

Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Jehl (ift-Rosenheim)
Dipl. Ing. (FH) Guido Straßer (ift-Rosenheim)
Dipl. Ing. (FH) Ulrich Sieberath (ift-Rosenheim)

Fenstermontage Teil 2

Planung und Ausführung von Fensteranschlüssen - Wärmetechnische Kennwerte

—

1 1 Einleitung

Im Teil 1 dieser Veröffentlichung wurden Fensteranschlüsse hinsichtlich ihrer wärmeschutztechnischen Wirkung betrachtet. Dabei wurde im Hinblick auf die Energieeinsparverordnung aufgezeigt, wie Fensteranschlüsse in Zusammenhang mit der Berücksichtigung von Wärmebrücken zukünftig in die Berechnung des Jahres-Heizenergiebedarfs eingehen. **Die Energieeinsparverordnung wird, laut Veröffentlichung im Bundesgesetzblatt vom 21. November 2001, am 1. Februar 2002 in Kraft treten.**

Wärmebrücken verursachen nicht nur Wärmeverluste sondern durch die erhöhten Wärmeströme kommt es auch zu einer Änderung der raumseitigen Oberflächentemperatur. Stellen sich dabei Temperaturen ein, die unter dem Taupunkt (rel. Luftfeuchte 100 %) der angrenzenden Luft liegen, kommt es zur Tauwasserbildung auf den Oberflächen. Die Gefahr der Schimmelpilzbildung ist nach heutigen Erkenntnissen jedoch infolge Kapillarkondensation bereits dann schon gegeben, wenn im oberflächennahen Bereich über einen längeren Zeitraum eine relative Luftfeuchte von 80 % vorherrscht und ein, für das Pilzwachstum geeigneter Nährboden vorhanden ist.

Diesem Kenntnisstand trägt die im Frühjahr 2001 neu erschienene DIN 4108-2 Rechnung, in der erstmalig auch für den Bereich der Wärmebrücken ein Mindestwärmeschutz (s. Bild 1) gefordert wird. Nachfolgend werden die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, die sowohl für den Neubau, wie auch für Modernisierungsmaßnahmen (z.B. Fenstererneuerung) im Gebäudebestand gelten, erläutert. Der Bereich der Fenstererneuerung wird dabei nur angeschnitten, da in Teil 3 dieser Veröffentlichungsreihe diese Thematik als Schwerpunkt behandelt wird.

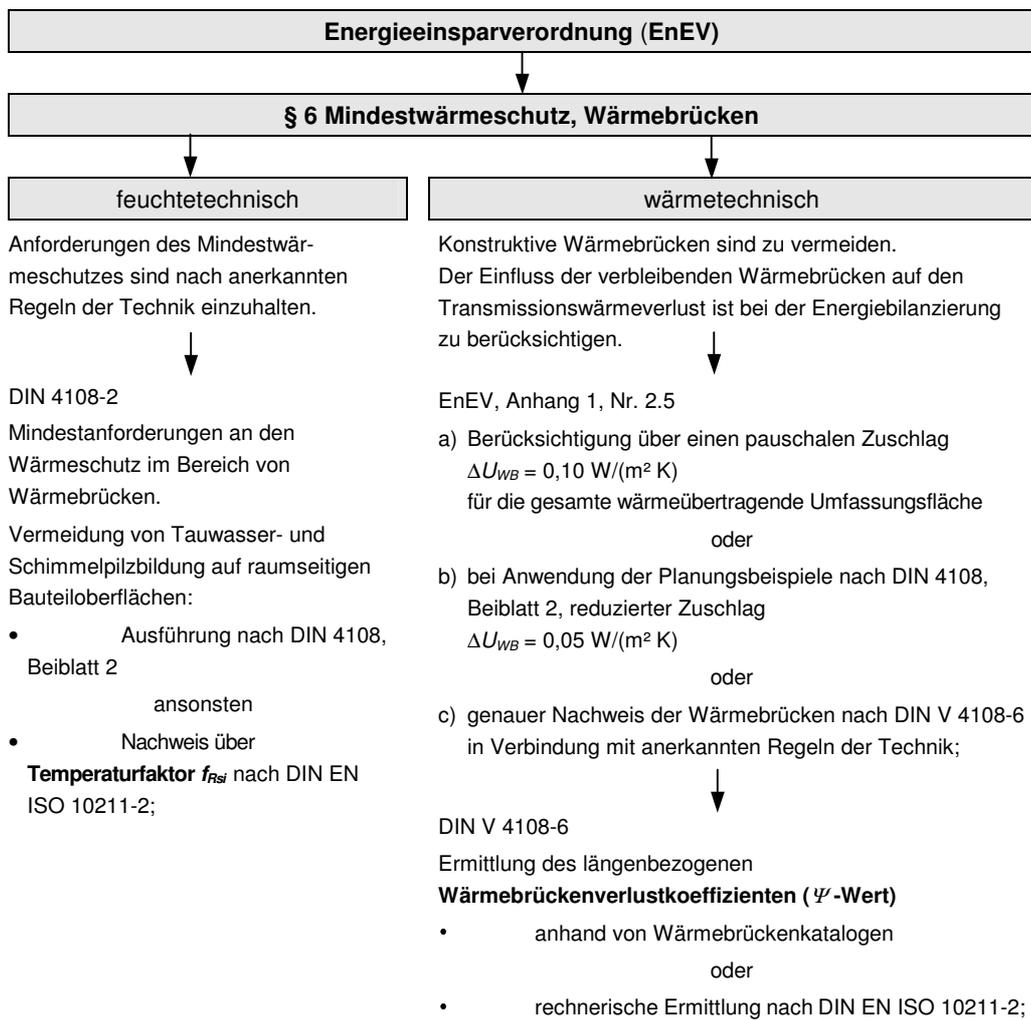


Bild 1: Berücksichtigung von Wärmebrücken nach EnEV

2 2 Anforderungen an den Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken

Fensteranschlüsse sind in vielen Fällen wärmeschutztechnische Schwachstellen in der Gebäudehülle und daher als Wärmebrücken zu betrachten. Zur Beurteilung eines Fensteranschlusses an den Baukörper hinsichtlich der Tauwasserbildung wurde bisher die Temperaturverteilung unter zu Hilfenahme von entsprechenden EDV-Programmen berechnet und anhand des Verlaufes der 10° C-Isotherme bewertet.

Die Praxis hat gezeigt, dass die Beurteilung auf Tauwasserfreiheit anhand der 10 °C-Isotherme nicht ausreichend ist, um Schäden in Form von

Schimmelpilzbildung im Anschlussbereich zu vermeiden. Mit der Neufassung der DIN 4108-2 wurden deshalb für den Bereich von Wärmebrücken folgende Mindestanforderungen an den Wärmeschutz gestellt:

- a) Ecken von Außenbauteilen, die den in DIN 4108-2 aufgeführten Mindestwärmeschutz erfüllen, bedürfen keines weiteren Nachweises (z. B. Außenwände mit einem Wärmedurchlasswiderstand $R \geq 1,2 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$).
- b) Erfolgt die Planung und Ausführung nach den Beispielen des Beiblattes 2 zur DIN 4108, ist ein weiterer Nachweis ebenfalls nicht erforderlich. Hierzu ist anzumerken, dass das Beiblatt 2 praktisch keine Planungsbeispiele für Fensteranschlüsse enthält, die auf die Fenstererneuerung im Altbau übertragbar wären, so dass hierfür der Fall c) zum tragen kommt.
- c) Für alle davon abweichenden Konstruktionen muss der Mindestwärmeschutz nachgewiesen werden.

Zum Nachweis des Mindestwärmeschutzes im Bereich von Wärmebrücken (Fall c) wurde als neue Kenngröße der Temperaturfaktor $f_{R_{si}}$ eingeführt. Die Einhaltung des Temperaturfaktors soll dabei das Risiko der Schimmelpilzbildung, bei ausreichender Beheizung und Lüftung sowie unter Zugrundelegung einer üblichen Nutzung, verringern. Er beschreibt in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Randbedingungen die Mindestoberflächentemperatur im Bereich der Wärmebrücke, also auch im Bereich des Fensteranschlusses. Der Indize R_{si} steht für den raumseitigen Wärmeübergangswiderstand. Wird dieser nach den Vorgaben der DIN 4108-2 mit $R_{si} = 0,25 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ angenommen, kann der Temperaturfaktor in der Form $f_{0,25}$ geschrieben werden.

Nach DIN 4108-2 sind im Regelfall folgende Randbedingungen für die Berechnung des Temperaturfaktors $f_{R_{si}}$ im Fensteranschlussbereich zum Baukörper anzunehmen:

Innenlufttemperatur	θ_i	= 20 °C
Außenlufttemperatur	θ_e	= -5 °C
Wärmeübergangswiderstand, innen im Bereich der Außenwand	R_{si}	= 0,25 (m ² · K) / W
Wärmeübergangswiderstand, innen im Bereich des Fensters (nach DIN EN ISO 13788)	R_{si}	= 0,13 (m ² · K) / W
Wärmeübergangswiderstand, außen	R_{se}	= 0,04 (m ² · K) / W

Bei besonderen, objektspezifischen Gegebenheiten (z. B. bei Klimatisierung) sind die tatsächlich zu erwartenden Randbedingungen anzusetzen.

Der Temperaturfaktor muss an der ungünstigsten Stelle im Wandbereich die Bedingung $f_{Rsi, \min} \geq 0,70$ erfüllen.

Der Bereich des Fensters wurde aber ausdrücklich von dieser Betrachtung ausgenommen. Hierfür gilt DIN EN ISO 13788 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren), auf die in diesem Zusammenhang aber nicht näher eingegangen werden muss.

Die Berechnung des Temperaturfaktors erfolgt nach DIN EN ISO 10211-2 nach folgender Gleichung:

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

Dabei ist:

θ_{si} = die raumseitige Oberflächentemperatur

θ_i = die Innenlufttemperatur

θ_e = die Außenlufttemperatur

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} beschreibt also das Verhältnis der Temperaturdifferenz zwischen raumseitiger Oberflächentemperatur und Außenlufttemperatur zur Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenlufttemperatur. Im Idealfall, der aber praktisch nicht vorkommt, wäre der Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 1,0$, d.h., die raumseitige Oberflächentemperatur wäre gleich der Innenlufttemperatur.

Setzt man die Temperaturen gemäß den Randbedingungen in obige Gleichung ein und berücksichtigt man die Bedingung $f_{Rsi} \geq 0,70$, ergibt sich eine raumseitige Mindestoberflächentemperatur an der ungünstigsten Stelle von $\theta_{si} \geq 12,6$ °C. Die Bestimmung der niedrigsten Oberflächentemperatur θ_{si} im Wandbereich, die für die Berechnung des Temperaturfaktors f_{Rsi} erforderlich ist, kann mit Hilfe von Isothermen-Berechnungsprogrammen vorgenommen werden. In Bild 2 ist die Vorgehensweise an einem Beispiel dargestellt.

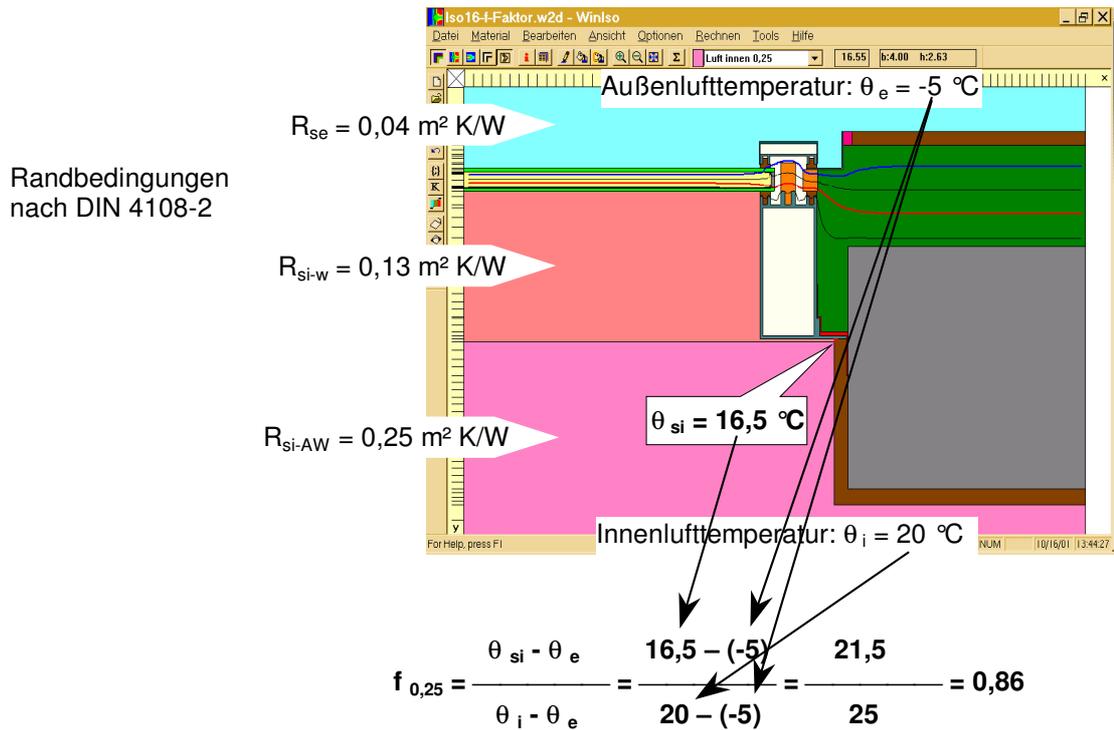
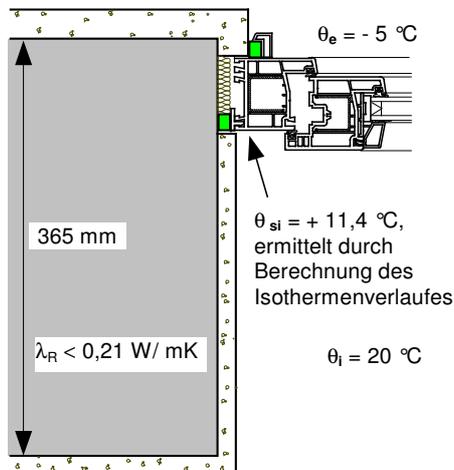


Bild 2 Vorgehensweise bei der Ermittlung des Temperaturfaktors f_{Rsi}

Bild 3 zeigt an einem Anschlussbeispiel mit monolithischer Außenwand den Einfluss der Einbaulage (Fälle a) und b)) auf den Temperaturfaktor f_{Rsi} . Im Fall a) kann der Nachweis des Mindestwärmeschutzes aufgrund der ungünstigen Einbaulage nicht geführt werden. Im Fall b) wurde als eine mögliche Maßnahme die zunächst geplante, nahezu außenbündige Einbaulage des Fensters dahingehend verändert, dass das Fenster in etwa in der Mitte der Leibung angeordnet wird. Bei dieser Einbausituation wird der Mindestwärmeschutz erfüllt. Da dieser Fall dem Beiblatt 2 zur DIN 4108 entspricht, hätte der Nachweis nicht mehr gesondert erbracht werden müssen. Das Beispiel soll hier nur zur Verdeutlichung dienen.

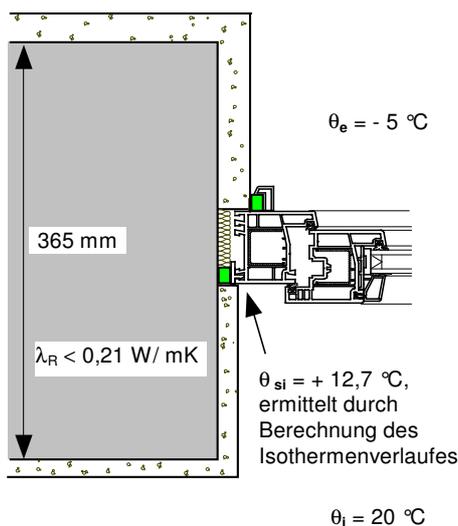
a) Temperaturfaktor $f_{0,25}$ bei Anordnung des Fensters im äußeren Drittel der Außenwand:



$$f_{0,25} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{11,4 - (-5)}{20 - (-5)} = 0,65$$

$f_{0,25} < f_{min} \rightarrow$ **Forderung nicht erfüllt !**

b) Temperaturfaktor $f_{0,25}$ bei mittiger Anordnung des Fensters in der Außenwand:



$$f_{0,25} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{12,7 - (-5)}{20 - (-5)} = 0,71$$

$f_{0,25} > f_{min} \rightarrow$ **Forderung ist erfüllt**

Bild 3 Überprüfung der Einhaltung des Mindestwärmeschutzes im Baukörperanschlussbereich mit Hilfe des Temperaturfaktors $f_{0,25}$

3 Auswirkungen für den Neu- und Altbau

Mit Einführung der Energieeinsparverordnung am 1. Februar 2002 wird die energetische Beurteilung von Wärmebrücken, also auch des Wandanschlusses von Fenstern verbindlich vorgeschrieben. Es handelt sich hierbei um eine Planungsaufgabe, wobei auch der Ausführende gut daran tut,

sich den neuen Anforderungen rechtzeitig zu stellen, um die Vorgaben bei der Umsetzung fachgerecht realisieren zu können und gegebenenfalls auch, um als qualifizierter Berater dem Auftraggeber unterstützend zur Seite zu stehen, nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt, sich damit gegenüber dem Wettbewerb abzuheben.

Bei der Fenstererneuerung ergibt sich zudem häufig die Situation, dass eine planende Stelle in die Maßnahme nicht eingebunden ist und der Ausführende dann auch Planungsleistung übernimmt.

Die bislang durchgeführten Untersuchungen im **ift** zeigen, dass unter den derzeit anzusetzenden Randbedingungen für die durchzuführenden Berechnungen, die Einhaltung der Mindestanforderungen im Neubaubereich bei der Ausführung des Wandanschlusses im Regelfall nicht zwangsläufig umfangreichere Maßnahmen als bisher erfordert.

Für die Fenstererneuerung im Gebäudebestand ist allerdings festzustellen, dass durch den im allgemeinen geringeren Wärmeschutzstandard, insbesondere bei monolithischen Außenwänden und bei nicht durchgängigen Dämmebenen mehrschichtiger Außenwände, zusätzliche Maßnahmen zu treffen sind, um das Risiko der Schimmelpilzbildung zu verringern.

Als Minimallösung kommen hier im wesentlichen Dämm-Maßnahmen im Leibungsbereich in Frage.

Als Ideallösung, im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise, ist eine wärmeschutztechnische Verbesserung der gesamten Gebäudehülle zu sehen (Hinweis: Anforderungen in der EnEV für Modernisierungsmaßnahmen, z. B. Anforderungen bei Erneuerung des Fassadenputzes).

Im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, Berlin, führt das **ift** derzeit ein Forschungsprojekt durch mit dem Ziel – „Vermeidung von Schimmelpilzbefall, Planungsinstrumente zur Vermeidung von Schimmelpilzbefall bei der Modernisierung und Instandsetzung“.

Hierbei wird ein Wärmebrückenkatalog speziell für Wandanschlüsse von Fenstern erstellt, wobei für unterschiedliche Anschlusssituationen in Abhängigkeit

- der Außenwandsituation
- der möglichen Rahmenwerkstoffe von Fenstern
- und der Einbaulage

die Temperaturfaktoren f_{Rsi} ermittelt werden. Sofern mit einer „üblichen“ Anschlussausbildung die Mindestanforderungen nicht zu erfüllen sind, sollen

weiterhin Vorschläge für mögliche flankierende Maßnahmen erarbeitet werden.

3 4 Beispiel aus dem Wärmebrückenkatalog

Nachfolgendes Beispiel zeigt den grundsätzlichen Aufbau des o.g. Wärmebrückenkataloges. Die Darstellung von Anschlusssituationen in Verbindung mit Tabellen, die eine Variation der Parameter ermöglichen, erlauben eine Bestimmung des Temperaturfaktors f_{Rsi} über einen größeren Einsatzbereich hinweg.

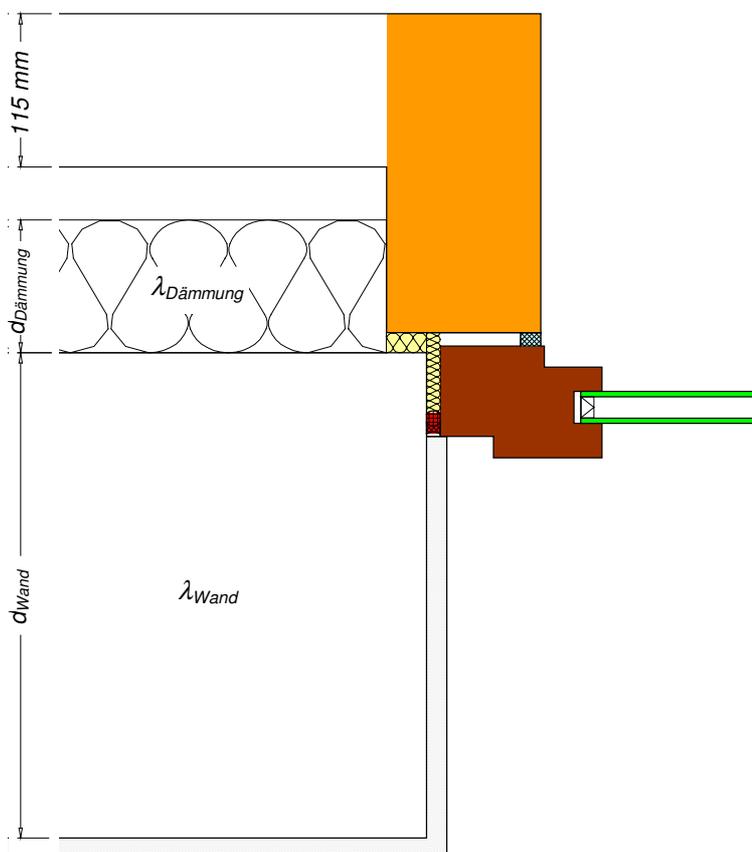


Bild 4 Seitlicher Baukörperanschluss eines Fensters an ein zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung und Hinterlüftung, mit Innenanschlag, Einbaulage in Tragschale

Tabelle 1 Temperaturfaktoren $f_{0,25}$ für den seitlichen Baukörperanschluss eines Holzfensters IV 68 (Weichholz) an ein zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung und Hinterlüftung, mit Innenanschlag, Einbaulage in Tragschale.

Dicke in mm	Dämmstoff	60		120	
Mauerwerk	λ_R in W/(mK)	0,030	0,040	0,030	0,040
175	0,39	0,81	0,80	0,83	0,82
	0,81	0,82	0,81	0,84	0,83
300	0,39	0,79	0,78	0,82	0,80
	0,81	0,81	0,80	0,84	0,83
365	0,39	0,79	0,78	0,81	0,80
	0,81	0,81	0,79	0,84	0,82

Tabelle 2 Temperaturfaktoren $f_{0,25}$ für den seitlichen Baukörperanschluss eines Holzfensters IV 68 (Hartholz) an ein zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung und Hinterlüftung, mit Innenanschlag, Einbaulage in Tragschale

Dicke in mm	Dämmstoff	60		120	
Mauerwerk	λ_R in W/(mK)	0,030	0,040	0,030	0,040
175	0,39	0,79	0,78	0,81	0,80
	0,81	0,81	0,80	0,83	0,82
300	0,39	0,78	0,77	0,80	0,79
	0,81	0,80	0,78	0,82	0,81
365	0,39	0,77	0,76	0,79	0,78
	0,81	0,80	0,78	0,82	0,81

Tabelle 3 Temperaturfaktoren $f_{0,25}$ für den seitlichen Baukörperanschluss eines Kunststoff-Fensters (3-Kammer-System) an ein zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung und Hinterlüftung, mit Innenanschlag, Einbaulage in Tragschale

Dicke in mm	Dämmstoff	60		120	
Mauerwerk	λ_R in W/(mK)	0,030	0,040	0,030	0,040
175	0,39	0,79	0,78	0,80	0,80
	0,81	0,80	0,79	0,82	0,81
300	0,39	0,77	0,76	0,79	0,78
	0,81	0,79	0,78	0,82	0,81
365	0,39	0,77	0,75	0,79	0,78
	0,81	0,79	0,77	0,81	0,80

Tabelle 4 Temperaturfaktoren $f_{0,25}$ für den seitlichen Baukörperanschluss eines wärme gedämmten Aluminium-Verbundprofils an ein zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung und Hinterlüftung, mit Innenanschlag, Einbaulage in Tragschale

Dicke in mm	Dämmstoff λ_R in W/(mK)	60		120	
		0,030	0,040	0,030	0,040
175	0,39	0,76	0,75	0,76	0,76
	0,81	0,77	0,76	0,78	0,77
300	0,39	0,75	0,75	0,76	0,76
	0,81	0,76	0,76	0,77	0,77
365	0,39	0,75	0,74	0,76	0,75
	0,81	0,76	0,75	0,77	0,77

4 Fazit

Die Zukunft wird nicht einfacher!

Bereits im Rahmen der technischen Grundlagenarbeiten für die Einführung der RAL-Gütesicherung Montage Ende der 80er Jahre wurde die Planung des Wandanschlusses im Vorfeld der Ausführung als eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine fachgerechte und qualitativ hochwertige Leistung erkannt und deshalb auch als Anforderung hinsichtlich einer zu erstellenden Werkplanung in die RAL-Gütesicherung Montage aufgenommen.

Mit Einführung der EnEV werden eine detaillierte Planung sowie eine konsequente Umsetzung bei der Ausführung im Neubau- wie auch im Altbaubereich unerlässlich, um die vom Gesetzgeber verordneten Ziele zur Energieeinsparung zu erreichen.

4 Literaturhinweise

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)
- [2] DIN 4108-2 : 2001-03, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; Beuth-Verlag GmbH, Berlin.

- [3] DIN 4108 Beiblatt 2 : 1998-08, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Wärmebrücken - Planungs- und Ausführungsbeispiele; Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- [4] DIN V 4108-3 : 2001-07, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung; Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- [5] DIN V 4108-4 : 1998-10, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte; Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- [6] DIN V 4108-6 : 2000-11, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs; Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- [7] DIN 4108-7 : 2001-08, Wärmeschutz im Hochbau, Teil 7: Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele; Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- [8] DIN EN ISO 10211-02 : 2001-3, Wärmeströme und Oberflächentemperaturen, Teil 2: Berechnungsverfahren für linienförmige Wärmebrücken; Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- [9] DIN EN ISO 13788 : 2001-11, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren- Berechnungsverfahren; Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- [10] Planungsinstrumente zur Vermeidung von Schimmelpilzbefall bei der Modernisierung und Instandsetzung; Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, Berlin, 2001
- [11] Leitfaden zur Montage, Der Einbau von Fenstern und Fassaden mit Qualitätskontrolle durch das RAL-Gütezeichen, RAL-Gütegemeinschaften Fenster und Haustüren, Frankfurt am Main, 2000.
- [12] Technische Richtlinie des Glaserhandwerks/ Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks, Nr. 20. Einbau von Fenstern und Fenstertüren mit Anwendungsbeispielen, Verlagsanstalt Handwerk GmbH, Düsseldorf, 1998.