmitglieder bei den Landesfachverbänden des Tischler- und Schreinerhandwerks anfordern.



- Planung der Baustellenmontage**
- Transport auf der Straße und Baustelle
 - Baustelleneinrichtung, Bauablauf, Hilfsmittel, Gerüste, Arbeitssicherheit
 - ggf. Demontage und Entsorgung
 - Voraussetzungen, Toleranzen, Freigabe
 - ggf. erforderliche Zusatzarbeiten
 - Lastabtrag, Befestigung
 - Wärmedämmung in der Anschlussfuge
 - Abdichtung innen und außen
 - Zusätzliche Bauteile, Leisten, Zubehör
 - Schutz der Leistung bis zur Abnahme
 - Abnahmetermin, Abnahmeprotokoll

Ausführliche Hinweise zur Planung und Ausschreibung von Fenstern und Außentüren finden sich im „Leitfaden zur Montage“, in den „ZTV Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen“ sowie in den „Einsatzempfehlungen für Fenster und Außentüren“.

Leitfragen zur Montageplanung

A. Hat die Auflagefläche für die Lastabtragung der in Fensterebene auftretenden Kräfte bereits die endgültige Höhe (Brüstung) und ist ein **Lastabtrag** durch Tragklötze direkt in den Baukörper möglich? Oder erfordert die geplante Einbauebene eine zusätzliche Stützkonstruktion?

B. Wie ist eine ausreichende und dauerhafte **Befestigung** der einzubauenden Elemente sicherzustellen?

C. Sind die baulichen Voraussetzungen zur Sicherstellung einer dauerhaft **luftundurchlässigen Abdichtung** zwischen Außenwand und den einzubauenden Elementen gegeben?

D. Sind die baulichen Voraussetzungen zur Sicherstellung einer **dauerhaft schlagregendichten und umlaufenden Anbindung** der einzubauenden Elemente zur Außenwand gegeben? Kann in die Anschlussausbildung eventuell eindringende Feuchtigkeit nach außen sicher abdifundieren oder abgeleitet werden?

E. Stellt die geplante Einbauebene und Anschlussausbildung sicher, dass die raumseitigen Oberflächentemperaturen im Anschlussbereich über der kritischen Temperatur des Raumklimas hinsichtlich Tauwasser- oder Schimmelpilzbildung liegen? Oder entspricht der geplante Baukörperanschluss den **Vorgaben von Beiblatt 2 zur DIN 4108 oder einem anerkannten Wärmebrücken-**

katalog oder ist ein gesonderter Nachweis gemäß DIN 4108-2, Abschnitt 6.2, zur Vermeidung von Schimmelbefall zu führen? Welche zusätzlichen Maßnahmen sind ggf. zu berücksichtigen?

F. Sind alle **zusätzlichen Anforderungen** und Expositionen ausreichend berücksichtigt:

- Feuchtigkeit (innen und außen)
- Schall (Abdichtung und Dämmstoff)
- UV-Strahlung, Temperatur
- Sonnenschutz, sommerlicher Wärmeschutz
- Niedrigenergie- oder Passivhausstandard
- Einbruchhemmung (Befestigung, Baustoffe)
- Rauch- und Brandschutz

Die Beantwortung der obigen Fragen berühren vielfach die Prüf- und Hinweispflichten des Auftragnehmers hinsichtlich der bereitgestellten Planungsunterlagen, der vorgesehenen Art der Ausführung, die Güte der vom Auftraggeber gelieferten Stoffe oder Bauteile und die Leistungen anderer Unternehmer. Textvorlagen dazu finden sich unter www.ibat-hannover.de (siehe „Wärmebrückenkatalog“).

Planungsverantwortung

Planungsaufgaben gehören in der Regel nicht in den Zuständigkeitsbereich des Handwerkers. Beim Fensterbau bzw. Fenstereinbau sowie beim Fenstertausch stellen wärme- und feuchteschutztechnische Nachweise, Angaben zum Bauanschluss und beispielsweise auch die Ermittlung des Isothermenverlaufs eine planerische Aufgabe dar.

In der VOB/C (Ausgabe 2006) DIN 18 355 „Tischlerarbeiten“ werden unter Punkt 4.2.10 und 4.2.11 folgende „Besondere Leistungen“ erwähnt: „Liefere bauphysikalischer Nachweise sowie statischer Berechnungen und der für diese Nachweise erforderlichen Zeichnungen. Maßnahmen für den Brand-, Schall-, Wärme-, Feuchte- und Strahlenschutz, soweit diese über die Leistungen nach Abschnitt 3 hinausgehen.“ Grundsätzlich sind „Besondere Leistungen“ besonders zu vereinbaren und dann auch entsprechend zu honorieren.

Oft werden aber Sanierungsaufträge, wie z. B. der Fenstertausch, direkt vom Bauherrn an den Handwerker vergeben, der damit in der Regel auch die Planungsleistung und die entsprechende Verantwortung übernimmt. In technischer Hinsicht findet sich im Normen- und Regelwerk der Fenstertausch im Altbau kaum beschrieben, allerdings sind auch hier grundlegende Funktionen zu pla-

nen und durch eine fachgerechte Ausführung dauerhaft zu gewährleisten:

- Sichere Anbindung an die tragende Gebäudestruktur
- Vermeidung bzw. Minimierung von Wärmebrücken, Tauwasser- und Schimmelpilzbildung auf bzw. in der Konstruktion
- Luftundurchlässigkeit der Anschlussfuge (nach dem Stand der Technik)
- Ableitung von in den Anschlussbereich eindiffundierter Feuchtigkeit
- Schlagregendichtheit und kontrollierte Wasserführung
- Gefahrlose Nutzung, Bedienung, Wartung und Reinigung

Planungsvorschläge des Auftragnehmers

Ein Urteil des OLG Düsseldorf vom 11.07.96 (Az.: 5 U 18/96, BauR 97, 475), beschäftigt sich mit der Frage, in welchem Umfang der Handwerker bei Ausführung eigener Planungsvorschläge haftet. Führt der Auftragnehmer eine vom Auftraggeber geplante Bauleistung aus, so ist er gemäß § 4 Nr. VOB/B zur Bedenkenanmeldung verpflichtet, nicht jedoch dazu, eigene Planungsvorschläge zu machen, wenn er Bedenken hat. Macht er sie, so haftet er hierfür in vollem Umfang, und zwar selbst dann, wenn diese Vorschläge nur gefälligkeitshalber ohne Vergütung erfolgen.

Trotzdem wird der Auftragnehmer häufig bei Planungsproblemen in seinem Bereich an einer Lösung mitwirken und seine Fachkenntnisse zur Problemlösung einbringen. Ist aufgrund der baulichen Situation allerdings nur eine „Notlösung“ möglich, sollte er mit dem Auftraggeber insoweit eine ausdrückliche Haftungsbeschränkung vereinbaren (nach: RA E. Frikell in Baurechtsreport 7/97).

Fehlerhafte Planung durch den Auftraggeber

Entsteht dagegen bei der Ausführung einer Bauleistung ein Mangel ausschließlich aufgrund fehlerhafter, vom Auftraggeber veranlasster Planung, haftet der Auftragnehmer hierfür grundsätzlich nicht (§ 13 Nr. 3 VOB/B). Etwas anderes gilt nur dann, wenn der Auftragnehmer seine Hinweispflicht gemäß § 4 Nr. 3 VOB/B verletzt hat, in dem er beispielsweise die fehlerhafte Planung nicht erkannt hat.

Baue ein Unternehmer nach Plänen eines Architekten, obwohl er genau wisse, dass es später zu Mängeln kommen müsse und unterlasse er es

trotzdem, den Bauherrn persönlich und schriftlich auf die erkannte fehlerhafte Planung hinzuweisen, so haftet er für die Beseitigung der Mängel allein. Das Berufen auf ein mitwirkendes, ihn entlastendes Planungsverschulden des Auftraggebers widerspreche in diesem Fall dem Grundsatz von Treu und Glauben gem. § 242 BGB. (OLG Hamm, Urteil vom 30.03.1995 – Az.: 17 U 205/93, NJW-RR 96, 273). **Deswegen besteht für den Auftragnehmer auch bei Nicht-VOB-Verträgen eine Hinweispflicht.**

Schließlich muss der Auftragnehmer beachten, dass die Ausführung der Leistung auch nach ordnungsgemäßem Bedenkenhinweis gegenüber dem Auftraggeber für ihn äußerst risikobehaftet ist, wenn bei Beibehaltung der fehlerhaften Planung ein gravierender Mangel mit hoher Wahrscheinlichkeit oder gar Gewissheit zu erwarten ist. Er sollte dann die Ausführung zumindest solange verweigern, bis ihn der Auftraggeber ausdrücklich schriftlich von der diesbezüglichen Haftung freistellt (nach: RA E. Frikell, Baurechtsreport 4/96).

Fehlende Fachplanung

Die Aushändigung geeigneter Ausführungspläne gehört zu den sog. Mitwirkungspflichten des Auftraggebers, falls sich der Auftragnehmer nicht ausnahmsweise zur Ausführung einer funktionalen Leistungsbeschreibung verpflichtet hat.

Bei einer fehlenden Fachplanung hat also der Auftragnehmer nicht selbst die Pläne zu erstellen, sondern stattdessen eine Behinderung anzuzeigen. Erstellt der Auftragnehmer stillschweigend und ohne Anspruch auf Vergütung die Ausführungsplanung, haftet er die Richtigkeit im gleichen umfassenden Umfang wie ein Planer.

Das heißt, der Auftragnehmer haftet für die aufgrund seiner fehlerhaften Planung entstandenen Mängel allein, ohne dass er dem Auftraggeber ein Mitverschulden anlasten kann. Ein solches Mitverschulden würde den Auftraggeber nur dann treffen, wenn er dem Auftragnehmer aufgrund einer vorgelegten Planung eine bestimmte Art der Ausführung vorgeschrieben hätte, auf die sich dieser verlassen, und die sich später als fehlerhaft herausgestellt hat.

Solange der Auftraggeber jedoch überhaupt keine Planung vorlegt, kann sich der Auftragnehmer auch nicht auf deren Richtigkeit verlassen und eine Mithaftung des Auftraggebers scheidet von vorneherein aus, so eine Urteil des OLG Celle – Az.: 14 U 26/04 vom 21.10.2004 (nach RA E. Frikell, Baurechtsreport 1/2005)

Vergütung für fehlende Planungs- und Ausführungsunterlagen

Stellt der Auftraggeber keine Planungs- und Ausführungsunterlagen zur Verfügung, ist dem Auftragnehmer die Abgabe eines Preisangebots oft erst möglich, wenn er zuvor umfangreiche Pläne, Zeichnungen und Berechnungen erarbeitet.

Es fragt sich, ob der Auftragnehmer für seine Planungsleistung eine Vergütung erhält, wenn ihm der Auftrag nicht erteilt wird. Das OLG Düsseldorf (Az.: 19 U 47/90, BauR 91, 613) hat mit Urteil vom 13.03.91 hierzu folgendes festgestellt:

- Der Auftragnehmer erhalte ohne besondere Vereinbarung nur dann eine Vergütung für von ihm erbrachte Leistungen, wenn diese Arbeiten üblicherweise nur gegen Vergütung zu erwarten seien (§ 632 Abs. 1 BGB).
- Für Planungsleistungen, die nur der Vorbereitung eines Angebotes im Rahmen einer Ausschreibung oder freihändigen Vergabe dienen, ohne die die Abgabe eines sachgerechten Angebots gar nicht möglich sei, sei aber gerade keine Vergütung üblich.
- Etwas anderes gelte nur dann, wenn zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer eine ausdrückliche Vergütungsvereinbarung getroffen worden sei.

(nach: RA E. Frikell, Baurechtsreport 11/91)

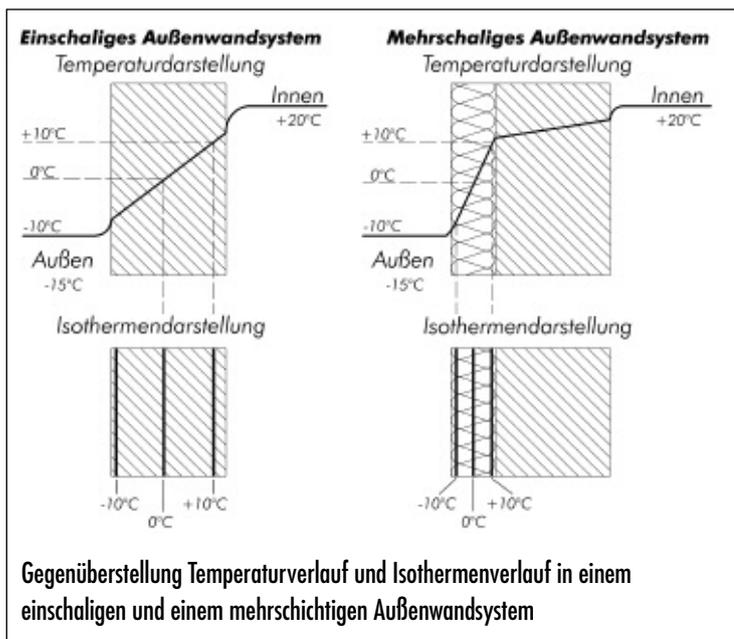
Zusammenfassung

Beim Fenster- und Türentausch im Gebäudebestand beim privaten Kunden ist in der Regel kein Architekt oder Fachplaner beteiligt. Immer dann übernimmt der ausführende Handwerksbetrieb häufig stillschweigend die Planungsverantwortung mit allen oben erwähnten Konsequenzen. Besondere Bedeutung gewinnen dabei eindeutige vertragliche Vereinbarungen und die Hinweispflichten des Auftragnehmers im Rahmen der Auftragsabwicklung.

Temperatur

Wirken auf eine Außenwand über einen längeren Zeitraum konstante, aber zu beiden Seiten unterschiedliche Innen- und Außentemperaturen ein, so bildet sich durch das Temperaturgefälle ein Wärmestrom durch das Bauteil vom höheren Energieniveau zum niedrigeren Energieniveau aus. Die Wärmeenergie fließt von warm nach kalt.

Je nach den wärmetechnischen Eigenschaften des Außenwandsystems, ausgedrückt durch die Wärmeleitfähigkeit λ (klein Lambda) in W/mK der eingesetzten Materialien, stellt sich ein charakteristischer Temperaturverlauf über den Querschnitt der Wand ein. Die Temperaturverläufe bei komplexeren Situationen gegenüber dem ungestörten Wandbereich, wie z. B. der Anschlussbereich des Fensters, können durch die übliche Darstellung nur unvollständig beschrieben werden. Es bietet sich daher die Isothermendarstellung an. Die Isotherme ist eine Linie, die Punkte mit gleicher Temperatur verbindet.



Wärmebrücken

Wärmebrücken sind örtlich begrenzte wärmetechnische Schwachstellen in der wärmedämmten Außenhülle eines Gebäudes. An solchen Stellen findet im Vergleich zu den umgebenden, wärmebrückenfreien („ungestörten“) Bauteilflächen ein erhöhter Wärmefluss vom Gebäudeinneren nach außen statt.

Auswirkungen von Wärmebrücken

- Erhöhte Transmissionswärmeverluste, höherer Heizenergieverbrauch, höhere Kesselleistung und Kesselbaugröße sowie höhere Energiekosten. Diesen Effekt nutzt man nachher im Kapitel 9 für die Erhöhung der Oberflächentemperatur bei der Stein-Innenfensterbank und der Leibungsdämmung mit Aluminiumbelag, allerdings zum Preis eines erhöhten Wärmeflusses und Energieverbrauchs.
- Verminderung der thermischen Behaglichkeit; die Bewohner erleben einen erhöhten Strahlungswärmeentzug an kalten Bauteiloberflächen. An großflächigen Fensterwänden bildet sich durch die nach unten fallende, sich abkühlende Raumluft eine sog. Kaltluftwalze, die trotz dichter Fenster und Gebäudehülle als Zugluft wahrgenommen wird.
- Wasserdampfkondensation und Feuchtebildung; wenn ein Bauteil längere Zeit durchfeuchtet wird, erhöht sich dessen Wärmeleitfähigkeit und verstärkt so den negativen Effekt einer Wärmebrücke.
- Schimmelpilzbildung; bei länger andauerndem, abkühlungsbedingtem örtlichem Anstieg der relativen Raumluftfeuchte auf über 80 % kann die Oberfläche eines Baustoffs mittels Kapillarkondensation soviel Feuchte aufnehmen, dass Schimmelpilzbildung möglich wird; eine relative Luftfeuchte von 100 % (Taupunkttemperatur) ist also gar nicht für die Schimmelpilzbildung erforderlich (siehe auch Bedeutung der 10°C - und der $12,6$ bzw. 13°C -Isotherme).
- Bauschäden, Zersetzungen, Holzfäule, Ausblühungen, Abplatzungen usw., wie auch Schäden an fremden Bauteilen ("Mangelfolgeschaden" und ggf. Schadensersatzansprüche)
- Staubablagerungen, Verfärbungen, Nachdunkelungen, Fogging.

Wärmebrückenarten

Wärmebrücken lassen sich hinsichtlich ihrer bauphysikalischen Ursachen in vier Arten unterscheiden:

- Geometrisch bedingte Wärmebrücken treten immer dort auf, wo aufgrund der Geometrie eines Bauteils einer bestimmten Innenoberfläche eine größere wärmeabgebende Außenoberfläche gegenübersteht. Ein Beispiel dafür ist die Außenwanddecke. Besonders gravierende geometrische Wärmebrücken entstehen, wenn Bauteile nach außen ragende spitze Winkel bilden (Erker, Wintergarten usw.).

- Material- oder stofflich bedingte Wärmebrücken werden dadurch verursacht, dass an manchen Stellen der wärmedämmenden Außenhülle aus konstruktiven Gründen relativ gut wärmeleitende Materialien zum Einsatz kommen oder die Dicke der Wärmedämmung verringert wird. Stoffliche Wärmebrücken entstehen häufig bei Stabwerkskonstruktionen durch die tragenden Bauteile, wie z. B. Holzständer, Dachsparren, Beton- oder Stahlstützen. Fensterrahmen und deren Randschlüsse, schlecht gedämmte Fensterstürze sowie Rollladenkästen stellen in vielen Fällen eine Kombination aus stofflich und geometrisch bedingter Wärmebrücke dar.
- Umgebungsbedingte Wärmebrücken entstehen durch Elemente sehr unterschiedlicher thermischer Eigenschaften, die in der Nähe von Außenbauteilen angeordnet sind. Das können beispielsweise vor der Wand angebrachte Heizkörper sein, die zu einer Erhöhung der Innenoberflächentemperatur und dadurch auch zu einem größerem Wärmestrom durch die Wand führen. Abgehängte Decken, Möbel und Gardinen bedecken teilweise Außenbauteile, führen aufgrund der Behinderung der Luftzirkulation zu einem Absinken der Temperatur an der Wandoberfläche und erhöhen damit das Risiko von Kondenswasser- und Schimmelpilzbildung.

Taupunkttemperaturen in °C in Abhängigkeit von relativer Luftfeuchte und Temperatur						
	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %
25 °C	6,2	10,5	13,9	16,7	19,1	21,3
24 °C	5,4	9,6	12,9	15,8	18,2	20,3
23 °C	4,5	8,7	12,0	14,8	17,2	19,4
22 °C	3,6	7,8	11,1	13,9	16,3	18,4
21 °C	2,8	6,9	10,2	12,9	15,3	17,4
20 °C	1,9	6,0	9,3	12,0	14,4	16,4
19 °C	1,0	5,1	8,3	11,1	13,4	15,5
18 °C	0,2	4,2	7,4	10,1	12,5	14,5
17 °C	-0,6	3,3	6,5	9,2	11,5	13,5
16 °C	-1,4	2,4	5,6	8,2	10,5	12,6
15 °C	-2,2	1,5	4,7	7,3	9,6	11,6
14 °C	-2,9	0,6	3,7	6,4	8,6	10,6
13 °C	-3,7	-0,1	2,8	5,5	7,7	9,6
12 °C	-4,5	-1,0	1,9	4,5	6,7	8,7
11 °C	-5,2	-1,8	1,0	3,5	5,8	7,7
10 °C	-6,0	-2,6	0,1	2,6	4,8	6,7

Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte

- Massestrombedingte Wärmebrücken treten dort auf, wo eine erhöhte Wärmeabfuhr über ein strömendes Medium erfolgt, also z. B. eine in der Außenwand verlegte Wasserleitung. Auch die Luftströmung in einem Abwasserfallrohr mit Dachentlüftung sowie die Zufuhr kalter Außenluft durch Leckagen in der ansonsten luftdichten Außenhülle eines Gebäudes, die zu einer Auskühlung angrenzender Bauteile führen, gehören zu dieser Art von Wärmebrücken. Eine von innen nach außen gerichtete Luftströmung transportiert zudem große Mengen Feuchtigkeit in die Leckage. Mit zunehmender Durchfeuchtung sinkt in der Regel das Wärmedämmvermögen der angrenzenden Bauteile bzw. Baumaterialien (häufig sind Dämmschichten betroffen) und eine neue, zusätzliche Wärmebrücke wird geschaffen. Neben einer sorgfältigen Planung von Abdichtungsarbeiten und Bauanschlussfugen sind Leckagen vor allem durch eine äußerst sorgfältige Bauausführung zu vermeiden.

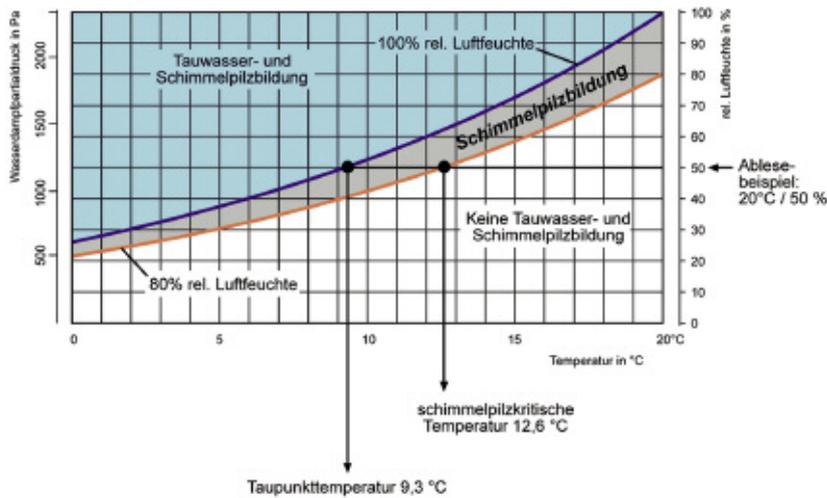
Feuchtigkeit

Das Fenster als Teil der Außenwand ist Belastungen durch Feuchtigkeit von der Außen- und von der Raumseite ausgesetzt. Während die Bewitterung von außen allgemein verständlich als klare und logische Belastung erkannt wird, wurde der Feuchtebelastung durch das Raumklima bislang eher wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Die relative Luftfeuchtigkeit bezeichnet den Feuchtegehalt der Luft bezogen auf die Sättigungsmenge, d. h., ein Wassergehalt der Luft von 8,65 g/m³ bei 20 °C entspricht einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 %, da der mögliche Wassergehalt der Luft bei 20 °C maximal 17,3 g/m³ beträgt. In der Tabelle sind für unterschiedliche Klimazustände (Temperatur, relative Luftfeuchte) die Taupunkttemperaturen angegeben.

Die Taupunkttemperatur gibt an, ab welcher Temperatur die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist (100 %) und ein weiteres Abkühlen zum Ausfallen von Wasser führt. Der Taupunkt kann bei Bauteilen mit schlechter Wärmedämmung auf der raumseitigen Oberfläche oder auch innerhalb des betreffenden Bauteils liegen, was dann bei Diffusionsvorgänge zur Durchfeuchtung eines Bauteils führen kann.

Findet z. B. eine Abkühlung von 20 °C warmer zu 50 % gesättigter Luft auf 9,3 °C statt, so steigt die relative Luftfeuchtigkeit auf 100 % (Sättigung) an. Findet eine weitere Abkühlung der Luft statt, so



Schimmelpilzkritische Klimabedingungen

kommt es zum Ausfall von Tauwasser, da die Luft nicht mehr in der Lage ist, die ursprüngliche Menge Wasser zu binden.

Doch schon bevor Tauwasser ausfällt erreichen Wandbaustoffe bei ca. 13 °C Oberflächentemperatur und ab ca. 80 % relativer Luftfeuchte in unmittelbarer Nähe zur betroffenen Oberfläche einen schimmelpilzkritischen Zustand.

Konvektion und Diffusion

Neben der Problematik der Wärmeverluste und des Feuchteintrages in die Konstruktion infolge durchströmender Luft (Konvektion) im Bereich von Undichtigkeiten kann auch bei bauphysikalisch unzureichender Ausbildung der Gebäudehülle die Wasserdampf-Diffusion zu einer unzulässigen Feuchteanreicherung in der Konstruktion führen.

In der kalten Jahreszeit ist die absolute Luftfeuchtigkeit in der Regel raumseitig höher als auf der Außenseite, d. h., raumseitig stellt sich ein höherer Wasserdampfdruck ein als außenseitig. Dies führt, vergleichbar mit dem Wärmestrom zu einem Dampfdruckgefälle und damit zu einem Wasserdampfstrom von innen nach außen.

Jedes Material setzt der Wasserdampfdiffusion einen gewissen Widerstand entgegen. Die Eigenschaft, mehr oder weniger Wasserdampf durchzulassen, wird durch die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ (μ -Wert) beschrieben. Ein Baustoff mit dem Wert $\mu = x$ sagt aus, dass dieser x-mal dichter ist, als eine ruhende, gleichdicke Luftschicht gleicher Temperatur.

Für die Beurteilung des Diffusionsverhaltens ist neben der Stoffeigenschaft (μ -Wert) auch die Dicke

Richtwerte nach DIN EN 12 524

Sperrstoffe	wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d
Polyethylenfolie 0,15 mm	50 m
Polyethylenfolie 0,25 mm	100 m
Aluminiumfolie 0,05 mm	1500 m
Glanzlack	3 m
Vinyltapete	2 m

d der jeweiligen Bauteilschicht entscheidend. Beides miteinander multipliziert ($\mu \times d$) ergibt die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke, den sogenannten s_d -Wert. Der s_d -Wert beschreibt als Bezugsgröße die Dicke (in Meter) einer ruhenden Luftschicht, die den gleichen Wasserdampf-Diffusionswiderstand hat, wie die betrachtete Bauteilschicht. Mit Hilfe des s_d -Wertes lässt sich das Diffusionsverhalten von mehrschichtigen Außenbauteilen beurteilen.

Um einen Feuchtestau infolge Wasserdampfdiffusion in der Konstruktion zu vermeiden, ist bei mehrschichtigem Aufbau bei der Schichtenfolge das Prinzip „innen dichter als außen“ einzuhalten. Allerdings sind die Feuchtigkeitsmengen, die über Diffusionsvorgänge in Bauteile oder Baustoffe eingetragen werden in der Regel vernachlässigbar gering gegenüber den Feuchtigkeitsmengen, die mit einer von innen nach außen gerichteten Luftströmung (Konvektion) in den Anschlussbereich transportiert werden.

Wärme- und Feuchteschutz

Die Anforderungen an den Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau sind in der DIN 4108 sowie in der jeweils gültigen Verordnung des Gesetzgebers zum Wärmeschutz bzw. zur Energieeinsparung geregelt. Der Baukörperanschluss von Fenstern und Fenstertüren ist sowohl feuchte- als auch wärmetechnisch zu beurteilen und zu berücksichtigen. Für den Gebäudebestand bestehen zwar keine expliziten Anforderungen, aber gerade angesichts der Problematik „Schimmelpilz nach Fenstertausch“ ist sinngemäß von den gleichen Anforderungen wie im Neubau auszugehen, die aber ungleich schwieriger umzusetzen sind.

Weiterhin werden in der EnEV für den Neubau Anforderungen an die Dichtheit der Gebäudehülle gestellt (§ 5, Dichtheit, Mindestluftwechsel). Gefordert wird eine nach dem Stand der Technik dauerhaft luftundurchlässige Ausführung der wärmeübertragenden Umfassungsfläche einschließlich der Fugen – wobei es sich nicht um eine vollkommen neue Anforderung handelt, da sie schon

in der ersten Ausgabe der Wärmeschutzverordnung enthalten war. Der Stand der Technik ist in der DIN 4108 Teil 7 anhand von Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie Beispielen eindeutig beschrieben.

Damit die Luftundurchlässigkeit sowie der Wärme- und Feuchteschutz auch dauerhaft gewährleistet bleibt, ist zu beachten, dass Bauanschlussfugen Wartungsfugen sind und turnusmäßig (z. B. im Rahmen eines Wartungsvertrages) zu überprüfen und ggf. instand zu setzen sind.

Die Beachtung der Dichtheit, des Mindestwärmeschutzes, die Vermeidung bzw. Optimierung von Wärmebrücken sowie die Nachweisführung ist Aufgabe des Planenden. Die Einhaltung der Anforderungen erfordert eine fachgerechte Umsetzung der planerischen Vorgaben und liegt damit in der Verantwortung des Ausführenden.

Aus der bisherigen Betrachtung ergeben sich drei Zusammenhänge, die der Fensterbauer auch bei der Altbausanierung beachten muss:

- Zur Vermeidung von Schimmelpilz- und Tauwasserbildung im raumseitigen Fensteranschlussbereich ist vor Ausführung im Rahmen der Planung die Wärmebrückenwirkung (Mindestwärmeschutz) zu beurteilen.
- Um Feuchtigkeitsschäden im Anschlussbereich infolge Wasserdampf-Diffusion zu vermeiden, müssen Fenster – Fuge – Wand als Gesamtsystem gesehen werden. Das Gesamtsystem muss in Bezug auf die Wasserdampf-Diffusion nach dem Prinzip „innen dichter als außen“ ausgeführt werden.
- Vor allem muss aber die Anschlussfuge zwischen Fenster und Wand durch Abdichtungsmaßnahmen raumseitig luftdicht ausgeführt werden, da sonst die von der Raumseite einströmende Luft im Fugenbereich unter die Taupunkttemperatur abkühlen und Feuchtigkeit abgeben kann.

Abdichtung der Anschlussfuge

Bauwerksschäden aufgrund von Schimmelpilzbildung bzw. Kondensatbildung im Bereich der Anschlussfuge zwischen Baukörper und Fenster bzw. Türen haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Diese resultieren oft aus einer nicht fachgerechten Abdichtung. Die luft-, wind- und schlagregendichte Abdichtung von Gebäuden ist aber eine grundlegende bauphysikalische Anforderung der DIN 4108 und der Energieeinsparverordnung (EnEV).

In Zeiten, in denen das Niedrigenergie- und das Passivhaus zum Stand der Technik werden, kommt der funktionssicheren Anschlussabdichtung eine besondere Bedeutung zu. Das gilt gerade auch für zu modernisierende Altbauten, bei denen hochwärmedämmende und luftdichte Fenster in die bestehende Gebäudehülle eingebaut werden.

Luftdichtheit, Wärme-, Schall- und Wetterschutz

Die Eignung der eingesetzten Materialien sollte anhand der technischen Spezifikationen der jeweiligen Hersteller überprüft werden, um die dauerhafte Funktion der Ausführung zu sichern. Wie in Kapitel 2 beschrieben, ist der fensterbauende bzw. fenstereinbauende Betrieb für die Umsetzung des 3-Ebenen-Modells verantwortlich.

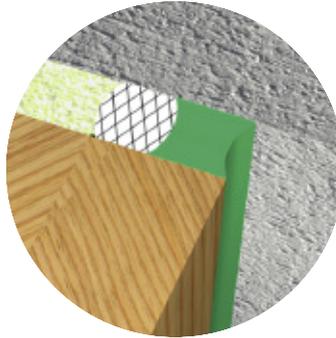
Im Außenbereich steht der dauerhafte Schutz gegen Schlagregen im Vordergrund. Zu berücksichtigen ist hier DIN 18 055, nach der bis zu einer Gebäudehöhe von 20 m die Produkte einem Prüfdruck von 300 Pascal (entspricht etwa Windstärke 9) und bis zu einer Gebäudehöhe von 100 m einem Prüfdruck von 600 Pascal (entspricht etwa Windstärke 11) standhalten müssen.

Der bauphysikalische Grundsatz, die innere Ebene des Baukörpers wasserdampfdiffusionsdichter auszubilden als die äußere Ebene, sollte natürlich auch auf den Bereich der Anschlussfugen angewandt werden. Hierbei ist es vorteilhaft, ein s_d -Wert-Verhältnis von mindestens 5:1 besser 10:1 zwischen innerer und äußerer Abdichtung einzuhalten.

Neben dem einzuhaltenden Grundsatz „innen dichter als außen“ kommt der luftdichten Abdichtung zur Vermeidung von Feuchteschäden eine erhebliche Bedeutung zu, da bereits über kleine Undichtigkeiten und der daraus resultierenden Konvektion erhebliche Menge Feuchtigkeit in den Bereich der 10 °C-Isotherme gelangen und dort kondensieren können.

Daher ist ein sorgfältiges Arbeiten bei der Abdichtung unerlässlich für einen funktionstauglichen Anschluss. Mögliche Varianten für eine einwandfrei

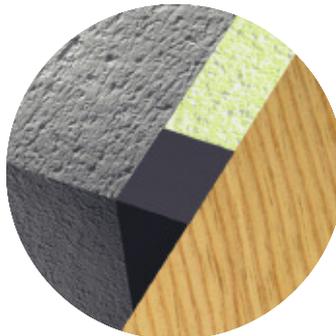
funktionierende Fugenabdichtung können wie folgt aussehen:



Abdichtung mit spritzbarem Dichtstoff
(z. B. Terostat 139 Acryl-Dichtstoff)



Abdichtung mit Fensteranschlussfolie
(z. B. Terofol Ü sd 50 SK)



Abdichtung mit komprimiertem
Dichtband (z. B. Terocomp ecoMAX)

Für die gewählten Dichtmittel sind dabei folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

Fensteranschlussfolien

Der Untergrund der Klebeflächen muss tragfähig, fest, staub-, trennmittel-, oel- und fettfrei sein. Der Einbau der Folien erfolgt nach Angabe des Herstellers. Aufgrund von statischen und thermischen Belastungen sind horizontale und vertikale Bewegungen zwischen Fensterrahmen und Baukörper zu erwarten. Die Montage der Fensteranschlussfolien ist daher spannungsfrei (schlaufenförmig) auszuführen, z. B. mit Terofol Ü sd 1 SK oder Terofol Ü sd 50 SK.

Komprimierte Dichtbänder

Die Banddicke ist so zu wählen, dass der vom Hersteller angegebene Komprimierungsgrad über den gesamten Verlauf der Fuge eingehalten wird. Auf Grund von Untergrundunebenheiten gerade im Altbau ist der Einsatz von komprimierten Dichtbändern mit hohen Fugentoleranzbereichen (z. B.

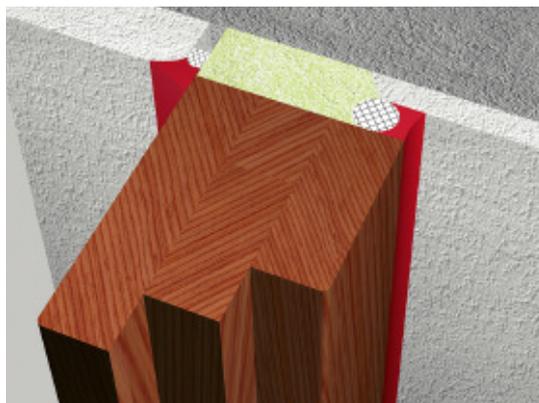
„Terocomp ecoMAX“) erforderlich, um einen sicheren Wetterschutz zu gewährleisten. Die benötigten Bandlängen sind unter Zugabe von 1 cm Dehnungsreserve abzumessen. Die Bandstöße sind rechtwinklig und deckungsgleich auszuführen, wobei stets die senkrechten Längen durchlaufen, während die waagerechten Bandenden unter Stauchung dagegen stoßen sollen. Die Fugenbreiten sind gemäß den Vorgaben für die Mindestfugenbreiten aus dem IVD-Merkblatt Nr. 9 oder dem „Leitfaden zur Montage“ auszuführen.

Spritzbare Fugendichtstoffe

Die Fugenflanken müssen tragfähig, trocken, fett- und staubfrei sein. Die Entfernung von Fetten kann z. B. mit Terostat Haftreiniger 119 vorgenommen werden. Eine Dreiflankenhaftung ist zu vermeiden. Die Fugenbreiten sind gemäß den Vorgaben für die Mindestfugenbreiten aus dem IVD-Merkblatt Nr. 9 oder dem „Leitfaden zur Montage“ auszuführen.

Einbaulage „stumpfer Anschlag“

Beim stumpfen Anschlag liegen der Fensteranschluss und die Wandoberfläche bündig in derselben Ebene; äußere und innere Fuge sind in der Regel vollständig überputzt. Daraus ergibt sich beim Fenstertausch die besondere Erschwernis, dass sowohl der Ausbau des Altfensters als auch noch mehr die Montage des Austauschelementes vom Monteur die allergrößte Sorgfalt erfordert, damit etwaiger Flurschaden im umliegenden Wandbereich vermieden wird.



Stumpfer Anschlag mit Dichtstoffugen

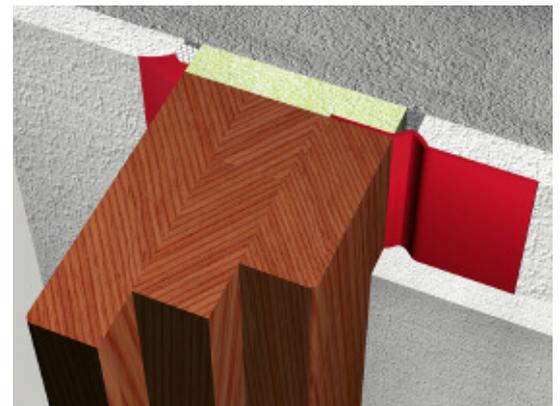
Die Lage des Austauschelementes in der Leibung wird auch beim stumpfen Anschlag üblicherweise nach dem Sitz des Altfensters bestimmt, woraus sich ergibt, dass die äußere Abdichtung dabei gegen die vorhandene Putzkante erfolgt, welche im Nachgang dann zumeist verleistet wird. Für die Auswahl des geeigneten Abdichtungsmittels sind folgende Aspekte zu betrachten:

Komprimierte Dichtbänder lassen sich bei

stumpfen Anschlag nur schwer einsetzen, da sie hier seitlich vom Rahmen in die Montageebene hineinragen und das Verbringen des Elementes dadurch zusätzlich erschweren würden.

Erfahrungsgemäß gestaltet sich das Erstellen der äußeren Abdichtung mittels **spritzbarer Fugendichtmassen** als die technisch einfachste und für diesen Fall zugleich sicherste Variante. Zu beachten ist, dass hierzu im Außenbereich nur geeignete Fugendichtmassen eingesetzt werden dürfen, die eine zulässige Gesamtverformung von 25 % aufweisen (z. B. „Terostat 2000 MF“, „Terostat 139“). Ähnliches gilt sinngemäß auch für die innere Abdichtung. Da für die Fenstermontage hier zumeist auf der Innenseite der Leibung ohnehin der Altputz etwas umfangreicher abgetragen und im Anschluss nachgeputzt werden muss, steht für die innere Abdichtung neben der Variante mit spritzbaren Fugendichtmassen auch die Ausführung mit Anschlussfolien zur Wahl.

Ein Einsatz von **Abdichtungsfolien** erfordert in der Altbausanierung immer einen flächigen Neuauftrag eines Putz- und/oder Dämmsystems oder eine Verblendung der raumseitigen Leibung. Der Einsatz eines Dichtfoliensystems im Innenbereich ist immer dann sinnvoll, wenn eine Beschädigung des Putzes unumgänglich ist. Idealerweise sollte der alte Putz weggeschlagen werden. Im Falle einer Komplettanierung der Putzfassade beispielsweise in Kombination mit Wärmedämmverbundsystemen ist diese Situation vergleichbar mit einem Neubau und somit unproblematisch; der Einsatz von Abdichtungsfolien ist auch hier sehr sinnvoll.



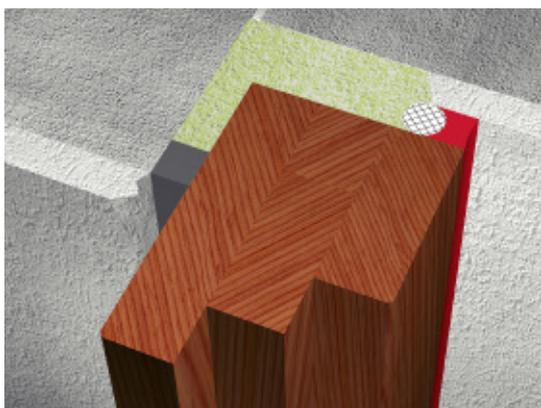
Stumpfer Anschlag mit Abdichtungsfolie

Bei der Ausführung der inneren Abdichtung mit Anschlussfolie (z. B. „Terofol Ü sd 50 SK“) ist zu beachten, dass die Folie zur Aufnahme geringfügiger Bauteilbewegungen spannungsfrei verklebt sein muss; am Fensterprofil erfolgt dieses mittels Selbstklebestreifen, auf der Wandseite mittels Klebpaste, wobei das Klebstoffbett eine Mindestbreite von 30 mm haben sollte.

Einbaulage „Innenanschlag“

Beim Innenanschlag stehen die Ebenen des äußeren Fensteranschlusses und der Wandoberfläche senkrecht zueinander und das Element ist von innen gegen das Blindmauerwerk angeschlagen. Die äußere Fuge ist häufig als Sichtfuge ausgelegt, während die innere Fuge in der Regel überputzt ist. Beim Fenstertausch kann das neue Element problemlos in seinem Abstand zum Blindmauerwerksanschlag zu optimaler Fugenbreite eingestellt werden, so dass die äußere Abdichtung bequem sowohl mit komprimiertem Dichtband, als auch mit spritzbaren Fugendichtmassen ausgeführt werden kann. Als Kriterien für die Auswahl des geeigneten Abdichtungsmittels sind folgende Punkte zu beachten:

Gerade im Altbau (beispielsweise Backstein etc.) sind größere Fugentoleranzen innerhalb der Anschlussfuge häufig vorzufinden. Aus diesem Grund ist der Einsatz von **komprimierten Dichtbändern** mit hohen Fugentoleranzbereichen (z.B. „Terocomp ecoMAX“) erforderlich, um einen sicheren Wetterschutz zu gewährleisten.



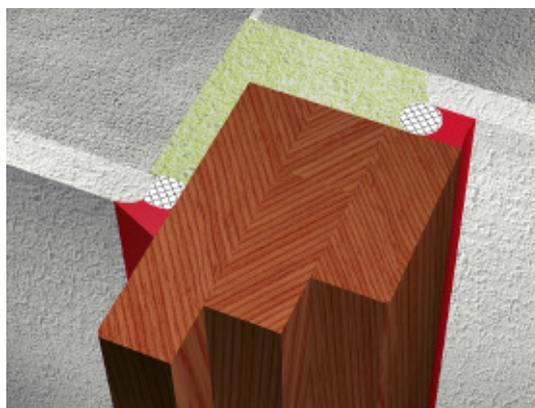
Innenanschlag mit Kompriband außen

Bei stark unebenen Untergründen muss als Vorleistung ein Glattstrich erfolgen. Die erforderlichen Mindest-Fugenbreiten ergeben sich aus DIN 18 542. Weiterhin ist es wichtig, dass das Dichtband der gebäudehöhenabhängigen Schlagregendichtigkeit entspricht. Die Eigenschaft der Schlagregendichtigkeit von 300 Pascal (bis zu 20 m Gebäudehöhe) und 600 Pascal (bis zu 100 m Gebäudehöhe) wird durch den Tränkungsgrad des Dichtbandes bestimmt. Die Dichtbänder müssen universell untergrundverträglich sein und dürfen nicht ausbluten (z. B. Terocomp ecoMAX 300 und 600).

Beim Einsatz von Kompriband ist neben der richtigen Banddimension auch darauf zu achten, dass die Fugenflanken, also die Anlageflächen für das Band, über die Fugenlänge auch in der Tiefe möglichst parallel verlaufen. Nur dann kann sich der

zur Abdichtung nötige Anpressdruck entfalten, der über die Vorkomprimierung erzeugt wird; andernfalls beult das Band aus und ist auf Dauer nicht dicht.

Beim Abdichten mit **spritzbaren Fugendichtmassen** gegen Sichtmauerwerk sollte auf gute Glättbarkeit und geringen Schrumpf des Dichtstoffs geachtet werden, um ein optisch einwandfreies Fugenbild sicherzustellen. Auch ist es in diesem Sinne vorteilhaft, wenn der Dichtstoff abriebfest ist. Wie zuvor gilt auch hier, dass nur für den Außenbereich geeignete elastische Fugendichtmassen (z. B. Terostat 2000 MF, Terostat 139) eingesetzt werden dürfen.



Innenanschlag mit Dichtstofffuge außen

Bei der Ausführung der Abdichtung mit Fugenmasse (z. B. Terostat 2000 MF, Terostat 139) muss die Fugendimensionierung, also die Ausformung des Dichtstoffkörpers, gemäß IVD – Merkblatt Nr. 9 erfolgen. Insbesondere ist zur Aufnahme der Bauteilbewegungen unbedingt eine Dreiflankenhaftung zu vermeiden, indem die Fugenmasse mit geschlossenzelliger Rundschnur hinterfütert wird.

Der Einsatz von **Abdichtungsfolien** ist lediglich beim inneren Anschluss möglich, wenn sowieso ein Nachverputzen oder Verblenden mit Fensterfutter oder Ähnlichem erforderlich ist. Ein außenseitiger Anschluss mittels Dichtfolien an Sichtmauerwerk verbietet sich allein schon aus optischen Gründen.

Die Baupraxis hat gezeigt, dass es gerade im Bereich von Wärmebrücken zur Schimmelpilz- und Tauwasserbildung kommen kann. Daher wird in der EnEV und der DIN 4108 Teil 2 im Bereich von Wärmebrücken ein Mindestwärmeschutz gefordert. Zur Vermeidung von Schimmelpilz- und Tauwasserbildung ist auch im Bereich von Bauteilanschlüssen eine Mindestoberflächentemperatur sicherzustellen. Seitens der Planung muss die Detailausbildung des Fensteranschlusses hinsichtlich des Mindestwärmeschutzes und der Wärmeverluste geplant und die eingesetzten Materialien und die Lage der Bauteile zueinander vorgegeben werden.

Der **Mindestwärmeschutz** im Bereich von Fensteranschlüssen ist auch bei der Altbausanierung zu beachten und anzustreben. Damit dabei nicht für jede Anschlusssituation umfangreiche Berechnungen angestellt werden müssen, wurden die nachfolgenden Ausführungsbeispiele exemplarisch berechnet, die als Nachweis für den Temperaturfaktor (f_{Rsi} -Faktor) herangezogen werden können. Voraussetzung hierfür sind:

- die gleiche oder eine günstigere Anschlussausbildung
- gleiche oder bessere wärmetechnische Eigenschaften der Bauteile.

Isothermen im Fensteranschlussbereich

Isothermen sind Linien, die Punkte gleicher Temperatur verbinden und geben somit die rechnerische Temperaturverteilung innerhalb des Bauteils wieder. Unter Zuhilfenahme von EDV-Programmen können komplizierte Anschlüsse berechnet und die Isothermenverläufe dargestellt werden.

Bisher wurde für die Beurteilung einer Anschlusssituation hinsichtlich der Tauwasserbildung, die **10 °C-Isotherme** herangezogen (siehe auch Kapitel 5 „Bauphysikalische Grundlagen“). In Bereichen, an denen die 10 °C-Isotherme außerhalb der Konstruktion verläuft, ist mit Tauwasserbildung auf den Oberflächen zu rechnen, wenn die der Berechnung zugrunde liegenden Randbedingungen eintreffen.

Tauwasserbildung kann zu Schäden beispielsweise in Form von Schimmelpilzbildung führen. Schimmelpilze können sich jedoch auch – das haben Untersuchungen gezeigt – auf Bauteiloberflächen bilden, wenn diese über längere Zeiträume einer relativen Luftfeuchte von über 80 % ausgesetzt sind und ein für das Schimmelpilzwachstum geeigneter Nährboden vorhanden ist. Dieser ist an nahezu allen Stellen gegeben, selbst auf Kunststoffen.

Entsprechend dieser Zusammenhänge liegt die schimmelpilzkritische Oberflächentemperatur bei einer Raumtemperatur von 20 °C und einer rel. Luftfeuchte 50 % unter 12,6 °C. Für die Beurteilung einer Anschlusssituation hinsichtlich der Schimmelpilzbildung kann daher, unter Zugrundelegung der Randbedingungen nach DIN 4108-2, die **13 °C Isotherme** herangezogen werden.

Aber auch hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass sich bei höherer rel. Luftfeuchtigkeit im Raum auch höhere schimmelpilzkritische Temperaturen ergeben. In Neubauten ist die rel. Luftfeuchtigkeit in den ersten Jahren oftmals höher als 50 %, da die Baufeuchte aus Wänden, Putz und Estrich erst entweichen muss. Ebenso ist in Bädern, Küchen und Schlafzimmern häufig eine rel. Luftfeuchte von über 50 % anzutreffen. Bei einer Raumtemperatur von 20 °C und einer rel. Luftfeuchte von 70 % beträgt die schimmelpilzkritische Oberflächentemperatur ca. 18 °C.

Zum Nachweis der Mindestanforderungen (Verlauf der 13 °C-Isotherme innerhalb des Bauteils bzw. des Baukörpers) wurde der Temperaturfaktor f_{Rsi} eingeführt. Der Temperaturfaktor f_{Rsi} wird nach DIN EN ISO 10 211-2 ermittelt. Der Index „Rsi“ steht für den raumseitigen Wärmeübergangswiderstand. Dieser ist mit **Rsi = 0,25 m²K/W** anzunehmen ($f_{0,25} = f_{Rsi}$).

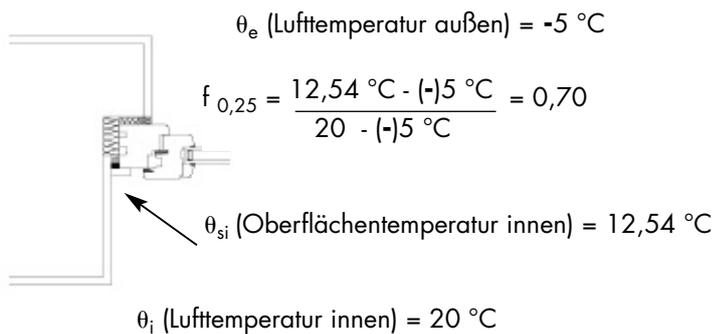
Der Temperaturfaktor ergibt sich zu:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Dabei ist:

- θ_{si} = raumseitige Oberflächentemperatur
- θ_i = Innenlufttemperatur
- θ_e = Außenlufttemperatur

Der Temperaturfaktor muss an der ungünstigsten Stelle des Baukörperanschlusses die Mindestanforderung $f_{Rsi} \geq 0,70$ erfüllen. Im folgenden Bild wird beispielhaft eine Berechnung des Temperaturfaktors $f_{0,25}$ wiedergegeben. Das Beispiel entspricht dem Modell Einschaliges Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag aus Hochlochziegel (siehe Kapitel 9.2).

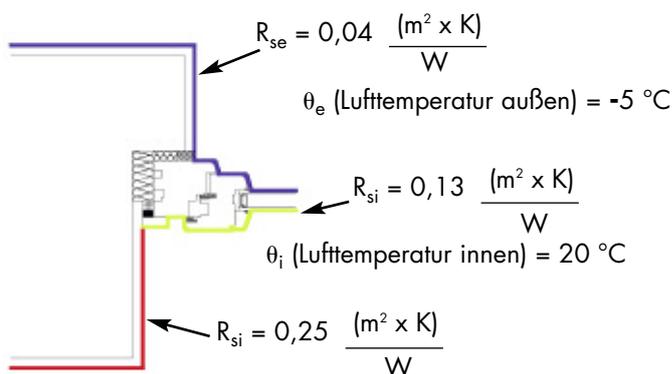


Überprüfung der Einhaltung des Mindestwärmeschutzes im Anschlussbereich mit Hilfe des Temperaturfaktors $f_{0,25}$

Es wurden für die Ausführungsbeispiele nachfolgende Randbedingungen für die Berechnung des Temperaturfaktors f_{Rsi} nach DIN 4108-2 zugrunde gelegt:

- Innenlufttemperatur $\theta_i = 20\text{ °C}$
- Außenlufttemperatur $\theta_e = -5\text{ °C}$
- Wärmeübergangswiderstand, innen im Bereich der Außenwand $R_{si} = 0,25\text{ m}^2\text{K/W}$
- Wärmeübergangswiderstand, innen im Bereich des Fensters (nach prEN ISO 13 788) $R_{si} = 0,13\text{ m}^2\text{K/W}$
- Wärmeübergangswiderstand, außen $R_{se} = 0,04\text{ m}^2\text{K/W}$

Diese Randbedingungen stellen den Regelfall dar, bei abweichenden Bedingungen (z. B. bei Klimatisierung) sind die tatsächlich zu erwartenden Randbedingungen anzusetzen.



Wärmeübergangswiderstände an innen- und außenseitigen Oberflächen.

Nach diesen Randbedingungen ergibt sich durch Einsetzen der Temperaturen in die Gleichung, unter Berücksichtigung der Bedingung $f_{0,25} \geq 0,70$, eine raumseitige Mindestoberflächentemperatur im Bereich des Baukörperanschlusses von $\theta_{si} \geq 12,6\text{ °C}$. In den Ausführungsbeispielen wurde deshalb die $12,6\text{ °C}$ Isotherme eingezeichnet. Die oben genannten Randbedingungen wurden dabei der Berechnung zugrunde gelegt.

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (ψ -Wert)

Die Energieeinsparverordnung sieht für die Berechnung des Jahres-Heizenergiebedarfs die Berücksichtigung der Wärmebrücken vor. Dies bedeutet, dass zukünftig im Hinblick auf eine wärmeschutztechnisch optimierte Gebäudehülle den Wärmebrücken mehr Beachtung bei der Planung und Ausführung geschenkt werden muss.

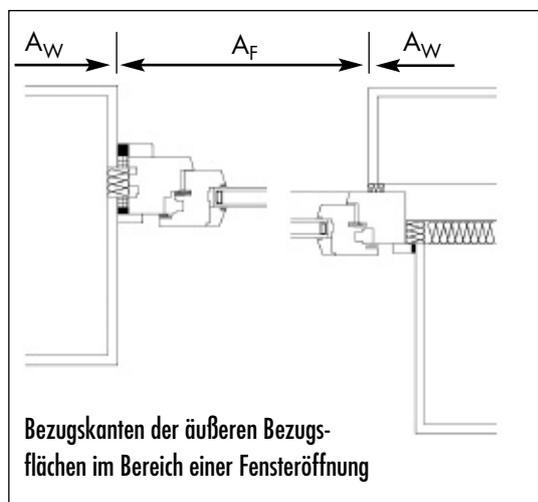
Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient, oder auch Wärmebrückenverlustkoeffizient genannt, ermöglicht die Berechnung der Wärmeverluste einer zweidimensionalen Wärmebrücke. Soweit punktuelle Wärmebrücken, z. B. übliche Befestigungsmittel (Schrauben, Dübel, Laschen), keinen maßgebenden Einfluss haben, können diese vernachlässigt werden (siehe DIN 4108-2).

Die Wärmeverluste im Bereich einer ein Meter langen Wärmebrücke mit einem ψ Wert von $0,01\text{ W/mK}$ entsprechen einer Wärmemenge von ca. $0,084$ Liter Heizöl im Jahr. Als Faustformel gilt: $0,01\text{ W/mK}$ entsprechen $0,084$ Liter Heizöl pro Jahr und lfm.

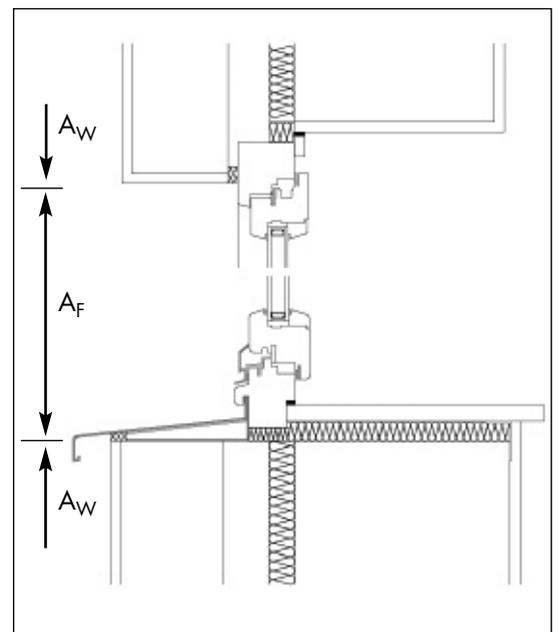
Bei der Berechnung wird der Baukörperanschluss mit Hilfe von geeigneten EDV-Programmen nach DIN EN ISO 10 211-2 numerisch modelliert und berechnet. Entsprechend den, bei der Berechnung zugrunde liegenden Annahmen werden die ψ -Werte auf die Außenabmessung, die Innenabmessung oder die Gesamtabmessung bezogen. Die Angabe eines ψ Wertes erfordert immer die Angabe der Bezugsfläche, auf welche bezogen dieser ermittelt wurde.

In der Energieeinsparverordnung wird die Berechnung des Jahres-Heizenergiebedarfes über die wärmeübertragenden Außenflächen vorgenommen. Dementsprechend wurde in den Ausführungsbeispielen der ψ_e Wert (e für external) auf die Außenabmessung der Anschlussausbildung bezogen angegeben. Die der Berechnung zugrunde liegenden Bezugskanten sind in den Zeichnungen mit eingetragen. Zur Veranschaulichung werden in den folgenden Bildern die Bezugskanten für die endgültigen Außenflächen erläutert:

- A_W ist die Fläche der Außenwand
- A_F ist der Flächenanteil des Fensters



Die Berechnung der Fensterflächen erfolgt üblicherweise bezogen auf das Rohbaumaß (lichtes Maß der Maueröffnung). Deshalb werden im Bereich der Fensteröffnungen die Rohbaumaße als Bezugskanten definiert.



Mit dem nebenstehenden Flussdiagramm wird versucht, die einzelnen Schritte einer Auftragsabwicklung für den Fenstertausch beim Privatkundengeschäft darzustellen, wobei davon ausgegangen wird, dass zunächst kein weiterer Fachplaner eingeschaltet ist.

Die erwähnten Dokumente (Mustertexte für Angebote 1, 2, 3 und 4, Bedenken, Abnahme, usw.) können unter www.ibat-hannover.de unter der Rubrik „Wärmebrückenkatalog“ kostenlos im Word-Format heruntergeladen werden.

Die farbig hinterlegten Tabellen im Kapitel 9 sollen analog den drei Farben einer Verkehrsampel dem Nutzer dieser Broschüre folgende Hinweise signalisieren:



Grüne Farbe – Alles klar!

Hier kann die Standard-Montage und Abdichtung erfolgen ohne weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Oberflächentemperatur der inneren Leibungsflächen ($f_{Rsi} > 0,79$).



Gelbe Farbe – Achtung!

Die Situation ist risikobehaftet und die Darstellungen bzw. Berechnungen des vorliegenden Wärmebrückenkatalogs sind grenzwertig. Auf keinen Fall davon abweichen, sofern nicht eine eigene Planung durchgeführt und eine bessere Lösung gefunden wurde ($f_{Rsi} = 0,70$ bis $0,79$)!



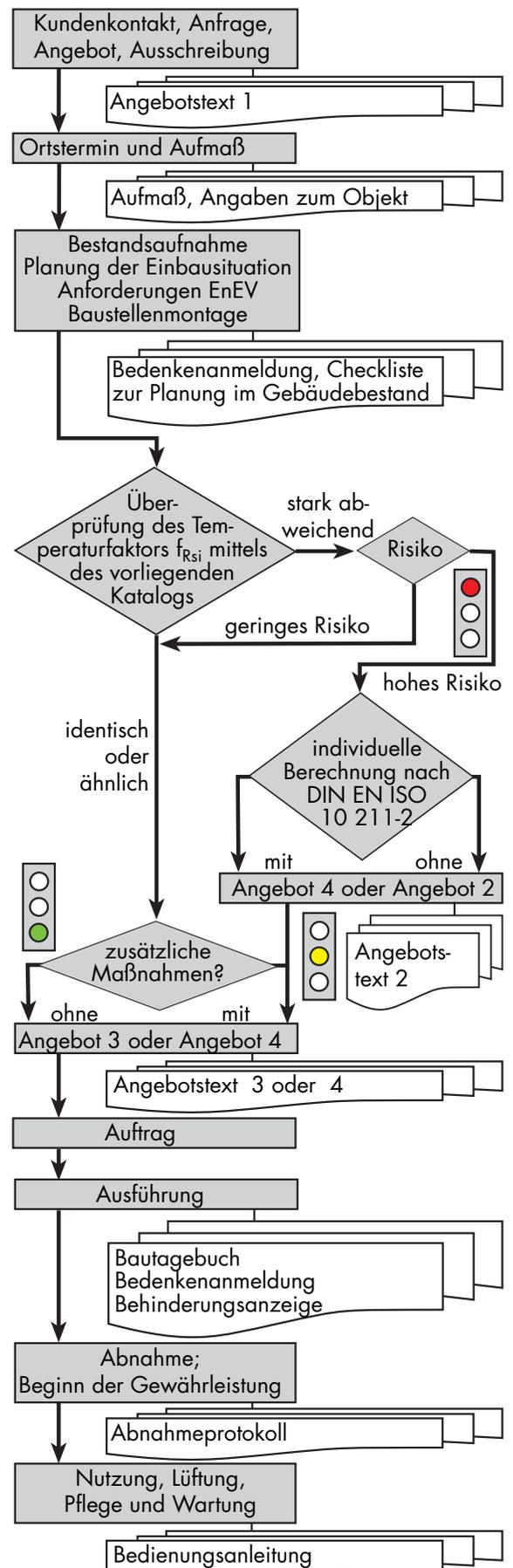
Rote Farbe – Halt!

Hier sind eine genaue Analyse der tatsächlichen Situation und weitere Berechnungen notwendig, bevor weitergemacht werden kann! Ohne entsprechende Zusatzmaßnahmen ist hier die Gewährleistung abzulehnen ($f_{Rsi} < 0,70$).

Unter Umständen ist hier aber auch der Mindestwärmeschutz der Wand nicht gewährleistet oder es liegt ein anderes gravierendes Problem vor, das den Fenstereinbau zu einem unwägbaren Risiko macht. Immer wenn das der Fall ist, findet sich in den Tabellen kein Eintrag.

Im Falle einer gelben Ampel **kann**, im Falle einer roten Ampel **sollte** unbedingt ein Fachplaner hinzugezogen werden, sofern nicht selber gemäß relevanter Normen und mit einem EDV-Programm zur Isothermenverlauffermittlung eine individuelle Berechnung durchgeführt wird.

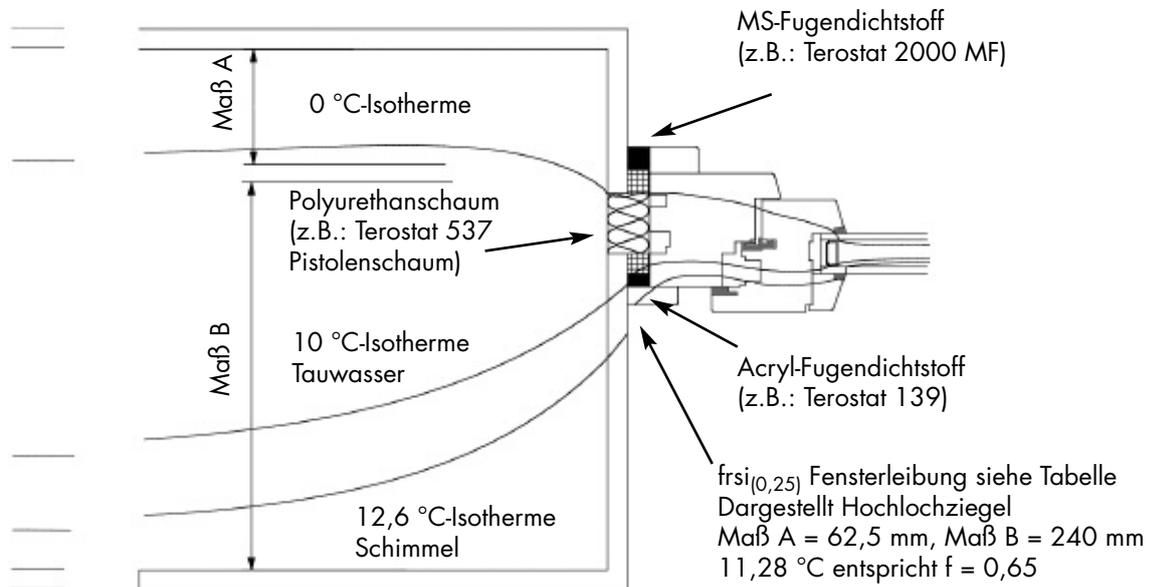
In den Tabellen im Kapitel 9 ist jeweils die zeichnerisch dargestellte Variante des Ist-Zustands im Fettdruck hervorgehoben; die anderen konstruktiven Varianten erscheinen nur als Tabellenwert. Der Ist-Zustand zeigt zunächst immer ein neues IV-68-Holzfenster, dass ohne zusätzliche Maßnahmen in die Position des alten Fenster eingesetzt wurde.



9. Typische Wandaufbauten und Einbausituationen

9.1 Einschaliges Mauerwerk ohne Anschlag

9.1.1 Einschaliges Mauerwerk ohne Anschlag – Ist-Zustand



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

MG1 0,96 W/mK Vollziegel (2.000 kg/m³) oder Kalksandstein (1.800 kg/m³)

MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³)
oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)

MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)

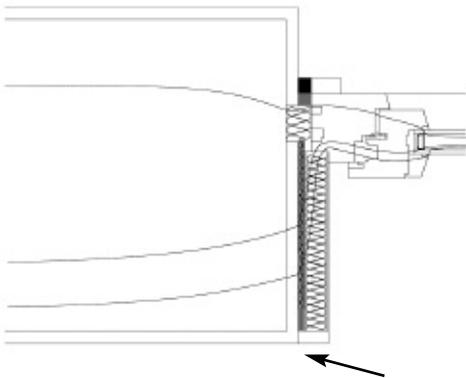
MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

Oberflächentemperaturen und f_{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 0 mm bündig	MG1	-	-	-	-
	MG2	-	-	-	8,07°C / $f=0,52$
	MG3	-	-	10,11°C / $f=0,60$	9,72°C / $f=0,59$
	MG4	13,41°C / $f=0,74$	12,71°C / $f=0,71$	12,32°C / $f=0,69$	12,00°C / $f=0,68$
A = 62,5 mm	MG1	-	-	-	-
	MG2	-	-	-	9,19°C / $f=0,57$
	MG3	-	11,67°C / $f=0,67$	11,28°C / $f=0,65$	10,85°C / $f=0,63$
	MG4	14,27°C / $f=0,77$	13,62°C / $f=0,75$	13,22°C / $f=0,73$	12,90°C / $f=0,72$
A = 115 mm	MG1	-	-	-	8,84°C / $f=0,55$
	MG2	-	-	10,12°C / $f=0,60$	9,71°C / $f=0,59$
	MG3	12,62°C / $f=0,70$	12,15°C / $f=0,69$	11,73°C / $f=0,67$	11,28°C / $f=0,67$
	MG4	14,50°C / $f=0,78$	13,96°C / $f=0,76$	13,58°C / $f=0,74$	13,23°C / $f=0,73$

9.1.2 Einschaliges Mauerwerk ohne Anschlag – Lösungsvarianten

Lösungsvorschlag A:

Fensterleibung mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium

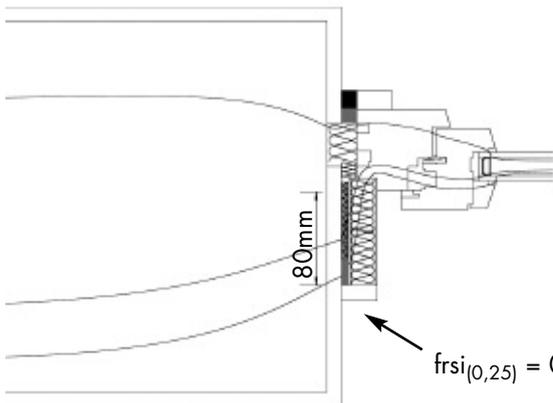


$$frsi_{(0,25)} = 0,85 \text{ (16,35 °C)}$$

		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 0 mm	MG2	-	-	-	15,49°C / f=0,82
	MG3	-	-	15,71°C / f=0,83	17,10°C / f=0,88
	MG4	15,05°C / f=0,80	16,52°C / f=0,86	17,46°C / f=0,90	18,42°C / f=0,94
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	15,94°C / f=0,84
	MG3	-	15,39°C / f=0,82	16,35°C / f=0,85	17,45°C / f=0,90
	MG4	15,86°C / f=0,83	17,08°C / f=0,88	17,84°C / f=0,91	18,62°C / f=0,94
A = 115 mm	MG1	-	-	-	15,13°C / f=0,81
	MG2	-	-	14,90°C / f=0,80	16,15°C / f=0,85
	MG3	14,31°C / f=0,77	15,65°C / f=0,83	16,56°C / f=0,86	17,59°C / f=0,90
	MG4	16,06°C / f=0,84	17,24°C / f=0,89	17,96°C / f=0,92	18,70°C / f=0,95

Lösungsvorschlag B:

8 cm Fensterfutter mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium

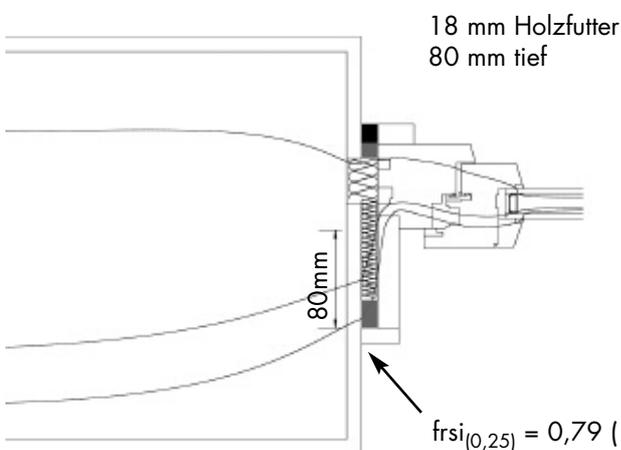


$$frsi_{(0,25)} = 0,77 \text{ (14,30 °C)}$$

		B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 0 mm	MG2	-	-	10,88°C / f=0,64
	MG3	-	13,52°C / f=0,74	12,74°C / f=0,71
	MG4	16,42°C / f=0,86	15,64°C / f=0,83	14,93°C / f=0,80
A = 62,5 mm	MG2	-	-	11,72°C / f=0,67
	MG3	14,98°C / f=0,80	14,30°C / f=0,77	13,52°C / f=0,74
	MG4	16,91°C / f=0,88	16,20°C / f=0,85	15,52°C / f=0,82
A = 115 mm	MG1	-	-	11,08°C / f=0,64
	MG2	-	12,75°C / f=0,71	12,12°C / f=0,69
	MG3	15,28°C / f=0,81	14,63°C / f=0,79	13,87°C / f=0,76
	MG4	17,08°C / f=0,88	16,41°C / f=0,86	15,76°C / f=0,83

Lösungsvorschlag C:

8 cm Fensterfutter aus Holz als Blendrahmenvertiefung



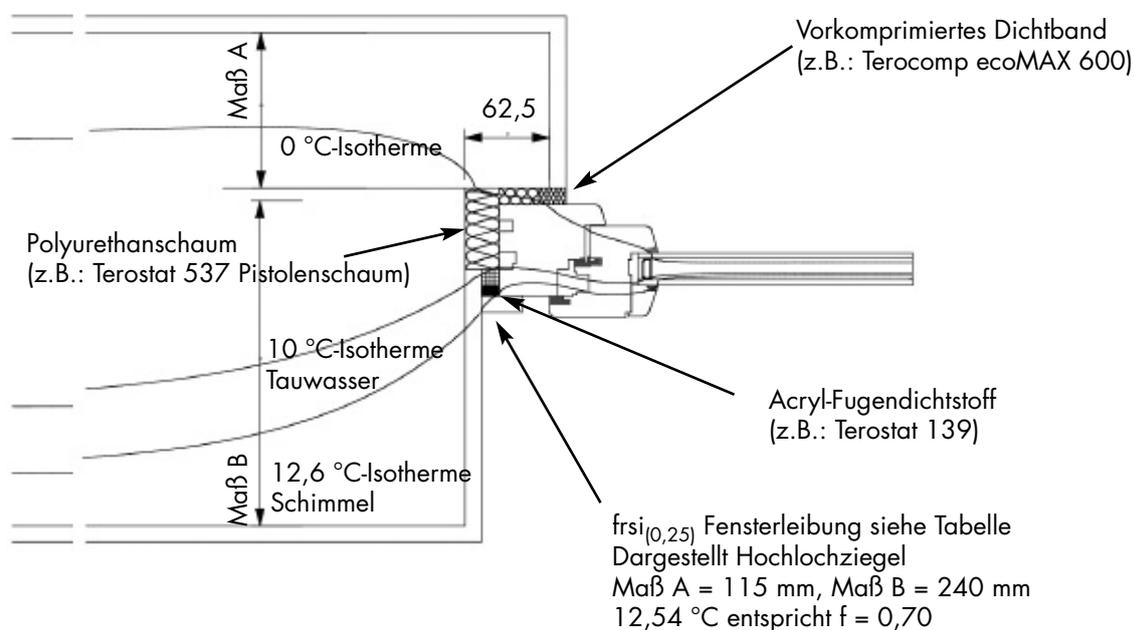
$$frsi_{(0,25)} = 0,79 \text{ (14,77 °C)}$$

		B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 0 mm	MG2	-	-	11,34°C / f=0,65
	MG3	-	14,02°C / f=0,76	13,29°C / f=0,73
	MG4	16,89°C / f=0,88	16,18°C / f=0,85	15,52°C / f=0,82
A = 62,5 mm	MG2	-	-	12,17°C / f=0,69
	MG3	15,43°C / f=0,82	14,77°C / f=0,79	14,04°C / f=0,76
	MG4	17,34°C / f=0,89	16,70°C / f=0,87	16,08°C / f=0,84
A = 115 mm	MG1	-	-	11,49°C / f=0,66
	MG2	-	13,17°C / f=0,73	12,56°C / f=0,70
	MG3	15,72°C / f=0,83	15,09°C / f=0,80	14,73°C / f=0,78
	MG4	17,51°C / f=0,90	16,90°C / f=0,88	16,30°C / f=0,85

9. Typische Wandaufbauten und Einbausituationen

9.2 Einschaliges Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag

9.2.1 Einschaliges Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag – Ist Zustand



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

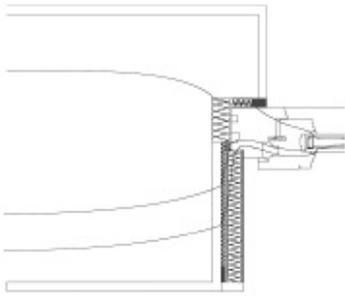
- MG1 1,30 W/mK für Kunststeineinfassung, Kalksandstein (2.000 kg/m³),
oder Vollziegel (2.000 kg/m³)
- MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³)
oder Hüttensteine (1.800kg/m³)
- MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)
- MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

Oberflächentemperaturen und f_{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	-	-	-	-
	MG2	-	-	-	9,59°C / f=0,58
	MG3	-	12,15°C / f=0,69	11,92°C / f=0,68	11,45°C / f=0,66
	MG4	15,13°C / f=0,81	14,46°C / f=0,78	14,07°C / f=0,76	13,70°C / f=0,75
A = 115 mm	MG1	-	-	-	8,82°C / f=0,55
	MG2	-	-	10,67°C / f=0,63	10,22°C / f=0,61
	MG3	13,57°C / f=0,74	13,05°C / f=0,72	12,54°C / f=0,70	12,05°C / f=0,68
	MG4	15,60°C / f=0,82	15,03°C / f=0,80	14,55°C / f=0,78	14,16°C / f=0,77
A = 240 mm	MG1	-	-	-	9,62°C / f=0,58
	MG2	12,12°C / f=0,68	11,80°C / f=0,67	11,56°C / f=0,66	11,11°C / f=0,64
	MG3	14,15°C / f=0,77	13,63°C / f=0,75	13,30°C / f=0,73	12,82°C / f=0,71
	MG4	15,95°C / f=0,84	15,38°C / f=0,82	15,08°C / f=0,80	14,71°C / f=0,79

9.2.2 Einschaliges Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag – Lösungsvarianten

Lösungsvorschlag A:

Fensterleibung mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium

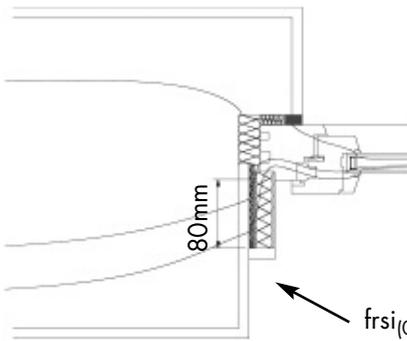


$f_{rsi(0,25)} = 0,86$ (16,39 °C)

		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	15,59°C / f=0,82
	MG3	-	15,56°C / f=0,82	16,37°C / f=0,86	17,34°C / f=0,89
	MG4	16,44°C / f=0,86	17,41°C / f=0,90	18,02°C / f=0,92	18,71°C / f=0,95
A = 115 mm	MG1	-	-	-	14,74°C / f=0,79
	MG2	-	-	14,64°C / f=0,79	16,06°C / f=0,84
	MG3	14,98°C / f=0,80	16,02°C / f=0,84	16,98°C / f=0,86	17,60°C / f=0,90
	MG4	16,91°C / f=0,88	17,75°C / f=0,91	18,24°C / f=0,93	18,80°C / f=0,95
A = 240 mm	MG1	-	-	-	15,00°C / f=0,80
	MG2	13,52°C / f=0,74	14,62°C / f=0,79	15,40°C / f=0,82	16,48°C / f=0,86
	MG3	15,36°C / f=0,81	16,57°C / f=0,86	17,27°C / f=0,89	17,97°C / f=0,92
	MG4	17,45°C / f=0,90	18,11°C / f=0,92	18,57°C / f=0,94	18,99°C / f=0,96

Lösungsvorschlag B:

8 cm Fensterfutter mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium

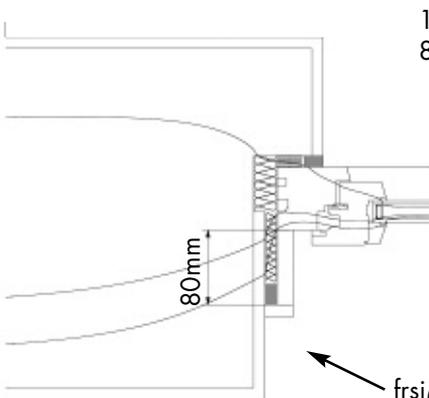


$f_{rsi(0,25)} = 0,80$ (14,95 °C)

		B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	11,30°C / f=0,65
	MG3	15,12°C / f=0,81	14,45°C / f=0,78	13,69°C / f=0,75
	MG4	17,09°C / f=0,88	16,29°C / f=0,85	15,75°C / f=0,83
A = 115 mm	MG1	-	-	11,30°C / f=0,65
	MG2	-	13,00°C / f=0,72	12,39°C / f=0,70
	MG3	15,58°C / f=0,82	14,95°C / f=0,80	14,19°C / f=0,77
	MG4	17,39°C / f=0,90	16,76°C / f=0,87	16,13°C / f=0,85
A = 240 mm	MG1	-	-	12,09°C / f=0,68
	MG2	14,17°C / f=0,77	13,75°C / f=0,75	13,14°C / f=0,73
	MG3	16,11°C / f=0,84	15,53°C / f=0,82	14,83°C / f=0,79
	MG4	17,71°C / f=0,91	17,15°C / f=0,89	16,57°C / f=0,86

Lösungsvorschlag C:

8 cm Fensterfutter aus Holz als Blendrahmenvertiefung



18 mm Holzfutter
80 mm tief

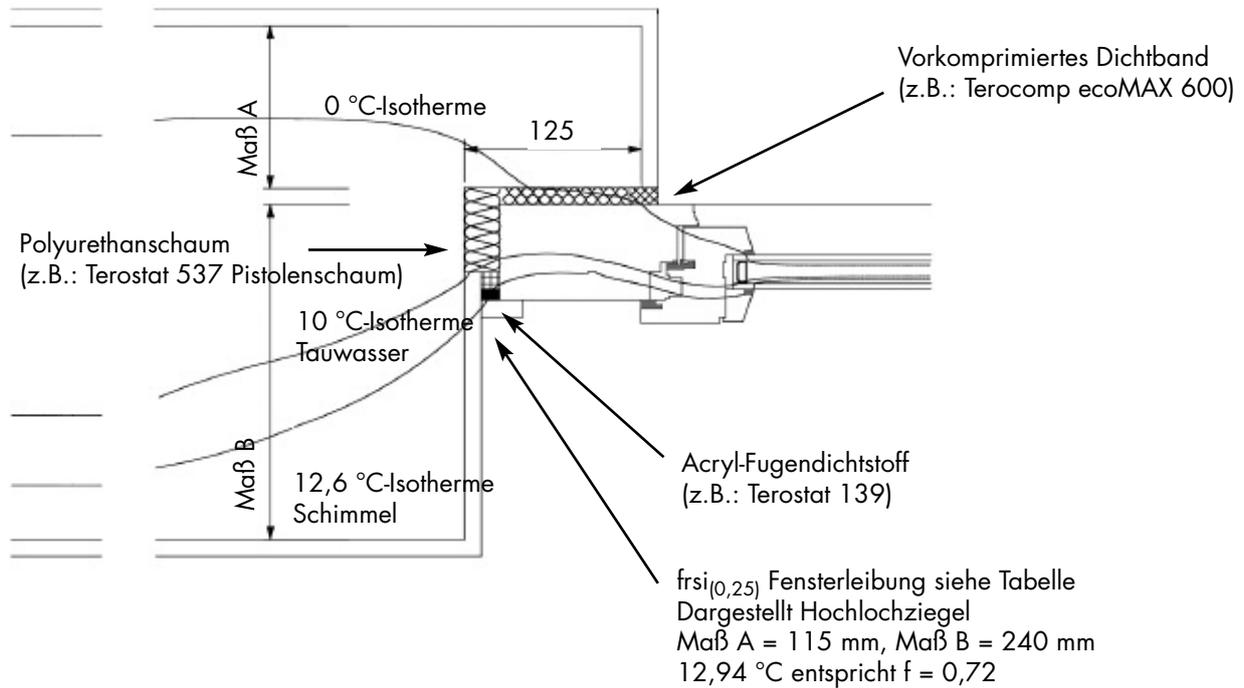
$f_{rsi(0,25)} = 0,82$ (15,43 °C)

		B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	12,35°C / f=0,69
	MG3	15,66°C / f=0,83	15,00°C / f=0,80	14,27°C / f=0,77
	MG4	17,58°C / f=0,90	16,95°C / f=0,88	16,33°C / f=0,85
A = 115 mm	MG1	-	-	11,74°C / f=0,67
	MG2	-	13,47°C / f=0,74	12,68°C / f=0,71
	MG3	16,06°C / f=0,84	15,43°C / f=0,82	14,71°C / f=0,79
	MG4	17,82°C / f=0,91	17,24°C / f=0,89	16,65°C / f=0,87
A = 240 mm	MG1	-	-	12,51°C / f=0,70
	MG2	14,63°C / f=0,78	14,17°C / f=0,77	13,58°C / f=0,74
	MG3	16,54°C / f=0,86	15,97°C / f=0,84	15,31°C / f=0,81
	MG4	18,09°C / f=0,92	17,57°C / f=0,90	17,04°C / f=0,88

9. Typische Wandaufbauten und Einbausituationen

9.3 Einschaliges Mauerwerk mit 125 mm Innenanschlag

9.3.1 Einschaliges Mauerwerk mit 125 mm Innenanschlag – Ist-Zustand



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

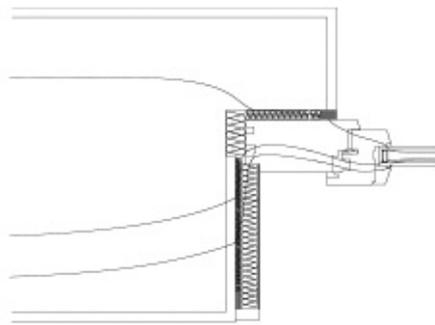
- MG1 1,30 W/mK für Kunststeineinfassung, Kalksandstein (2.000 kg/m³), oder Vollziegel (2.000 kg/m³)
- MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³) oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)
- MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)
- MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

Oberflächentemperaturen und f_{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	-	-	-	-
	MG2	-	-	-	9,79°C / f=0,59
	MG3	-	12,61°C / f=0,70	12,18°C / f=0,69	11,72°C / f=0,67
	MG4	15,55°C / f=0,82	14,88°C / f=0,80	14,46°C / f=0,78	14,11°C / f=0,76
A = 115 mm	MG1	-	-	-	9,15°C / f=0,60
	MG2	-	-	10,98°C / f=0,64	10,54°C / f=0,62
	MG3	13,89°C / f=0,76	13,37°C / f=0,74	12,94°C / f=0,72	12,56°C / f=0,70
	MG4	16,07°C / f=0,84	15,51°C / f=0,82	15,12°C / f=0,80	14,69°C / f=0,79
A = 240 mm	MG1	-	-	-	10,08°C / f=0,60
	MG2	12,69°C / f=0,71	12,39°C / f=0,70	12,07°C / f=0,68	11,61°C / f=0,66
	MG3	14,80°C / f=0,79	14,33°C / f=0,77	13,92°C / f=0,76	13,44°C / f=0,74
	MG4	16,70°C / f=0,87	16,21°C / f=0,85	15,85°C / f=0,83	15,49°C / f=0,82

9.3.2 Einschaliges Mauerwerk mit 125 mm Innenanschlag – Lösungsvarianten

Lösungsvorschlag A:

Fensterleibung mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium

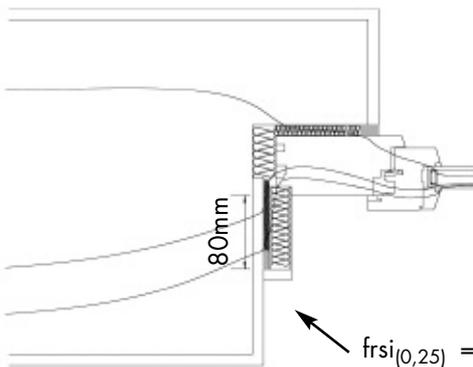


$frsi_{(0,25)} = 0,86 (16,98 \text{ } ^\circ\text{C})$

		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	15,59°C / f=0,82
	MG3	-	15,56°C / f=0,82	16,37°C / f=0,86	17,34°C / f=0,89
	MG4	16,44°C / f=0,86	17,41°C / f=0,90	18,02°C / f=0,92	18,71°C / f=0,95
	MG1	-	-	-	14,74°C / f=0,79
A = 115 mm	MG2	-	-	14,64°C / f=0,79	16,06°C / f=0,84
	MG3	14,98°C / f=0,80	16,02°C / f=0,84	16,98°C / f=0,86	17,60°C / f=0,90
	MG4	16,91°C / f=0,88	17,75°C / f=0,91	18,24°C / f=0,93	18,80°C / f=0,95
	MG1	-	-	-	15,00°C / f=0,80
A = 240 mm	MG2	13,52°C / f=0,74	14,62°C / f=0,79	15,40°C / f=0,82	16,48°C / f=0,86
	MG3	15,36°C / f=0,81	16,57°C / f=0,86	17,27°C / f=0,89	17,97°C / f=0,92
	MG4	17,45°C / f=0,90	18,11°C / f=0,92	18,57°C / f=0,94	18,99°C / f=0,96
	MG1	-	-	-	15,00°C / f=0,80

Lösungsvorschlag B:

8 cm Fensterfutter mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium

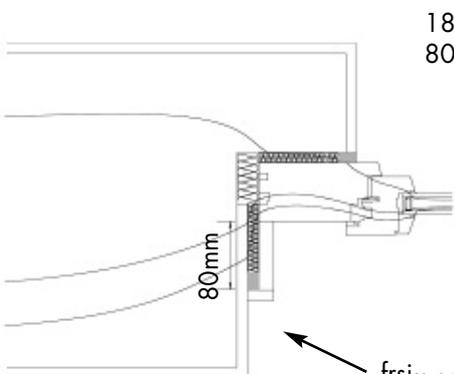


$frsi_{(0,25)} = 0,80 (15,03 \text{ } ^\circ\text{C})$

		B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	11,81°C / f=0,67
	MG3	15,22°C / f=0,81	14,52°C / f=0,78	13,75°C / f=0,75
	MG4	17,25°C / f=0,89	16,53°C / f=0,86	15,90°C / f=0,84
A = 115 mm	MG1	-	-	10,98°C / f=0,64
	MG2	-	13,02°C / f=0,72	12,38°C / f=0,70
	MG3	15,72°C / f=0,83	15,03°C / f=0,80	14,27°C / f=0,77
	MG4	17,60°C / f=0,90	16,93°C / f=0,88	16,30°C / f=0,85
A = 240 mm	MG1	-	-	11,88°C / f=0,68
	MG2	14,39°C / f=0,78	13,93°C / f=0,76	13,31°C / f=0,73
	MG3	16,38°C / f=0,86	15,80°C / f=0,83	15,09°C / f=0,80
	MG4	18,02°C / f=0,92	17,48°C / f=0,90	16,91°C / f=0,88

Lösungsvorschlag C:

8 cm Fensterfutter aus Holz als Blendrahmenvertiefung



18 mm Holzfutter
80 mm tief

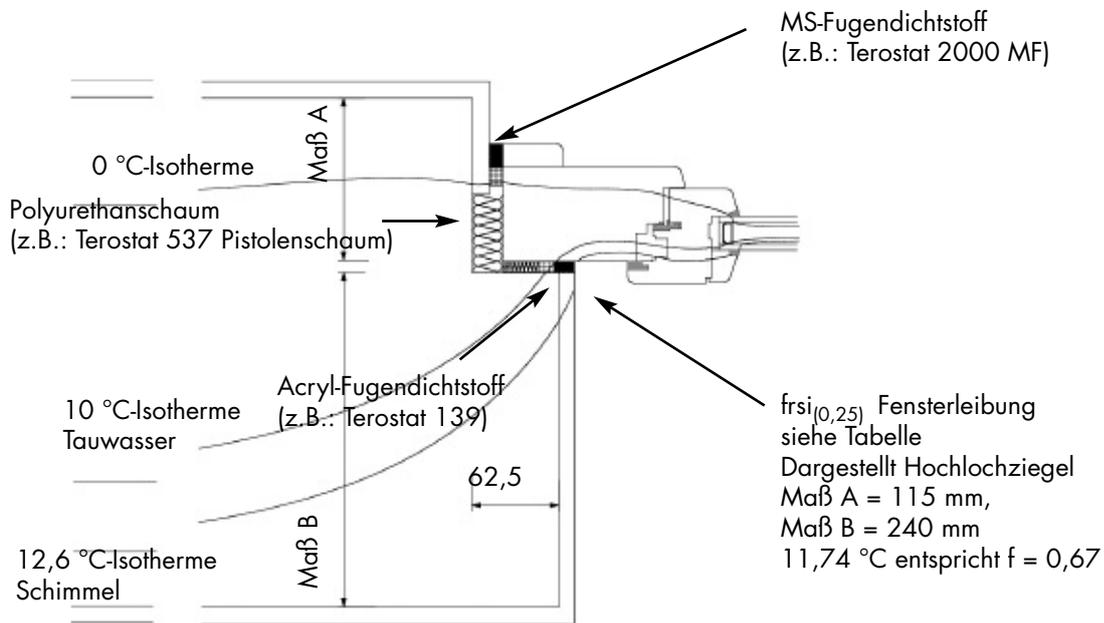
$frsi_{(0,25)} = 0,82 (15,51 \text{ } ^\circ\text{C})$

		B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	12,23°C / f=0,69
	MG3	15,61°C / f=0,85	14,95°C / f=0,80	14,21°C / f=0,77
	MG4	17,61°C / f=0,90	16,98°C / f=0,88	16,37°C / f=0,85
A = 115 mm	MG1	-	-	11,42°C / f=0,66
	MG2	-	13,49°C / f=0,74	12,86°C / f=0,71
	MG3	16,15°C / f=0,85	15,51°C / f=0,82	14,79°C / f=0,79
	MG4	17,97°C / f=0,92	17,39°C / f=0,90	16,80°C / f=0,87
A = 240 mm	MG1	-	-	12,23°C / f=0,69
	MG2	14,79°C / f=0,79	14,30°C / f=0,77	13,67°C / f=0,75
	MG3	16,74°C / f=0,87	16,15°C / f=0,85	15,48°C / f=0,82
	MG4	18,31°C / f=0,93	17,79°C / f=0,91	17,27°C / f=0,89

9. Typische Wandaufbauten und Einbausituationen

9.4 Einschaliges Mauerwerk mit Außenanschlag

9.4.1 Einschaliges Mauerwerk mit Außenanschlag – Ist-Zustand



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

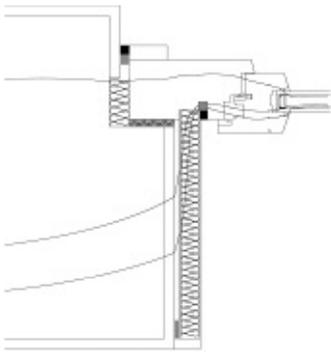
- MG1 0,96 W/mK Vollziegel (2.000kg/m³) oder Kalksandstein (1.800kg/m³)
- MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³) oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)
- MG3 0,39 W/mK für Leichtlochziegel (800 kg/m³)
- MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

Oberflächentemperaturen und f_{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 115 mm	MG1	-	-	-	10,30°C / f=0,61
	MG2	-	-	11,06°C / f=0,64	10,81°C / f=0,63
	MG3	12,24°C / f=0,69	11,95°C / f=0,68	11,74°C / f=0,67	11,50°C / f=0,66
	MG4	12,58°C / f=0,70	12,36°C / f=0,69	12,20°C / f=0,69	12,04°C / f=0,68
A = 175 mm	MG1	-	-	-	10,69°C / f=0,63
	MG2	-	11,63°C / f=0,67	11,43°C / f=0,66	11,16°C / f=0,65
	MG3	12,54°C / f=0,70	12,25°C / f=0,69	12,04°C / f=0,68	11,80°C / f=0,67
	MG4	12,74°C / f=0,71	12,56°C / f=0,70	12,39°C / f=0,70	12,23°C / f=0,69
A = 240 mm	MG1	-	-	11,21°C / f=0,65	10,96°C / f=0,64
	MG2	12,10°C / f=0,68	11,87°C / f=0,67	11,67°C / f=0,67	11,41°C / f=0,66
	MG3	12,71°C / f=0,71	12,43°C / f=0,70	12,23°C / f=0,69	11,98°C / f=0,68
	MG4	12,83°C / f=0,71	12,62°C / f=0,70	12,49°C / f=0,70	12,34°C / f=0,69

9.4.2 Einschaliges Mauerwerk mit Außenanschlag – Lösungsvarianten

Lösungsvorschlag A:

Fensterleibung mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium

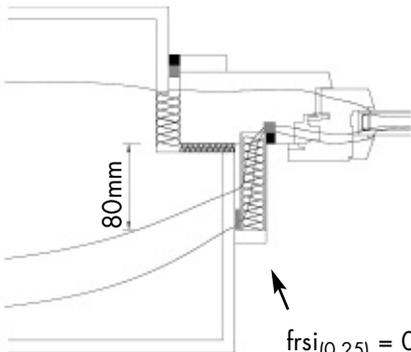


$frsi_{(0,25)} = 0,88$ (16,95 °C)

		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 115 mm	MG1	-	-	-	15,48°C / f=0,82
	MG2	-	-	15,48°C / f=0,82	16,40°C / f=0,86
	MG3	15,59°C / f=0,82	16,30°C / f=0,85	16,95°C / f=0,88	17,70°C / f=0,91
	MG4	16,88°C / f=0,88	17,54°C / f=0,90	18,09°C / f=0,92	18,67°C / f=0,95
A = 715 mm	MG1	-	-	-	15,72°C / f=0,83
	MG2	-	15,11°C / f=0,80	15,72°C / f=0,83	16,62°C / f=0,86
	MG3	15,82°C / f=0,83	16,54°C / f=0,86	17,08°C / f=0,88	17,84°C / f=0,91
	MG4	17,00°C / f=0,88	17,64°C / f=0,90	18,12°C / f=0,92	18,74°C / f=0,95
A = 240 mm	MG1	-	-	14,98°C / f=0,80	15,89°C / f=0,84
	MG2	14,63°C / f=0,79	15,30°C / f=0,81	15,92°C / f=0,84	16,75°C / f=0,87
	MG3	15,97°C / f=0,84	16,68°C / f=0,87	17,23°C / f=0,89	17,90°C / f=0,92
	MG4	17,06°C / f=0,88	17,76°C / f=0,91	18,20°C / f=0,93	18,78°C / f=0,95

Lösungsvorschlag B:

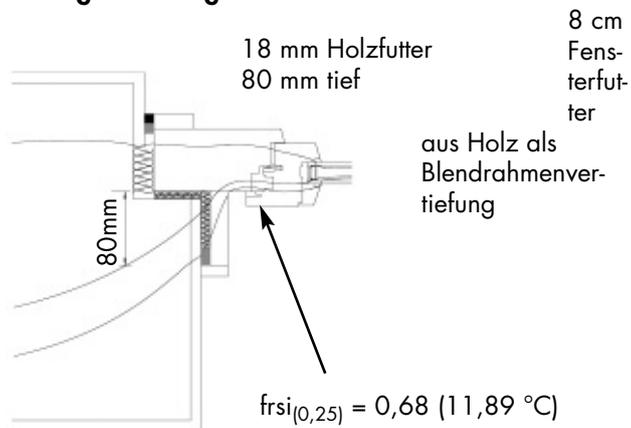
8 cm Fensterfutter mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium



$frsi_{(0,25)} = 0,74$ (13,44 °C)

		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 115 mm	MG1	-	-	-	10,64°C / f=0,63
	MG2	-	-	11,99°C / f=0,68	11,51°C / f=0,66
	MG3	14,48°C / f=0,78	13,88°C / f=0,76	13,44°C / f=0,74	12,93°C / f=0,72
	MG4	15,89°C / f=0,84	15,26°C / f=0,81	14,86°C / f=0,79	14,49°C / f=0,78
A = 715 mm	MG1	-	-	-	11,13°C / f=0,65
	MG2	-	12,81°C / f=0,71	12,45°C / f=0,70	11,97°C / f=0,68
	MG3	14,81°C / f=0,79	14,24°C / f=0,77	13,80°C / f=0,75	13,32°C / f=0,73
	MG4	16,07°C / f=0,84	15,47°C / f=0,82	15,08°C / f=0,80	14,72°C / f=0,79
A = 240 mm	MG1	-	-	11,89°C / f=0,68	11,47°C / f=0,66
	MG2	13,50°C / f=0,74	13,10°C / f=0,72	12,75°C / f=0,71	12,27°C / f=0,69
	MG3	14,99°C / f=0,80	14,44°C / f=0,78	14,03°C / f=0,76	13,54°C / f=0,74
	MG4	16,16°C / f=0,85	15,58°C / f=0,82	15,21°C / f=0,81	14,87°C / f=0,79

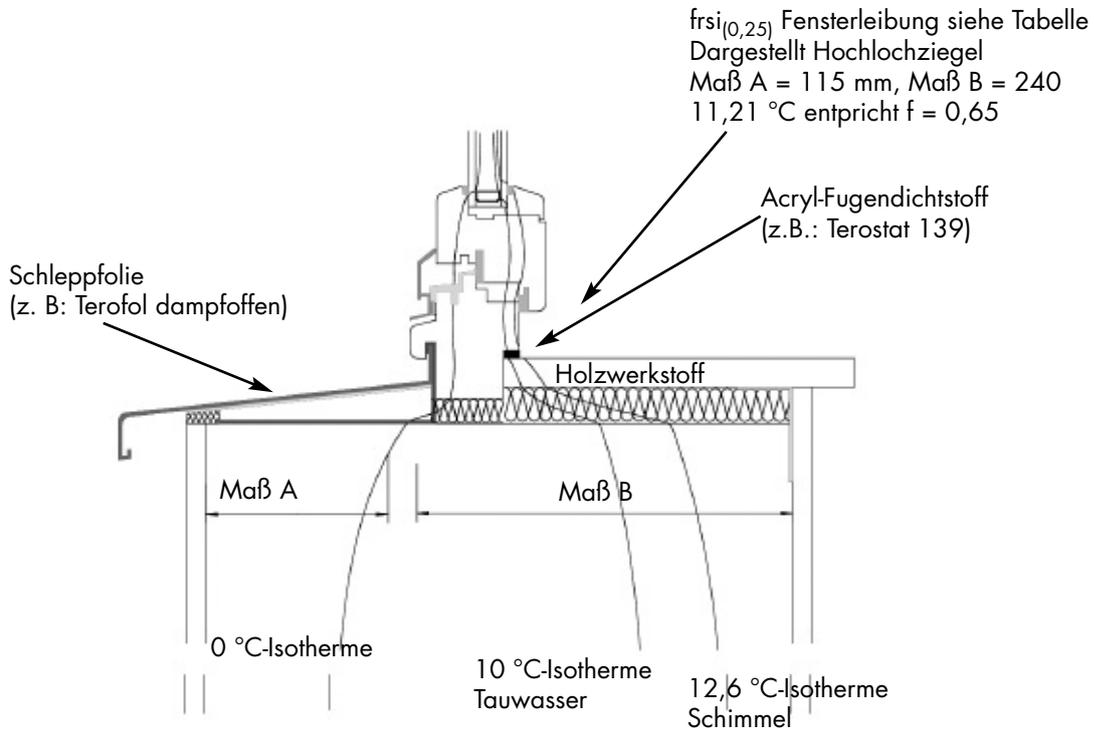
Lösungsvorschlag C:



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 115 mm	MG1				
	MG2				
	MG3				
	MG4				
A = 715 mm	MG1	Diese Ausführung stellt im Vergleich zum Ist-Zustand keine Verbesserung dar!			
	MG2				
	MG3				
	MG4				
A = 240 mm	MG1				
	MG2				
	MG3				
	MG4				

9.5 Einschaliges Mauerwerk mit Aluminium-Außenfensterbank

9.5.1 Einschaliges Mauerwerk mit Aluminium-Außenfensterbank – Ist-Zustand



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

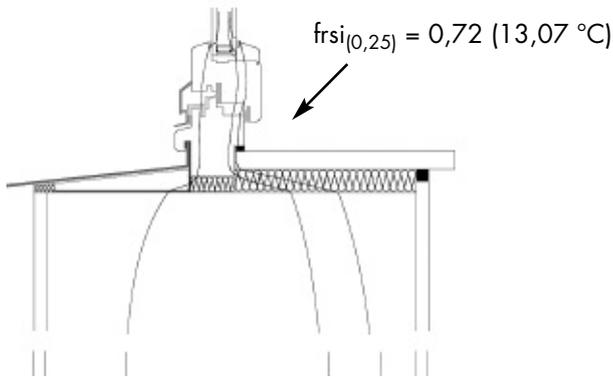
- MG1 1,30 W/mK für Kunststeineinfassung, Kalksandstein (2.000 kg/m³) oder Vollziegel (2.000 kg/m³)
- MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³) oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)
- MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)
- MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

Oberflächentemperaturen und f_{Rel} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	-	-	-	-
	MG2	-	-	-	10,68°C / f=0,63
	MG3	-	11,26°C / f=0,65	11,07°C / f=0,64	10,86°C / f=0,63
	MG4	11,84°C / f=0,67	11,48°C / f=0,66	11,21°C / f=0,65	11,04°C / f=0,64
A = 115 mm	MG1	-	-	-	10,73°C / f=0,63
	MG2	-	-	11,02°C / f=0,64	10,83°C / f=0,63
	MG3	11,78°C / f=0,67	11,40°C / f=0,66	11,21°C / f=0,65	11,00°C / f=0,64
	MG4	11,94°C / f=0,68	11,57°C / f=0,66	11,37°C / f=0,65	11,20°C / f=0,65
A = 240 mm	MG1	-	-	11,20°C / f=0,65	11,03°C / f=0,64
	MG2	11,69°C / f=0,67	11,47°C / f=0,66	11,31°C / f=0,65	11,11°C / f=0,64
	MG3	11,93°C / f=0,68	11,64°C / f=0,67	11,45°C / f=0,66	11,23°C / f=0,65
	MG4	12,07°C / f=0,68	11,73°C / f=0,67	11,54°C / f=0,66	11,36°C / f=0,65

9.5.2 Einschaliges Mauerwerk mit Aluminium-Außenfensterbank – Lösungsvarianten

Lösungsvorschlag A:

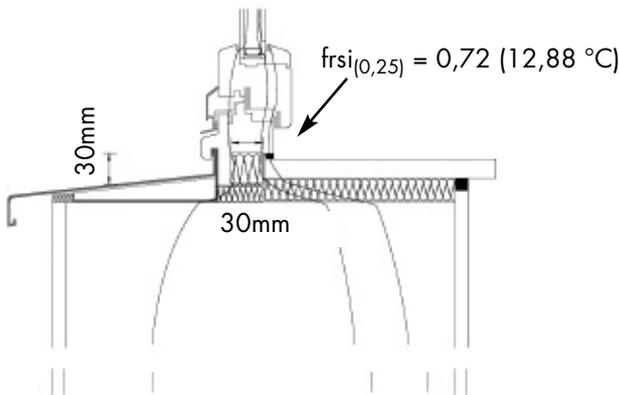
Mit Kunststein-Innenfensterbank



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	12,20°C / f=0,69
	MG3	-	13,16°C / f=0,73	12,88°C / f=0,72	12,49°C / f=0,70
	MG4	13,99°C / f=0,76	13,52°C / f=0,74	13,24°C / f=0,73	12,79°C / f=0,71
A = 115 mm	MG1	-	-	-	12,22°C / f=0,69
	MG2	-	-	12,70°C / f=0,71	12,42°C / f=0,70
	MG3	13,70°C / f=0,75	13,35°C / f=0,73	13,07°C / f=0,72	12,75°C / f=0,71
	MG4	14,11°C / f=0,76	13,72°C / f=0,75	13,45°C / f=0,74	13,07°C / f=0,72
A = 240 mm	MG1	-	-	-	12,56°C / f=0,70
	MG2	13,51°C / f=0,74	13,25°C / f=0,73	13,02°C / f=0,72	12,73°C / f=0,71
	MG3	13,91°C / f=0,76	13,60°C / f=0,74	13,33°C / f=0,73	13,02°C / f=0,72
	MG4	14,24°C / f=0,77	13,87°C / f=0,75	13,62°C / f=0,74	13,35°C / f=0,73

Lösungsvorschlag B:

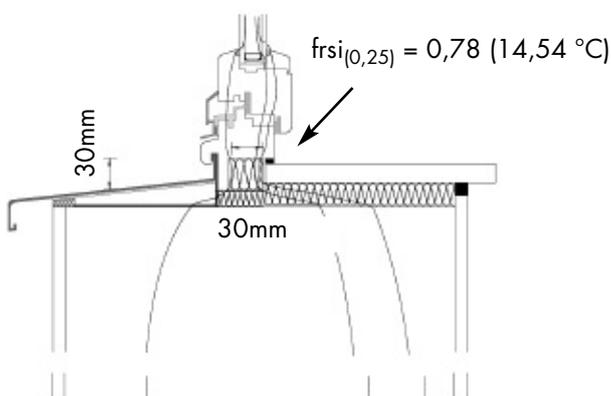
Dämmung im Falz (WLG 035; 30 mm x 30 mm) mit Holzwerkstoff-Innenfensterbank



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	12,35°C / f=0,69
	MG3	-	12,99°C / f=0,72	12,79°C / f=0,71	12,57°C / f=0,70
	MG4	13,69°C / f=0,75	13,29°C / f=0,73	13,08°C / f=0,72	12,89°C / f=0,72
A = 115 mm	MG1	-	-	-	12,33°C / f=0,69
	MG2	-	-	12,65°C / f=0,71	12,45°C / f=0,70
	MG3	13,41°C / f=0,74	13,09°C / f=0,72	12,88°C / f=0,72	12,66°C / f=0,71
	MG4	13,72°C / f=0,75	13,34°C / f=0,73	13,13°C / f=0,73	12,94°C / f=0,72
A = 240 mm	MG1	-	-	-	12,60°C / f=0,70
	MG2	13,31°C / f=0,73	13,06°C / f=0,72	12,91°C / f=0,72	12,70°C / f=0,71
	MG3	13,61°C / f=0,74	13,31°C / f=0,73	13,10°C / f=0,72	12,86°C / f=0,71
	MG4	13,84°C / f=0,75	13,48°C / f=0,74	13,28°C / f=0,73	13,08°C / f=0,72

Lösungsvorschlag C:

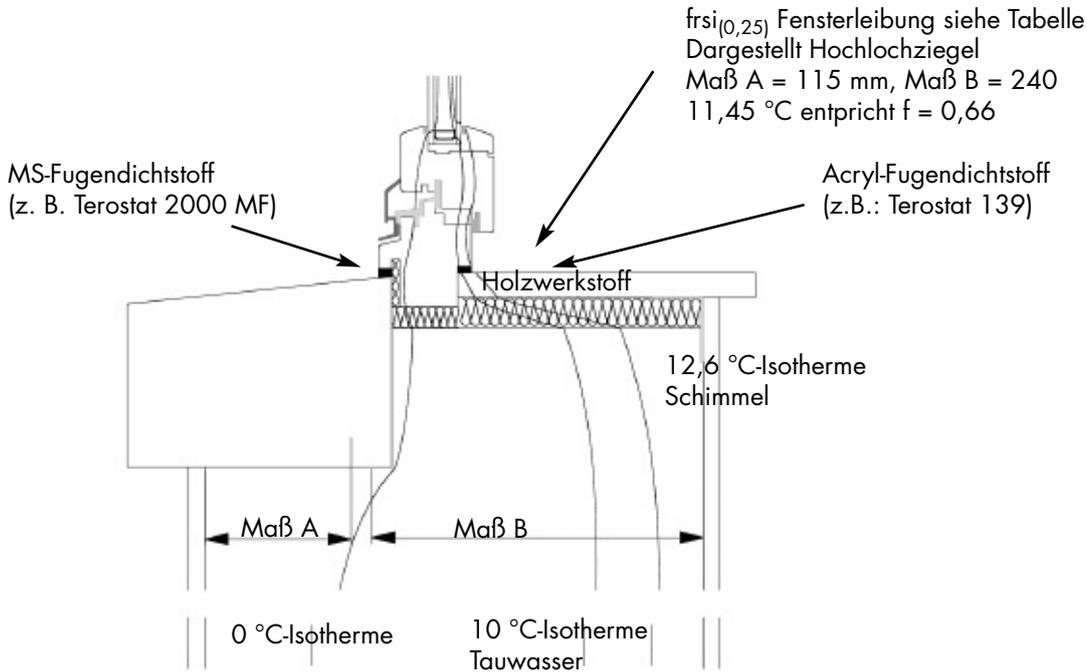
Dämmung im Falz (WLG 035; 30 mm x 30 mm) mit Kunststein-Innenfensterbank



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	13,60°C / f=0,74
	MG3	-	14,66°C / f=0,79	14,36°C / f=0,77	14,02°C / f=0,76
	MG4	15,60°C / f=0,82	15,19°C / f=0,81	14,89°C / f=0,80	14,59°C / f=0,78
A = 115 mm	MG1	-	-	-	13,57°C / f=0,74
	MG2	-	-	14,10°C / f=0,76	13,79°C / f=0,75
	MG3	15,18°C / f=0,81	14,83°C / f=0,79	14,54°C / f=0,78	14,19°C / f=0,77
	MG4	15,69°C / f=0,83	15,29°C / f=0,81	15,00°C / f=0,80	14,70°C / f=0,79
A = 240 mm	MG1	-	-	-	13,90°C / f=0,76
	MG2	14,91°C / f=0,80	14,65°C / f=0,79	14,41°C / f=0,78	14,10°C / f=0,76
	MG3	15,39°C / f=0,82	15,06°C / f=0,80	14,78°C / f=0,79	14,44°C / f=0,78
	MG4	15,80°C / f=0,83	15,43°C / f=0,82	15,16°C / f=0,81	14,87°C / f=0,79

9.6 Einschaliges Mauerwerk mit Stein-Außenfensterbank

9.6.1 Einschaliges Mauerwerk mit Stein-Außenfensterbank – Ist-Zustand



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

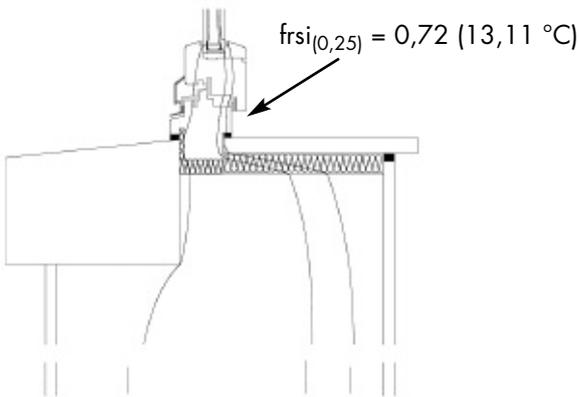
- MG1 1,30 W/mK für Kunststeineinfassung, Kalksandstein (2.000 kg/m³) oder Vollziegel (2.000 kg/m³)
- MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³) oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)
- MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)
- MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

Oberflächentemperaturen und f_{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	-	-	-	-
	MG2	-	-	-	11,03°C / f=0,64
	MG3	-	11,52°C / f=0,66	11,33°C / f=0,65	11,14°C / f=0,65
	MG4	12,09°C / f=0,68	11,71°C / f=0,67	11,52°C / f=0,66	11,36°C / f=0,65
A = 115 mm	MG1	-	-	-	11,13°C / f=0,65
	MG2	-	-	11,36°C / f=0,65	11,17°C / f=0,65
	MG3	11,95°C / f=0,68	11,64°C / f=0,67	11,45°C / f=0,66	11,24°C / f=0,65
	MG4	12,16°C / f=0,69	11,78°C / f=0,67	11,59°C / f=0,66	11,43°C / f=0,66
A = 240 mm	MG1	-	-	11,52°C / f=0,66	11,34°C / f=0,65
	MG2	11,93°C / f=0,68	11,71°C / f=0,67	11,55°C / f=0,66	11,35°C / f=0,65
	MG3	12,08°C / f=0,68	11,78°C / f=0,67	11,59°C / f=0,66	11,41°C / f=0,66
	MG4	12,23°C / f=0,69	11,86°C / f=0,67	11,68°C / f=0,67	11,51°C / f=0,67

9.6.2 Einschaliges Mauerwerk mit Stein-Außenfensterbank – Lösungsvarianten

Lösungsvorschlag A:

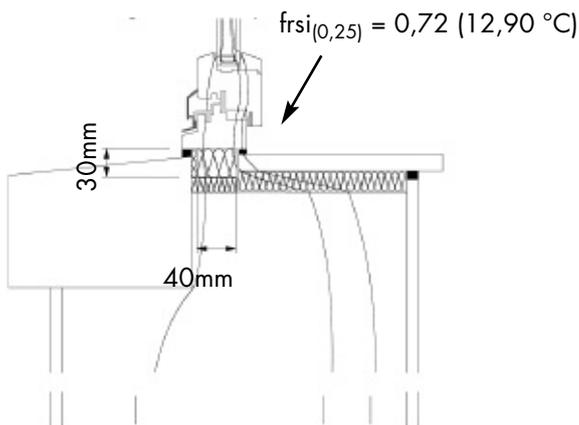
Mit Kunststein-Innenfensterbank



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	12,38°C / f=0,70
	MG3	-	13,25°C / f=0,73	12,99°C / f=0,72	12,67°C / f=0,71
	MG4	14,08°C / f=0,76	13,68°C / f=0,75	13,40°C / f=0,74	13,13°C / f=0,73
A = 115 mm	MG1	-	-	-	12,41°C / f=0,70
	MG2	-	-	12,83°C / f=0,71	12,54°C / f=0,70
	MG3	13,71°C / f=0,75	13,38°C / f=0,74	13,11°C / f=0,72	12,79°C / f=0,71
	MG4	14,15°C / f=0,77	13,75°C / f=0,75	13,48°C / f=0,74	13,21°C / f=0,73
A = 240 mm	MG1	-	-	-	12,66°C / f=0,71
	MG2	13,51°C / f=0,74	13,26°C / f=0,73	13,05°C / f=0,72	12,76°C / f=0,71
	MG3	13,84°C / f=0,75	13,52°C / f=0,74	13,26°C / f=0,73	12,98°C / f=0,72
	MG4	14,21°C / f=0,77	13,83°C / f=0,75	13,56°C / f=0,74	13,30°C / f=0,73

Lösungsvorschlag B:

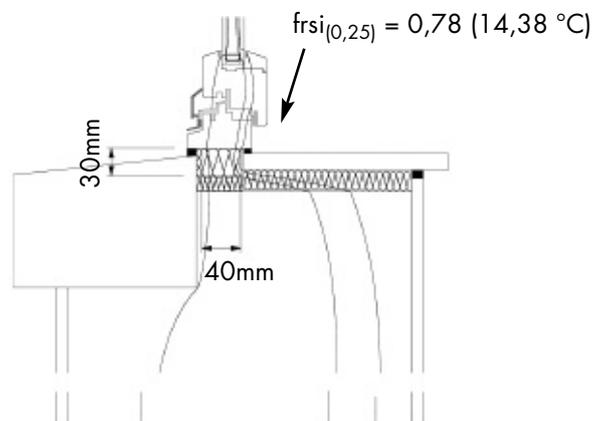
Dämmung im Falz (WLG 035; 30 mm x 40 mm) mit Holzwerkstoff-Innenfensterbank



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	12,46°C / f=0,70
	MG3	-	12,99°C / f=0,72	12,80°C / f=0,71	12,60°C / f=0,70
	MG4	13,66°C / f=0,75	13,26°C / f=0,73	13,07°C / f=0,72	12,89°C / f=0,72
A = 115 mm	MG1	-	-	-	12,52°C / f=0,70
	MG2	-	-	12,77°C / f=0,71	12,58°C / f=0,70
	MG3	13,41°C / f=0,74	13,10°C / f=0,72	12,90°C / f=0,72	12,70°C / f=0,71
	MG4	13,72°C / f=0,75	13,33°C / f=0,73	13,13°C / f=0,73	12,96°C / f=0,72
A = 240 mm	MG1	-	-	-	12,71°C / f=0,71
	MG2	13,31°C / f=0,73	13,10°C / f=0,72	12,94°C / f=0,72	12,75°C / f=0,71
	MG3	13,52°C / f=0,74	13,22°C / f=0,73	13,04°C / f=0,72	12,85°C / f=0,71
	MG4	13,78°C / f=0,75	13,44°C / f=0,74	13,22°C / f=0,73	13,03°C / f=0,72

Lösungsvorschlag C:

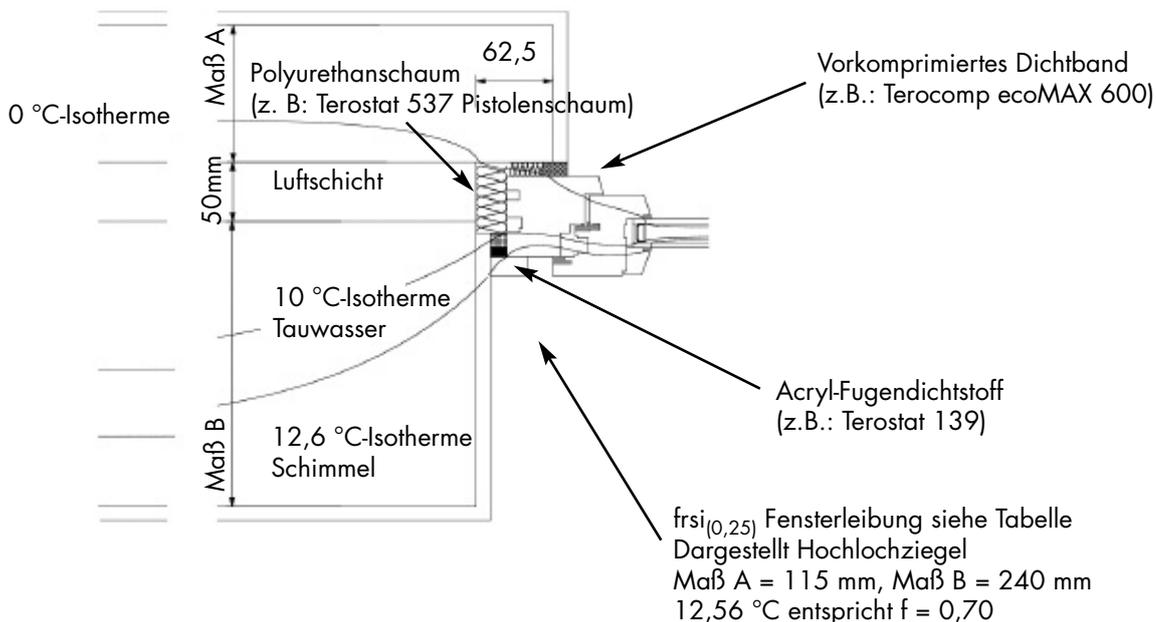
Dämmung im Falz (WLG 035; 30 mm x 40 mm) mit Kunststein-Innenfensterbank



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG2	-	-	-	13,60°C / f=0,74
	MG3	-	14,56°C / f=0,78	14,27°C / f=0,77	13,94°C / f=0,76
	MG4	15,46°C / f=0,82	15,05°C / f=0,80	14,77°C / f=0,79	14,48°C / f=0,78
A = 115 mm	MG1	-	-	-	13,60°C / f=0,74
	MG2	-	-	14,05°C / f=0,76	13,75°C / f=0,75
	MG3	14,99°C / f=0,80	14,66°C / f=0,79	14,38°C / f=0,78	14,06°C / f=0,77
	MG4	15,51°C / f=0,82	15,12°C / f=0,80	14,83°C / f=0,79	14,55°C / f=0,78
A = 240 mm	MG1	-	-	-	13,83°C / f=0,75
	MG2	14,72°C / f=0,79	14,47°C / f=0,78	14,26°C / f=0,77	13,96°C / f=0,76
	MG3	15,11°C / f=0,80	14,80°C / f=0,79	14,53°C / f=0,78	14,21°C / f=0,77
	MG4	15,57°C / f=0,82	15,19°C / f=0,81	14,92°C / f=0,81	14,64°C / f=0,79

9.7 Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht und 62,5 mm Innenanschlag

9.7.1 Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht und 62,5 mm Innenanschlag – Ist-Zustand



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

MG1 0,96 W/mK für Vollziegel (2.000 kg/m³) oder Kalksandstein (1.800 kg/m³)

MG1/3 Außenseite MG1 und Innenseite MG3

MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³) oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)

MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)

MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

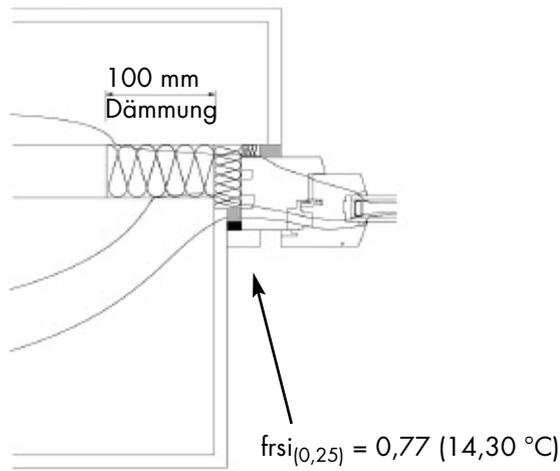
MG1/4 Außenseite MG1 und Innenseite MG4

Oberflächentemperaturen und f_{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	-	-	10,96°C / f=0,64	10,52°C / f=0,62
	MG1/3	12,04°C / f=0,70	11,57°C / f=0,66	11,23°C / f=0,65	10,82°C / f=0,63
	MG2	-	11,65°C / f=0,67	11,24°C / f=0,65	10,90°C / f=0,64
	MG3	12,91°C / f=0,72	12,40°C / f=0,70	12,00°C / f=0,68	11,54°C / f=0,66
	MG1/4	12,96°C / f=0,72	12,35°C / f=0,69	12,09°C / f=0,68	11,80°C / f=0,67
A = 115 mm	MG1	-	11,70°C / f=0,67	11,37°C / f=0,66	10,88°C / f=0,64
	MG1/3	12,40°C / f=0,70	11,92°C / f=0,68	11,54°C / f=0,66	11,05°C / f=0,64
	MG2	-	12,20°C / f=0,69	11,70°C / f=0,67	11,36°C / f=0,65
	MG3	13,61°C / f=0,74	13,07°C / f=0,72	12,56°C / f=0,70	12,18°C / f=0,69
	MG1/4	13,15°C / f=0,73	12,59°C / f=0,70	12,25°C / f=0,69	11,89°C / f=0,68
A = 240 mm	MG1	12,76°C / f=0,71	12,36°C / f=0,69	12,07°C / f=0,68	11,62°C / f=0,66
	MG1/3	13,01°C / f=0,72	12,48°C / f=0,70	12,08°C / f=0,68	11,62°C / f=0,66
	MG2	13,38°C / f=0,74	13,01°C / f=0,72	12,69°C / f=0,71	12,24°C / f=0,69
	MG3	14,48°C / f=0,78	13,96°C / f=0,76	13,56°C / f=0,74	13,06°C / f=0,72
	MG1/4	13,53°C / f=0,74	12,94°C / f=0,72	12,58°C / f=0,70	12,24°C / f=0,68

9.7.2 Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht und 62,5 mm ... – Lösungsvarianten

Lösungsvorschlag A:

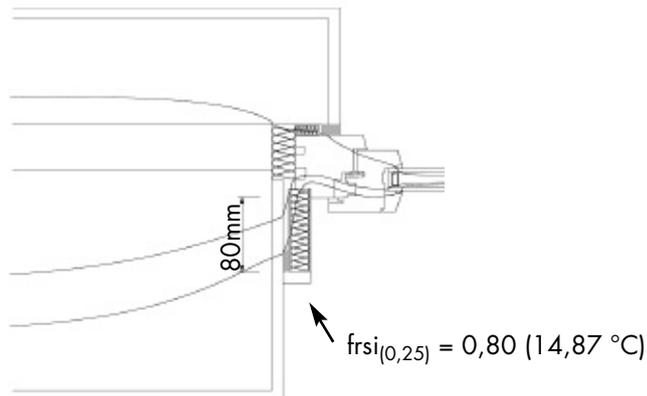
Luftschicht 10 cm gedämmt



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	-	-	12,85°C / f=0,71	12,42°C / f=0,70
	MG1/3	14,43°C / f=0,78	13,86°C / f=0,75	13,48°C / f=0,74	13,06°C / f=0,72
	MG2	-	13,56°C / f=0,74	13,20°C / f=0,73	12,75°C / f=0,71
	MG3	14,80°C / f=0,79	14,27°C / f=0,77	13,89°C / f=0,76	13,43°C / f=0,74
	MG1/4	15,07°C / f=0,80	14,56°C / f=0,78	14,24°C / f=0,77	13,95°C / f=0,76
A = 115 mm	MG1	-	13,50°C / f=0,74	13,21°C / f=0,73	12,79°C / f=0,71
	MG1/3	14,62°C / f=0,78	14,07°C / f=0,76	13,69°C / f=0,75	13,24°C / f=0,73
	MG2	-	13,95°C / f=0,76	13,59°C / f=0,74	13,14°C / f=0,73
	MG3	15,21°C / f=0,81	14,68°C / f=0,79	14,30°C / f=0,77	13,84°C / f=0,75
	MG1/4	15,21°C / f=0,81	14,67°C / f=0,79	14,34°C / f=0,77	14,03°C / f=0,76
A = 240 mm	MG1	14,42°C / f=0,78	14,09°C / f=0,76	13,80°C / f=0,75	13,39°C / f=0,74
	MG1/3	14,98°C / f=0,80	14,43°C / f=0,78	14,05°C / f=0,76	13,58°C / f=0,74
	MG2	14,94°C / f=0,80	14,56°C / f=0,78	14,22°C / f=0,77	13,77°C / f=0,75
	MG3	15,76°C / f=0,83	15,28°C / f=0,81	14,92°C / f=0,80	14,46°C / f=0,78
	MG1/4	15,38°C / f=0,82	14,85°C / f=0,79	14,51°C / f=0,78	14,18°C / f=0,77

Lösungsvorschlag B:

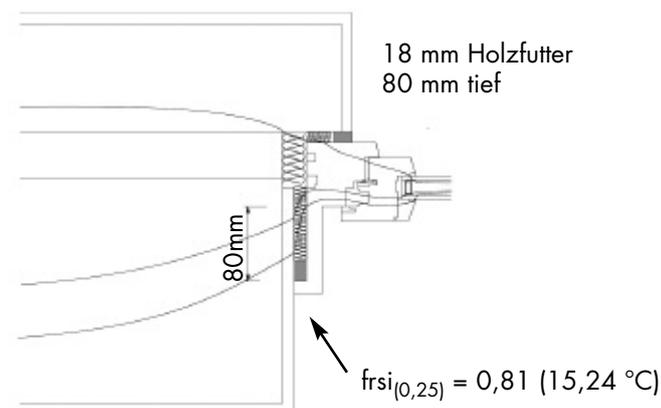
8 cm Fensterfutter mit 24 mm Verbundplatte auf der Rauminnenseite mit 1,5 mm Aluminium



		B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	-	13,02°C / f=0,72	12,44°C / f=0,70
	MG1/3	14,47°C / f=0,78	13,89°C / f=0,76	13,24°C / f=0,73
	MG2	13,71°C / f=0,75	13,29°C / f=0,73	12,68°C / f=0,71
	MG3	14,99°C / f=0,80	14,41°C / f=0,78	13,75°C / f=0,75
	MG1/4	15,77°C / f=0,83	15,16°C / f=0,81	14,63°C / f=0,79
A = 115 mm	MG1	13,79°C / f=0,75	13,37°C / f=0,73	12,78°C / f=0,71
	MG1/3	14,71°C / f=0,79	14,13°C / f=0,77	13,48°C / f=0,74
	MG2	14,13°C / f=0,77	13,71°C / f=0,75	13,12°C / f=0,73
	MG3	15,44°C / f=0,82	14,87°C / f=0,80	14,21°C / f=0,77
	MG1/4	15,89°C / f=0,84	15,29°C / f=0,81	14,75°C / f=0,79
A = 240 mm	MG1	14,34°C / f=0,77	13,93°C / f=0,76	13,30°C / f=0,73
	MG1/3	15,09°C / f=0,80	14,53°C / f=0,78	13,85°C / f=0,75
	MG2	14,77°C / f=0,79	14,37°C / f=0,78	13,76°C / f=0,75
	MG3	16,06°C / f=0,84	15,23°C / f=0,82	14,89°C / f=0,80
	MG1/4	16,10°C / f=0,84	15,50°C / f=0,82	14,97°C / f=0,80

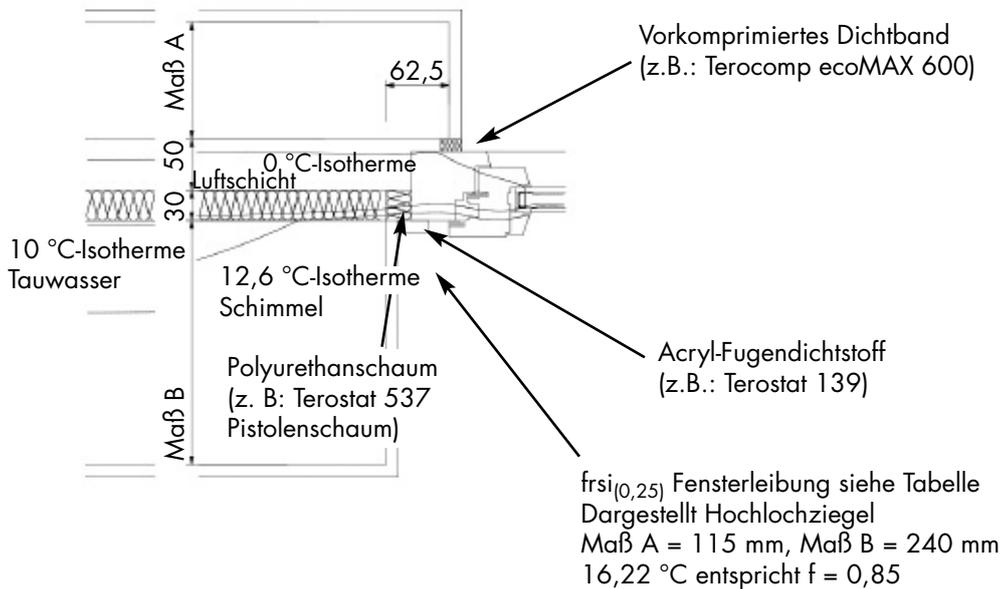
Lösungsvorschlag C:

8 cm Fensterfutter aus Holz als Blendrahmenvertiefung



		B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	-	12,85°C / f=0,71	12,45°C / f=0,70
	MG1/3	14,90°C / f=0,80	14,34°C / f=0,77	13,73°C / f=0,75
	MG2	13,98°C / f=0,76	13,57°C / f=0,74	13,00°C / f=0,72
	MG3	15,40°C / f=0,82	14,79°C / f=0,79	14,17°C / f=0,77
	MG1/4	16,28°C / f=0,85	15,71°C / f=0,83	15,21°C / f=0,81
A = 115 mm	MG1	13,62°C / f=0,74	13,33°C / f=0,73	12,85°C / f=0,71
	MG1/3	15,11°C / f=0,80	14,57°C / f=0,78	13,95°C / f=0,76
	MG2	14,39°C / f=0,78	14,00°C / f=0,76	13,44°C / f=0,74
	MG3	15,76°C / f=0,83	15,24°C / f=0,81	14,62°C / f=0,78
	MG1/4	16,37°C / f=0,85	15,83°C / f=0,83	15,33°C / f=0,81
A = 240 mm	MG1	14,23°C / f=0,77	13,93°C / f=0,76	13,46°C / f=0,74
	MG1/3	15,46°C / f=0,82	14,92°C / f=0,80	14,30°C / f=0,77
	MG2	15,02°C / f=0,80	14,62°C / f=0,78	14,08°C / f=0,76
	MG3	16,35°C / f=0,85	15,85°C / f=0,83	15,25°C / f=0,81
	MG1/4	16,56°C / f=0,86	16,00°C / f=0,84	15,49°C / f=0,82

9.8 Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht, Dämmung und 62,5 mm Innenanslag



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

MG1 0,96 W/mK für Vollziegel (2.000 kg/m³) oder Kalksandstein (1.800 kg/m³)

MG1/2 Außenseite MG1 und Innenseite MG2

MG1/3 Außenseite MG1 und Innenseite MG3

MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³)
oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)

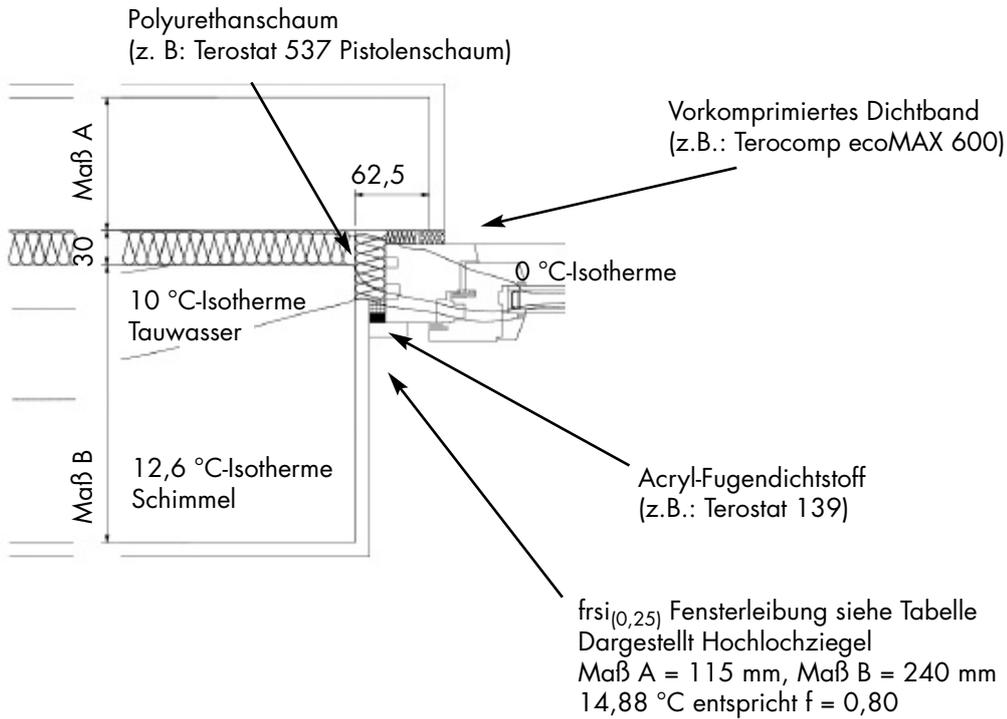
MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)

MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

MG1/4 Außenseite MG1 und Innenseite MG4

Oberflächentemperaturen und f _{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1/2	16,00 °C / f=0,84	15,87 °C / f=0,83	15,79 °C / f=0,83	15,70 °C / f=0,83
	MG1/3	15,97 °C / f=0,83	15,53 °C / f=0,82	15,39 °C / f=0,82	15,25 °C / f=0,81
	MG2	16,15 °C / f=0,85	15,69 °C / f=0,83	15,50 °C / f=0,82	15,22 °C / f=0,81
	MG3	16,15 °C / f=0,85	15,63 °C / f=0,83	15,40 °C / f=0,82	15,11 °C / f=0,80
	MG1/4	15,61 °C / f=0,82	15,29 °C / f=0,81	15,15 °C / f=0,81	15,02 °C / f=0,80
A = 115 mm	MG1/2	16,21 °C / f=0,85	16,09 °C / f=0,84	16,01 °C / f=0,84	15,90 °C / f=0,84
	MG1/3	15,99 °C / f=0,84	15,76 °C / f=0,83	15,61 °C / f=0,82	15,45 °C / f=0,82
	MG2	16,40 °C / f=0,86	16,29 °C / f=0,85	16,21 °C / f=0,85	16,13 °C / f=0,85
	MG3	16,49 °C / f=0,86	16,30 °C / f=0,85	16,22 °C / f=0,85	16,04 °C / f=0,84
	MG1/4	15,79 °C / f=0,83	15,52 °C / f=0,82	15,36 °C / f=0,81	15,20 °C / f=0,81
A = 240 mm	MG1/2	16,61 °C / f=0,86	16,52 °C / f=0,86	16,45 °C / f=0,86	16,38 °C / f=0,86
	MG1/3	16,39 °C / f=0,86	16,20 °C / f=0,85	16,07 °C / f=0,84	15,95 °C / f=0,84
	MG2	16,85 °C / f=0,87	16,76 °C / f=0,87	16,70 °C / f=0,87	16,63 °C / f=0,87
	MG3	17,01 °C / f=0,88	16,85 °C / f=0,87	16,74 °C / f=0,87	16,64 °C / f=0,87
	MG1/4	16,18 °C / f=0,85	15,94 °C / f=0,84	15,80 °C / f=0,83	15,69 °C / f=0,83

9.9 Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung und 62,5 mm Innenanschlag



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

MG1 0,96 W/mK für Vollziegel (2.000 kg/m³) oder Kalksandstein (1.800 kg/m³)

MG1/2 Außenseite MG1 und Innenseite MG2

MG1/3 Außenseite MG1 und Innenseite MG3

MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³)
oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)

MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)

MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

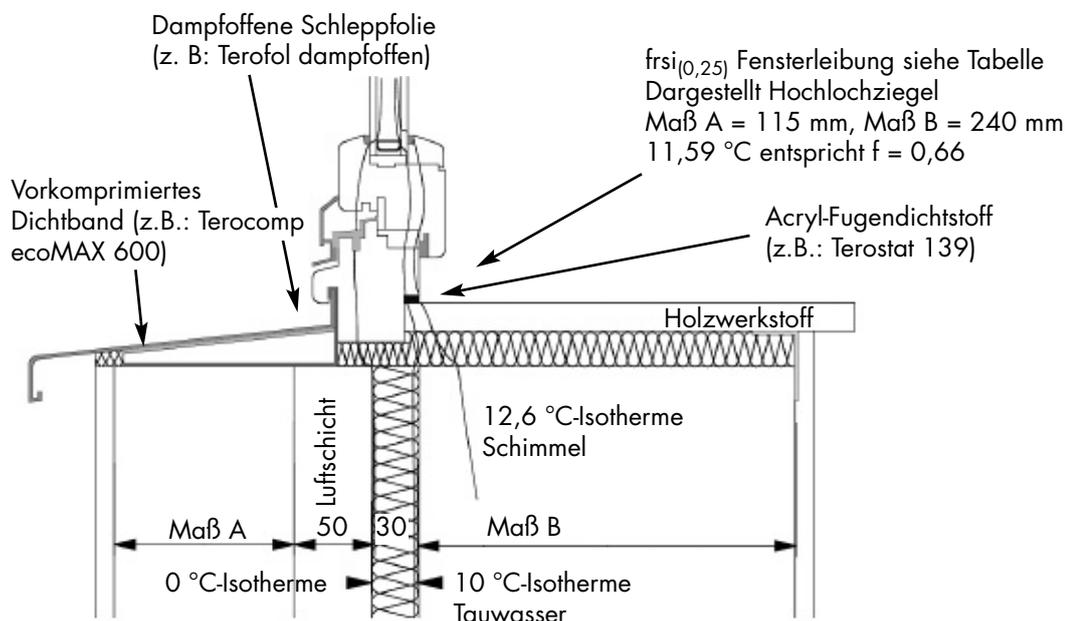
MG1/4 Außenseite MG1 und Innenseite MG4

Oberflächentemperaturen und f _{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1/2	15,08°C / f=0,80	14,79°C / f=0,79	14,52°C / f=0,78	14,11°C / f=0,76
	MG1/3	15,00°C / f=0,80	14,55°C / f=0,78	14,39°C / f=0,78	13,96°C / f=0,76
	MG2	15,00°C / f=0,80	14,71°C / f=0,79	14,42°C / f=0,78	14,02°C / f=0,76
	MG3	15,24°C / f=0,81	14,80°C / f=0,79	14,46°C / f=0,78	14,03°C / f=0,76
	MG1/4	15,21°C / f=0,81	14,67°C / f=0,79	14,54°C / f=0,78	14,21°C / f=0,77
A = 115 mm	MG1/2	15,19°C / f=0,81	14,92°C / f=0,80	14,64°C / f=0,79	14,25°C / f=0,77
	MG1/3	15,27°C / f=0,81	14,84°C / f=0,79	14,49°C / f=0,78	14,07°C / f=0,76
	MG2	15,31°C / f=0,81	15,06°C / f=0,80	14,78°C / f=0,79	14,41°C / f=0,78
	MG3	15,61°C / f=0,82	15,22°C / f=0,81	14,88°C / f=0,80	14,49°C / f=0,78
	MG1/4	15,47°C / f=0,82	14,94°C / f=0,80	14,61°C / f=0,78	14,28°C / f=0,77
A = 240 mm	MG1/2	15,38°C / f=0,82	15,11°C / f=0,80	14,85°C / f=0,79	14,47°C / f=0,78
	MG1/3	15,42°C / f=0,82	14,99 °C / f=0,80	14,66°C / f=0,79	14,25°C / f=0,77
	MG2	15,55°C / f=0,82	15,30°C / f=0,81	15,05°C / f=0,80	14,68°C / f=0,79
	MG3	15,89°C / f=0,84	15,51°C / f=0,82	15,21°C / f=0,81	14,83°C / f=0,79
	MG1/4	15,56°C / f=0,82	15,04°C / f=0,80	14,71°C / f=0,79	14,38°C / f=0,78

9. Typische Wandaufbauten und Einbausituationen

9.10 Zweischaliges Mauerwerk mit Aluminium-Außenfensterbank

9.10.1 Zweischaliges Mauerwerk mit Aluminium-Außenfensterbank – Ist-Zustand



Wandmaterialien und Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit:

MG1 0,96 W/mK für Vollziegel (2.000 kg/m³) oder Kalksandstein (1.800 kg/m³)

MG1/2 Außenseite MG1 und Innenseite MG2

MG1/3 Außenseite MG1 und Innenseite MG3

MG2 0,70 W/mK für Kalksandstein (1.400 kg/m³), Vollziegel (1.600 kg/m³) oder Hüttensteine (1.800 kg/m³)

MG3 0,39 W/mK für Leichthochlochziegel (800 kg/m³)

MG4 0,18 W/mK für Leichtbeton mit Bimsstein (600 kg/m³) oder Blähton (550 kg/m³)

MG1/4 Außenseite MG1 und Innenseite MG4

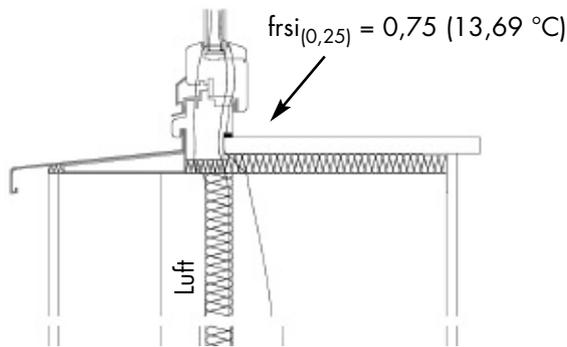
Oberflächentemperaturen und f_{Rsi} -Werte		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1/2	11,80°C / f=0,67	11,72°C / f=0,67	11,65°C / f=0,67	11,55°C / f=0,66
	MG1/3	11,62°C / f=0,66	11,56°C / f=0,66	11,47°C / f=0,66	11,36°C / f=0,65
	MG2	11,82°C / f=0,67	11,74°C / f=0,67	11,67°C / f=0,67	11,57°C / f=0,66
	MG3	11,73°C / f=0,67	11,62°C / f=0,66	11,53°C / f=0,66	11,42°C / f=0,66
	MG1/4	11,50°C / f=0,66	11,33°C / f=0,65	11,20°C / f=0,65	11,15°C / f=0,65
A = 115 mm	MG1/2	11,83°C / f=0,67	11,75°C / f=0,67	11,68°C / f=0,67	11,58°C / f=0,66
	MG1/3	11,70°C / f=0,67	11,58°C / f=0,66	11,50°C / f=0,66	11,39°C / f=0,66
	MG2	11,86°C / f=0,67	11,78°C / f=0,67	11,71°C / f=0,67	11,61°C / f=0,66
	MG3	11,79°C / f=0,67	11,67°C / f=0,67	11,59°C / f=0,66	11,48°C / f=0,66
	MG1/4	11,53°C / f=0,66	11,35°C / f=0,65	11,26°C / f=0,65	11,17°C / f=0,65
A = 240 mm	MG1/2	11,93°C / f=0,68	11,85°C / f=0,67	11,78°C / f=0,67	11,69°C / f=0,67
	MG1/3	11,80°C / f=0,67	11,68°C / f=0,67	11,60°C / f=0,66	11,49°C / f=0,66
	MG2	11,97°C / f=0,68	11,90°C / f=0,68	11,83°C / f=0,67	11,73°C / f=0,67
	MG3	11,94°C / f=0,68	11,83°C / f=0,67	11,74°C / f=0,67	11,63°C / f=0,67
	MG1/4	11,58°C / f=0,66	11,44°C / f=0,66	11,35°C / f=0,65	11,69°C / f=0,67

Bemerkung: Andere zweischalige Wandaufbauten (mit Kerndämmung oder Luftschicht) erzielen vergleichbare Werte und werden deshalb hier nicht gesondert dargestellt.

9.10.2 Zweischaliges Mauerwerk mit Aluminium-Außenfensterbank – Lösungsvarianten

Lösungsvorschlag A:

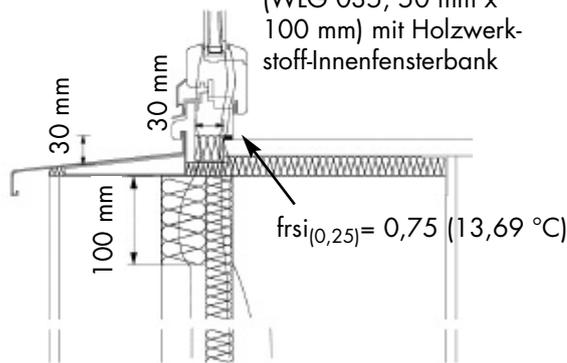
Mit Kunststoff-Innenfensterbank



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	13,99°C / f=0,76	13,86°C / f=0,75	13,75°C / f=0,75	13,59°C / f=0,74
	MG1/3	13,89°C / f=0,76	13,71°C / f=0,75	13,57°C / f=0,74	13,39°C / f=0,74
	MG2	14,01°C / f=0,76	13,86°C / f=0,75	13,77°C / f=0,75	13,61°C / f=0,74
	MG3	13,95°C / f=0,76	13,77°C / f=0,75	13,64°C / f=0,75	13,46°C / f=0,74
	MG1/4	13,73°C / f=0,75	13,52°C / f=0,74	13,37°C / f=0,73	13,15°C / f=0,73
A = 115 mm	MG1	14,01°C / f=0,76	13,88°C / f=0,76	13,77°C / f=0,75	13,62°C / f=0,74
	MG1/3	13,90°C / f=0,76	13,73°C / f=0,75	13,60°C / f=0,74	13,42°C / f=0,74
	MG2	14,03°C / f=0,76	13,91°C / f=0,76	13,80°C / f=0,75	13,65°C / f=0,75
	MG3	13,99°C / f=0,76	13,82°C / f=0,75	13,69°C / f=0,75	13,51°C / f=0,73
	MG1/4	13,74°C / f=0,75	13,54°C / f=0,74	13,39°C / f=0,74	13,15°C / f=0,76
A = 240 mm	MG1	14,10°C / f=0,76	13,98°C / f=0,76	13,88°C / f=0,76	13,74°C / f=0,75
	MG1/3	14,00°C / f=0,76	13,83°C / f=0,75	13,69°C / f=0,75	13,52°C / f=0,74
	MG2	14,15°C / f=0,77	14,03°C / f=0,76	13,93°C / f=0,76	13,78°C / f=0,75
	MG3	14,14°C / f=0,77	13,98°C / f=0,76	13,85°C / f=0,75	13,68°C / f=0,75
	MG1/4	13,83°C / f=0,75	13,63°C / f=0,75	13,48°C / f=0,74	13,32°C / f=0,73

Lösungsvorschlag B:

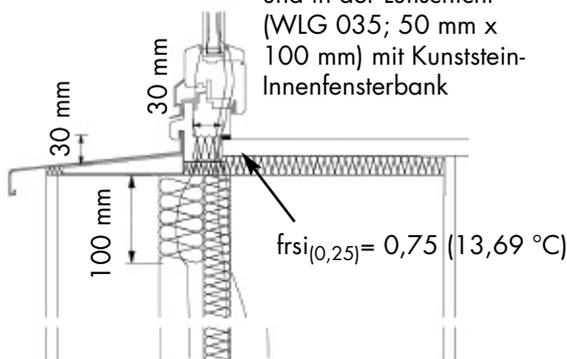
Dämmung im Falz (WLG 035; 30 mm x 30 mm) und in der Luftschicht (WLG 035; 50 mm x 100 mm) mit Holzwerkstoff-Innenfensterbank



		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	13,91°C / f=0,76	13,82°C / f=0,75	13,75°C / f=0,75	13,64°C / f=0,75
	MG1/3	13,81°C / f=0,74	13,69°C / f=0,75	13,59°C / f=0,74	13,49°C / f=0,74
	MG2	13,92°C / f=0,76	13,83°C / f=0,75	13,76°C / f=0,75	13,65°C / f=0,75
	MG3	13,84°C / f=0,75	13,72°C / f=0,75	13,62°C / f=0,74	13,50°C / f=0,74
	MG1/4	13,62°C / f=0,74	13,50°C / f=0,74	13,38°C / f=0,73	13,27°C / f=0,73
A = 115 mm	MG1	13,92°C / f=0,76	13,83°C / f=0,75	13,80°C / f=0,75	13,70°C / f=0,75
	MG1/3	13,82°C / f=0,75	13,70°C / f=0,75	13,65°C / f=0,75	13,52°C / f=0,74
	MG2	13,93°C / f=0,76	13,85°C / f=0,75	13,82°C / f=0,75	13,71°C / f=0,75
	MG3	13,86°C / f=0,75	13,74°C / f=0,75	13,69°C / f=0,75	13,58°C / f=0,74
	MG1/4	13,61°C / f=0,74	13,50°C / f=0,74	13,45°C / f=0,74	13,32°C / f=0,73
A = 240 mm	MG1	13,98°C / f=0,76	13,90°C / f=0,76	13,85°C / f=0,75	13,77°C / f=0,75
	MG1/3	13,88°C / f=0,76	13,76°C / f=0,75	13,69°C / f=0,75	13,59°C / f=0,74
	MG2	14,00°C / f=0,76	13,92°C / f=0,75	13,87°C / f=0,75	13,79°C / f=0,75
	MG3	13,94°C / f=0,76	13,83°C / f=0,75	13,77°C / f=0,75	13,67°C / f=0,75
	MG1/4	13,71°C / f=0,75	13,56°C / f=0,74	13,49°C / f=0,74	13,40°C / f=0,74

Lösungsvorschlag C:

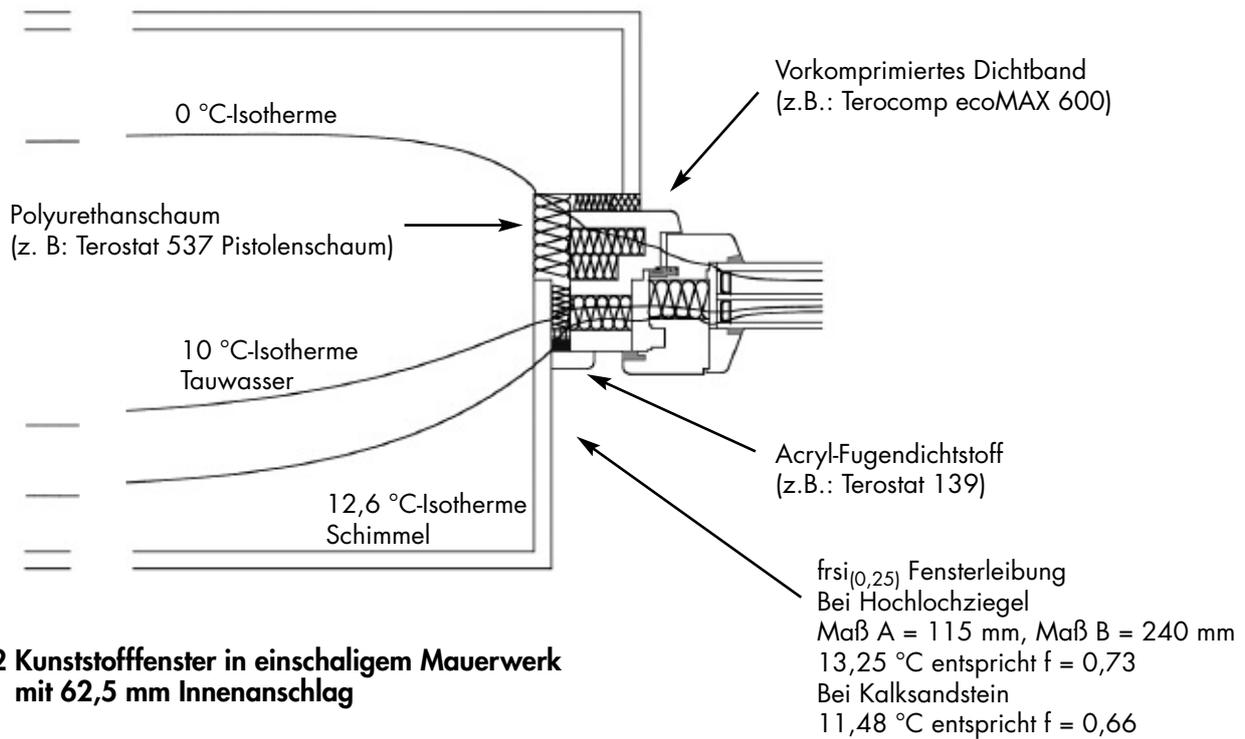
Dämmung im Falz (WLG 035; 30 mm x 30 mm) und in der Luftschicht (WLG 035; 50 mm x 100 mm) mit Kunststoff-Innenfensterbank



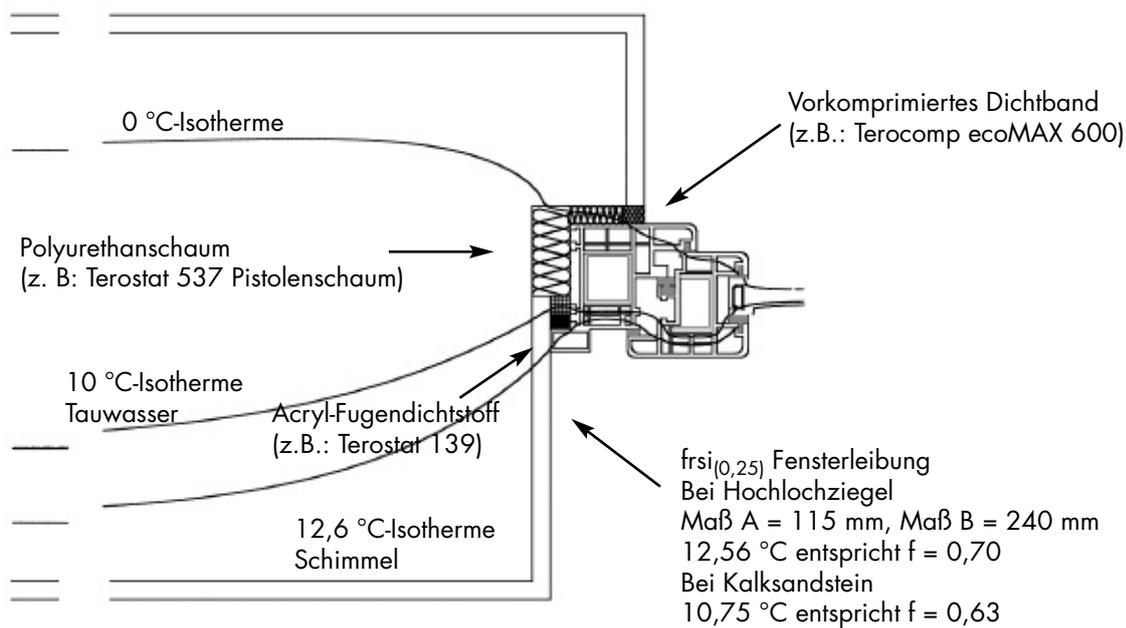
		B = 115 mm Maß innen	B = 175 mm Maß innen	B = 240 mm Maß innen	B = 365 mm Maß innen
A = 62,5 mm	MG1	15,88°C / f=0,84	15,80°C / f=0,83	15,64°C / f=0,83	15,53°C / f=0,82
	MG1/3	15,82°C / f=0,83	15,64°C / f=0,83	15,50°C / f=0,82	15,31°C / f=0,81
	MG2	15,89°C / f=0,84	15,76°C / f=0,83	15,84°C / f=0,83	15,49°C / f=0,82
	MG3	15,84°C / f=0,83	15,68°C / f=0,83	15,53°C / f=0,82	15,35°C / f=0,81
	MG1/4	15,71°C / f=0,83	15,47°C / f=0,82	15,29°C / f=0,81	15,15°C / f=0,81
A = 115 mm	MG1	15,89°C / f=0,84	15,76°C / f=0,83	15,69°C / f=0,83	15,53°C / f=0,82
	MG1/3	15,83°C / f=0,83	15,65°C / f=0,83	15,53°C / f=0,82	15,36°C / f=0,81
	MG2	15,91°C / f=0,84	15,78°C / f=0,83	15,70°C / f=0,83	15,55°C / f=0,82
	MG3	15,87°C / f=0,83	15,71°C / f=0,83	15,60°C / f=0,82	15,43°C / f=0,82
	MG1/4	15,72°C / f=0,83	15,46°C / f=0,82	15,39°C / f=0,82	15,15°C / f=0,81
A = 240 mm	MG1	15,95°C / f=0,84	15,83°C / f=0,83	15,74°C / f=0,83	15,61°C / f=0,82
	MG1/3	15,89°C / f=0,84	15,72°C / f=0,83	15,60°C / f=0,82	15,43°C / f=0,82
	MG2	15,98°C / f=0,84	15,85°C / f=0,83	15,77°C / f=0,83	15,64°C / f=0,83
	MG3	15,96°C / f=0,84	15,80°C / f=0,83	15,70°C / f=0,83	15,49°C / f=0,82
	MG1/4	15,77°C / f=0,83	15,49°C / f=0,82	15,44°C / f=0,82	15,28°C / f=0,81

Bemerkung: Andere zweischalige Wandaufbauten (mit Kerndämmung oder Luftschicht) erzielen vergleichbare Werte und werden deshalb hier nicht gesondert dargestellt.

9.11 Passivhausfenster in einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag



9.12 Kunststofffenster in einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag



Zum Vergleich die Werte für ein IV-68-Holzfenster aus Kapitel 9.2.1, die im Ergebnis weder vom Kunststoff- noch vom Passivhausfenster um mehr als 1 °C abweichen:

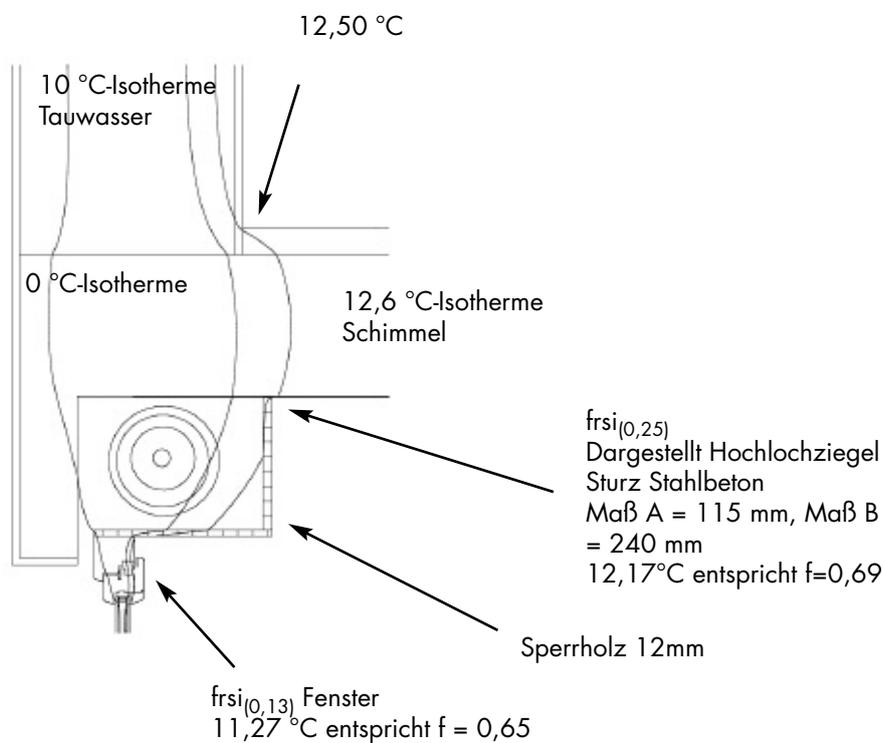
Oberflächentemperatur 12,54 °C entspricht $f = 0,70$ bei Mauerwerk aus Hochlochziegel

Oberflächentemperatur 10,67 °C entspricht $f = 0,63$ bei Mauerwerk aus Kalksandstein

Schlussfolgerung:

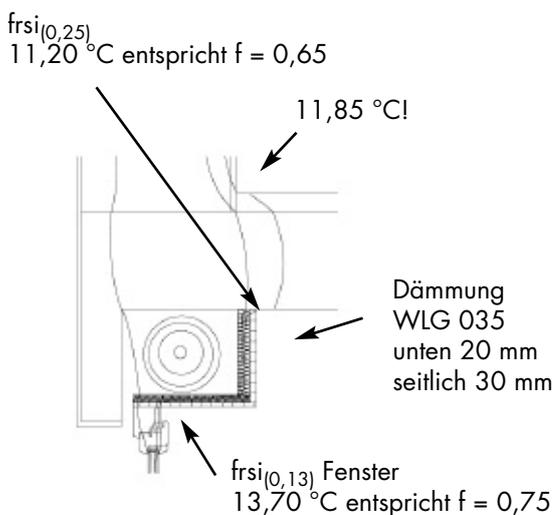
Die Art des Fensters und der U-Wert der unterschiedlichen Rahmenmaterialien beeinflussen die Oberflächentemperaturen der Fensterleibung nur gering. Aufgrund des durch den Wandaufbau vorherbestimmten Isothermenverlaufs wirkt sich allerdings eine größere Blendrahmendicke positiv auf die Oberflächentemperatur der Fensterleibung aus.

9.13 Rollladenkasten in einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag



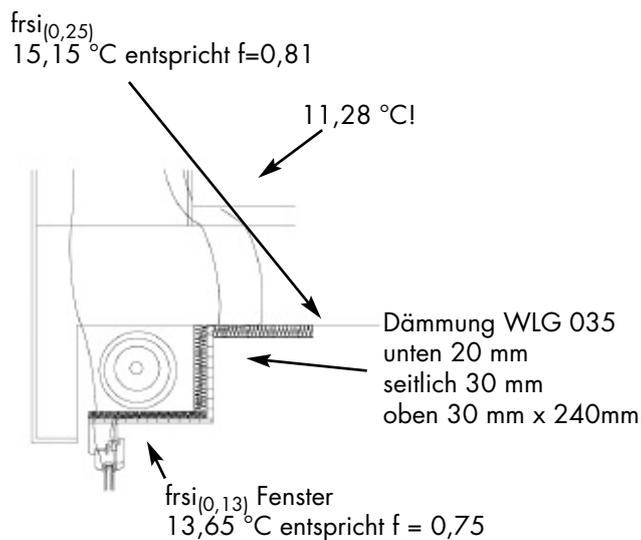
Lösungsvorschlag A:

Kasten nachträglich dämmen
(nicht ausreichend, weil $f < 0,7$)



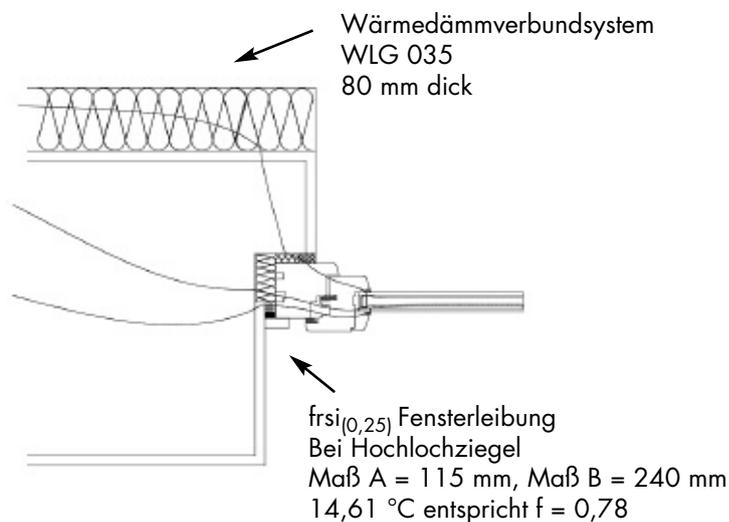
Lösungsvorschlag B:

Kasten und Decke nachträglich dämmen
(erfolgreich, weil $f > 0,7$)

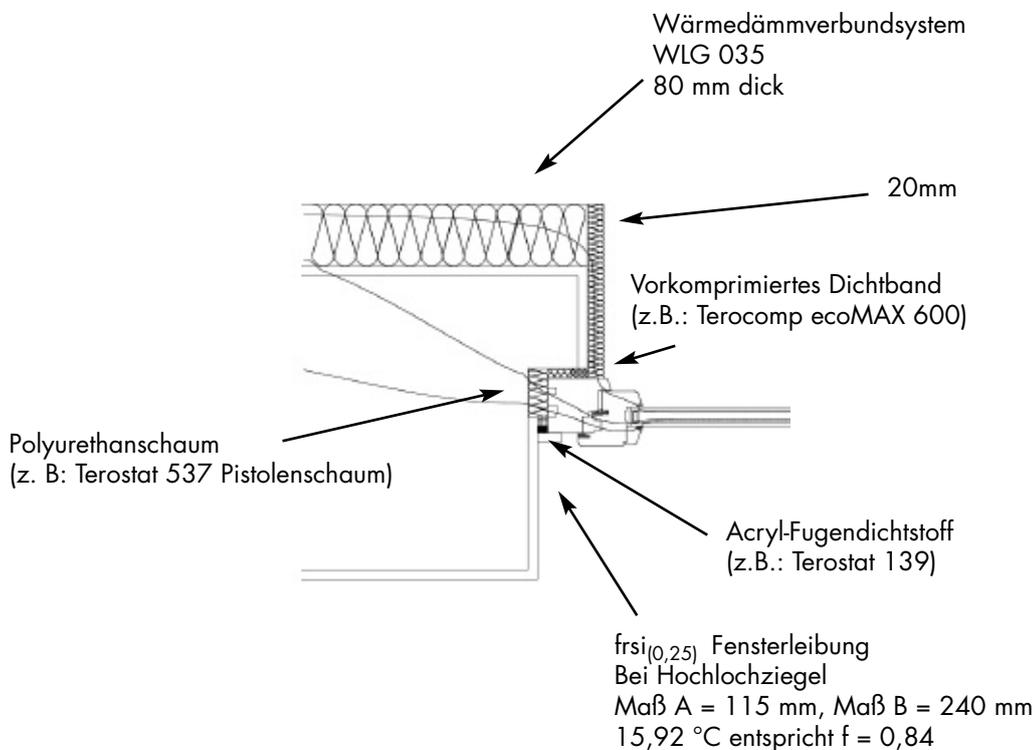


9.14 Wärmedämmverbundsystem auf einschaligem Mauerwerk

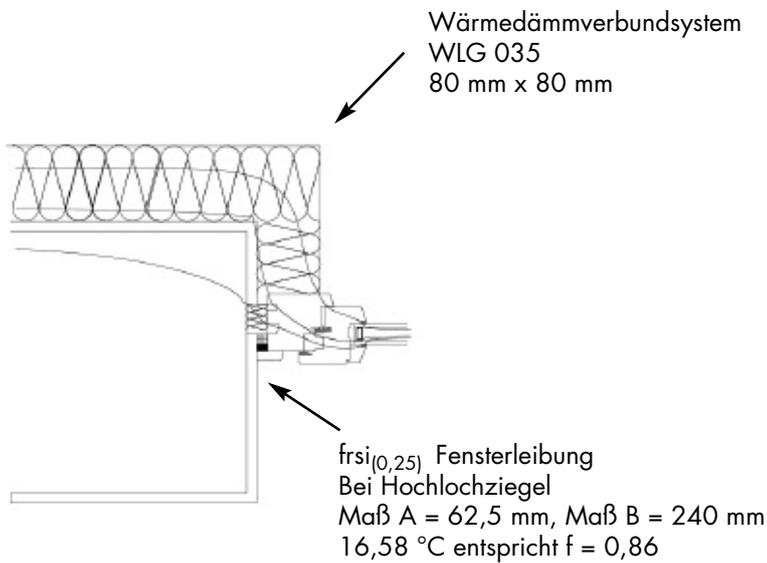
9.14.1 Wärmedämmverbundsystem auf einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm mit Innenanschlag



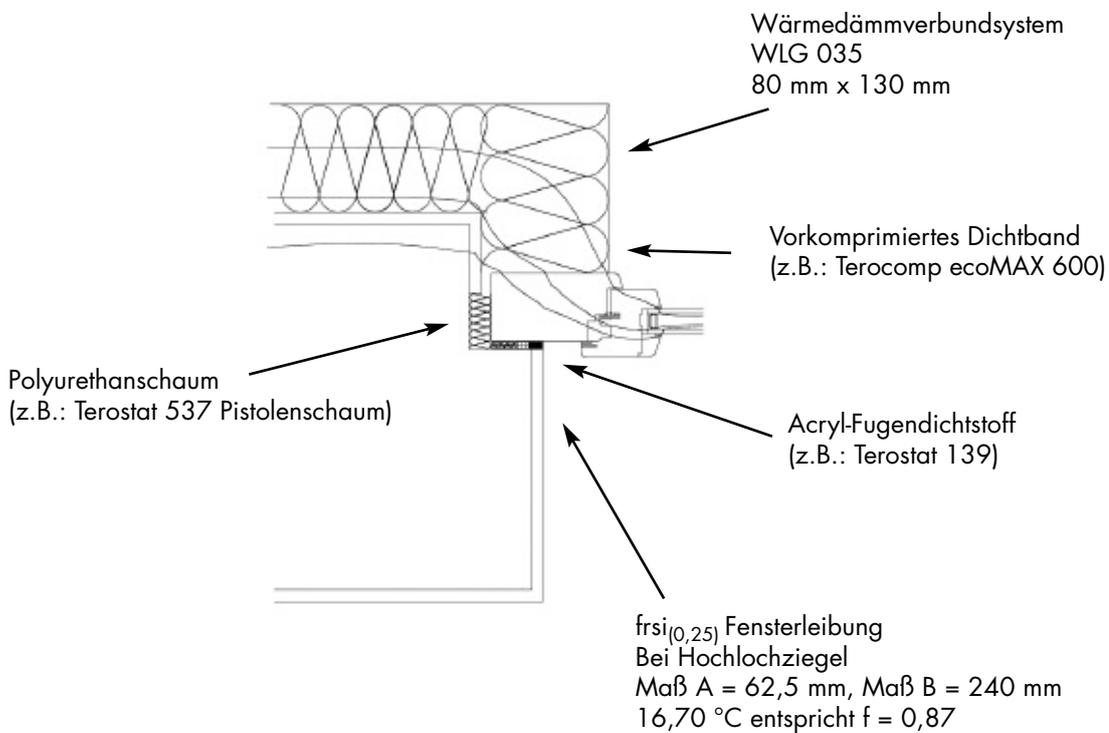
9.14.2 Wärmedämmverbundsystem auf einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm Innenanschlag und Dämmung der Außenleibung



9.14.3 Wärmedämmverbundsystem auf einschaligem Mauerwerk ohne Anschlag



9.14.4 Wärmedämmverbundsystem auf einschaligem Mauerwerk mit 62,5 mm Außenanschlag





Construction Product Service
BRAUNSCHWEIG



Institut für Baustoffe, Materialprüfanstalt
Massivbau und Brandschutz für das Bauwesen



Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut
Holzforschung



CPS Braunschweig ist das Gemeinschaftsprojekt der Materialprüfanstalt für das Bauwesen Braunschweig und dem Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut für Holzforschung rund um das Thema von Fenstern, Türen und Fassaden.

CPS Braunschweig versteht sich als Koordinierungs- und Beratungsstelle zu allen Fragen der CE-Kennzeichnung, Produktprüfung, -forschung und -entwicklung sowie der Fremdüberwachung. Neben der Koordinierung von Bauteil- und Materialprüfungen an den obigen notifizierten Prüfinstituten bietet CPS Braunschweig zusätzlich zur CE-Kennzeichnung, zusammen mit DIN CERTCO eine Qualitätsüberwachung mit den Schwerpunkten Dauerhaftigkeit, gesundem Wohnen und Qualitätssicherung an.

CPS c/o MPA Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig

Fon +49 (0)531/391 -54 57
Fon +49 (0)531/21 55 -392
Fax +49 (0)531/391 -59 00
Mail info@cps-bs.de
Web www.cps-bs.de

Das Teroson-System für Fenster- und Fassadenabdichtung

Dichtfolien

Vorkomprimierte
Dichtbänder

Fugendichtmassen

Profilierte Dichtstoffe

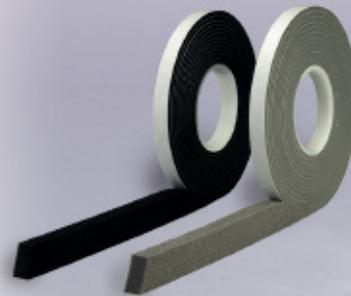
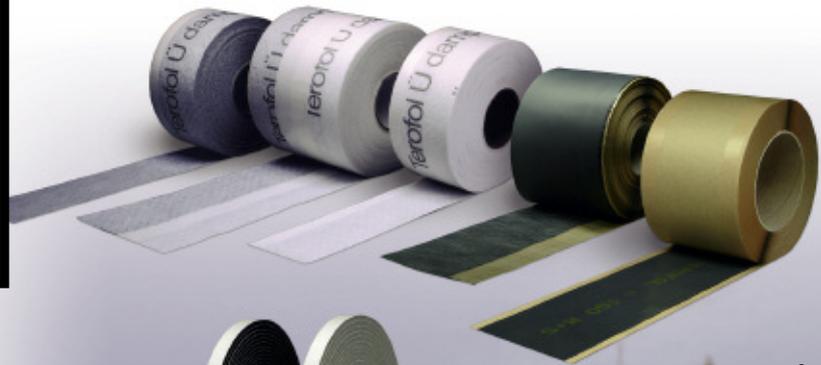
PU-Schaum

Weitere
Systemkomponenten

Teroson ist unter den Profi-Marken von Henkel der „Spezialist für die Gewerke Fenster- und Fassadenabdichtung“. Seine zukunftsweisenden Produkt- und bauphysikalisch perfektionierten Systemlösungen entwickelt Teroson aus seinen Erfahrungen in der täglichen Beratungspraxis und den Arbeiten auf der Baustelle weiter.

Wir freuen uns über jede Herausforderung bei Fenster- und Fassadenabdichtungen – fordern Sie uns. Wir garantieren Ihnen die Leistung, die Sie von einem führenden Hersteller erwarten können.

Telefon: 02 11/ 797 106 -50/-64





VU_0209

Sicherheit einplanen, Qualität einbauen