

Prüfbericht Nr. 5245-06-2004

**Nachweis der Beiblatt 2 - Gleichwertigkeit
einer Rolladen-Einbausituation**

für eine entsprechende Wärmebrückenbewertung
gemäß EnEV, Anhang 1 Nr. 2.5, Absatz b)

Antragsteller	EXTE Extrudertechnik GmbH Wasserfuhr 4 51688 Wipperfürth
Produkt	Rolladenkasten Expert RK 220 x 220 eingebaut in zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung gemäß Beiblatt 2 zu DIN 4108

Ergebnisse der Finiten Elemente Berechnung
zur Bestimmung der außenmaßbezogenen
Psi-Werte ψ und der entsprechenden
Temperaturfaktoren f gemäß **DIN EN ISO 10211-1**
unter Berücksichtigung der Vorgaben aus
DIN 4108-2 und **DIN EN ISO 13788**

Prüfbericht
mit insgesamt 14 Seiten



marcus hermes, dipl.-ing.(fh bauphysik) 09/08/2004

Allgemeine Grundlagen

Im Rahmen der EnEV ist die Optimierung von Wärmebrücken ein zentrales Thema. Häufigst gewählte Methode der Planer zur Bestimmung der Energieverluste über Wärmebrücken ist die Berechnung mit dem Pauschalfaktor von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die Wärmebrücken genau den Vorgaben aus Beiblatt 2 zu DIN 4108 entsprechen. Wahlweise können selbstverständlich auch alternative Wärmebrücken-Details verwendet werden. Allerdings nur, wenn eine wärmedämmtechnische Gleichwertigkeit zu den „Beiblatt 2“- Wärmebrücken nachgewiesen wird.

Auch die Wärmeverluste eines eingebauten Rolladenkastens zählen nach der EnEV zu den Wärmebrücken. Dadurch wird der Rolladenkasten nicht „abgewertet“, sondern vielmehr dessen Wärmeverluste im eingebauten Zustand auf das Konto der Wärmebrücken „verbucht“. Durch insgesamt drei Rolladen-Ausführungsdetails gibt das Beiblatt 2 das entsprechende wärmedämmtechnische EnEV-Niveau vor. Es ist jeweils das passendste Ausführungsdetail als Vergleichsbasis heranzuziehen.

Wichtig: Im Rahmen der EnEV-Nachweisführung entfallen die früher bekannten U-Werte für Einzel-Rolladenkästen. Diese haben so ihre Bedeutung verloren und werden deshalb nicht mehr benötigt.

Zwei Kennwerte sind maßgebend

Für den Nachweis der Gleichwertigkeit sind insgesamt zwei wärmedämmtechnische Kennwerte von zentraler Bedeutung: der ψ -Wert und der Temperaturfaktor f_{Rsi} .

Psi-Wert ψ

Der ψ -Wert ist der längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient für ein Ausführungsdetail, das aus einer Vielzahl von Bauteilen bestehen kann. Der ψ -Wert wird dabei auf die Länge des Ausführungsdetails bezogen und deshalb häufig auch als „Linearer U-Wert“ bezeichnet. Je kleiner der Zahlenwert, desto niedriger die Wärmeverluste über den jeweiligen Wärmebrückenweg. Die Einheit ist [W/(mK)].

Temperaturfaktor f_{Rsi}

Beim Temperaturfaktor handelt es sich um einen einfachen Vergleich von Temperaturdifferenzen. Der Wert von $f = 0,70$ ist gleichzeitig der niedrigste zulässige Wert auf der Innenseite eines Bauanschlussdetails, um Schimmelpilzwachstum unter Normbedingungen zu verhindern. Er bedeutet anschaulich, dass die ungünstigste Temperaturdifferenz mindestens 70 % der Gesamt-Temperaturdifferenz betragen muss. Der Temperaturfaktor $f = 0,70$ ist somit gleichbedeutend mit einer niedrigsten inneren Oberflächentemperatur von $\theta_{si} = 12,6 \text{ °C}$ unter Normbedingungen ($\theta_e = -5 \text{ °C}$ / $\theta_i = +20 \text{ °C}$). Der Temperaturfaktor f_{Rsi} wird an insgesamt 3 Stellen unter Einfluß der jeweiligen R_{si} -Werte überprüft.

Vorgehensweise der Nachweisführung im Rahmen dieser Untersuchung

Zunächst wird das am Bau geplante „reale“ Einbaudetail (Alternativdetail) mit dem „wirklichen“ Rolladenkasten betrachtet. Daraus ergibt sich die Zuordnung zu einem der Beiblatt 2-Details.

Danach wird das Beiblatt 2-Detail selbst mit den entsprechenden, für einen Vergleich angepassten Randbedingungen mit Hilfe der zweidimensionalen Finite-Elemente-Simulation thermisch untersucht. Wichtigstes Ergebnis ist der ψ -Wert, der so die Vergleichsbasis für das Alternativdetail darstellt.

Jetzt erfolgt die Berechnung des Alternativdetails. Ergebnis dieser Simulation ist erneut ein ψ -Wert. Dieses Ergebnis wird dann mit der Vergleichsbasis des Beiblatt 2-Details verglichen.

In einer weiteren Simulation werden mit den für die Ermittlung von Oberflächentemperaturen relevanten Randbedingungen schließlich die Temperaturfaktoren ermittelt.

Die Gleichwertigkeit des Alternativdetails ist nachgewiesen, wenn dessen ψ -Wert nicht über der Vorgabe des Beiblatt 2-Details liegt, und die Temperaturfaktoren an den Stellen 1 bis 3 mindestens den Wert von 0,70 erreichen.

Einbausituation,

die auf Beiblatt 2-Gleichwertigkeit zu prüfen ist

(Alternativdetail zur Beiblatt 2-Vorgabe) :

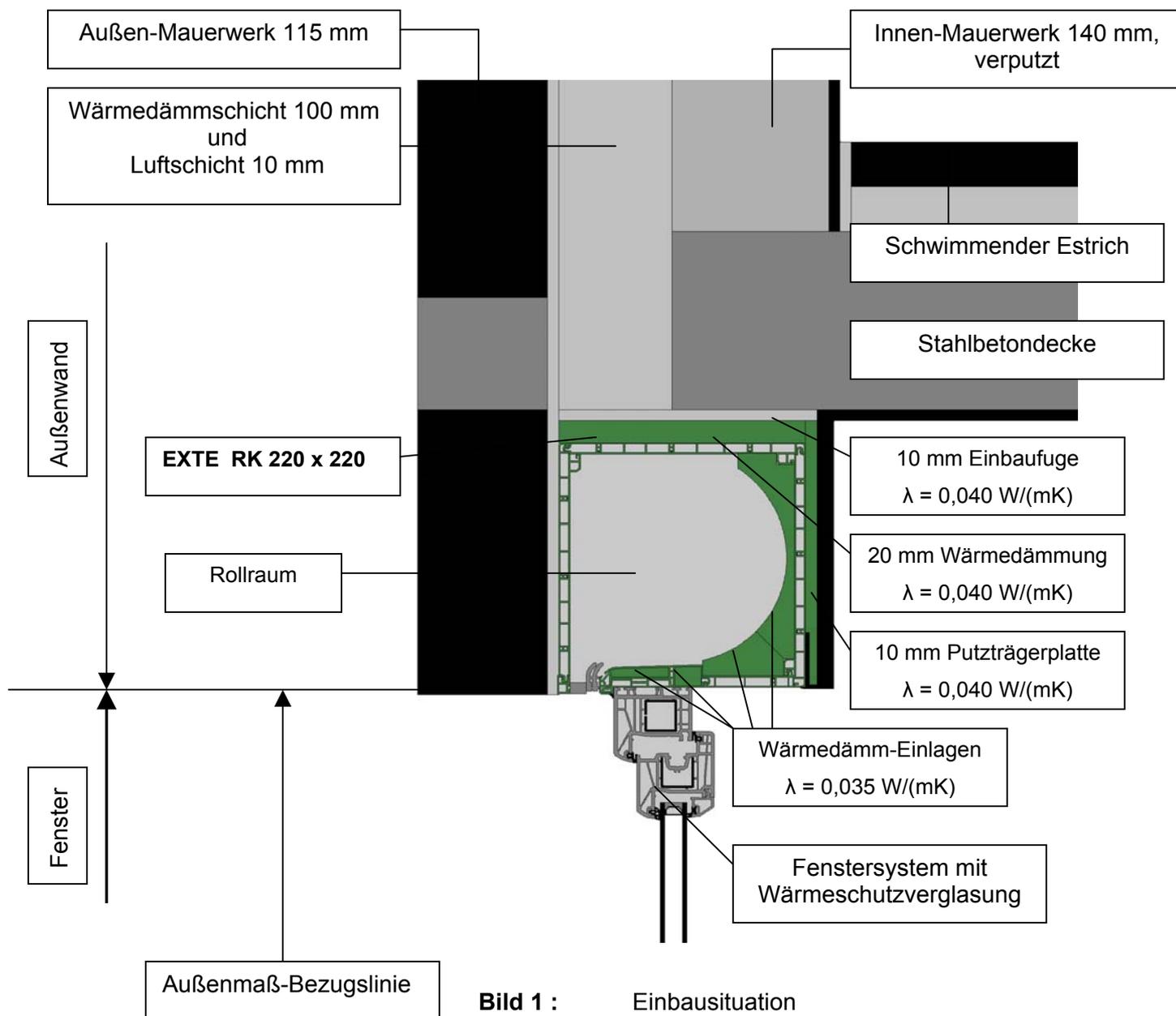


Bild 1 : Einbausituation
EXTE Expert RK 220 x 220 in
 zweischaligem Mauerwerk mit
 Kerndämmung

Hinweis:
 Materialbedingte Randbedingungen finden sich in der Übersicht im Anhang I des Prüfberichtes.

Entsprechendes Beiblatt 2 - Einbaudetail

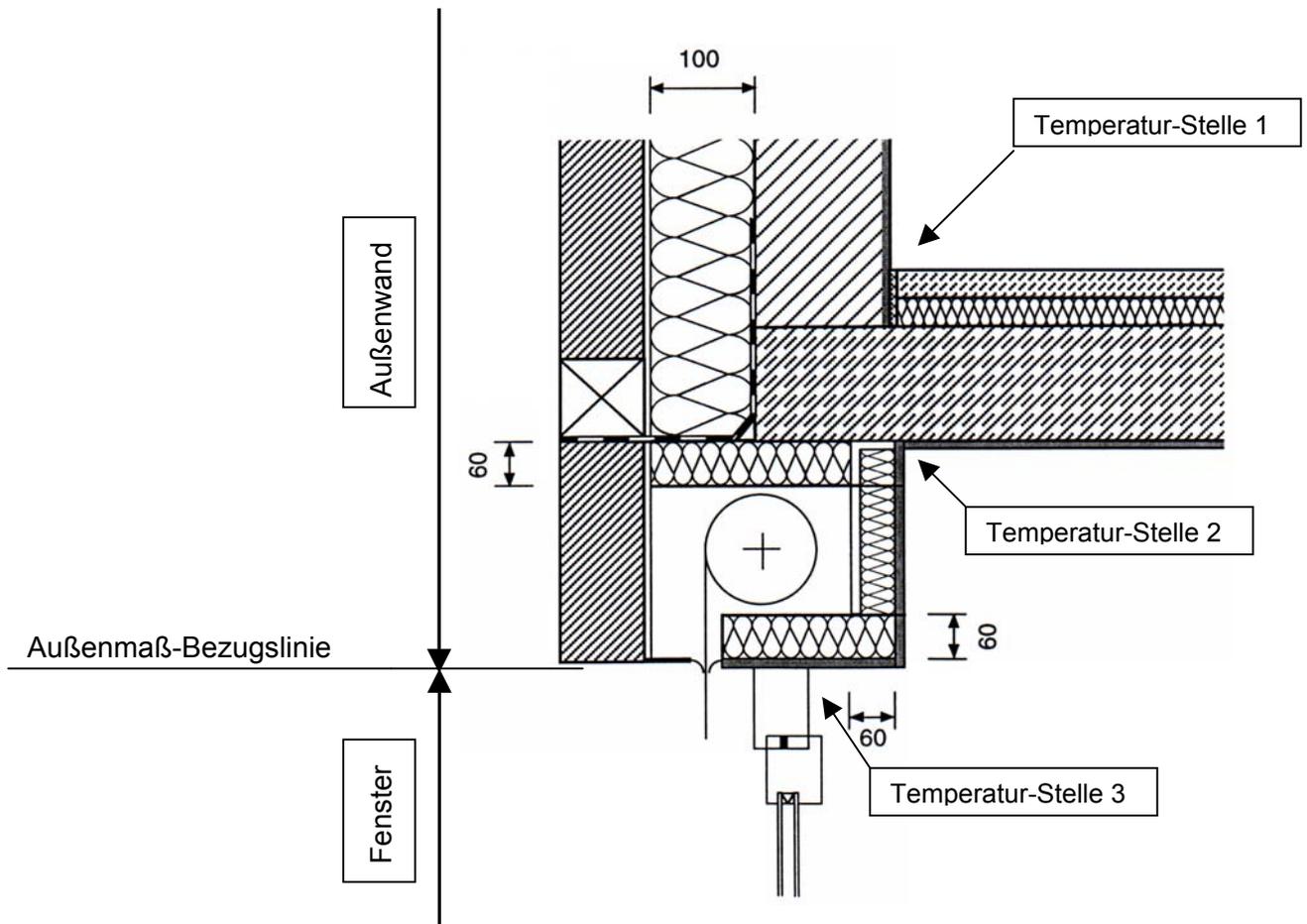
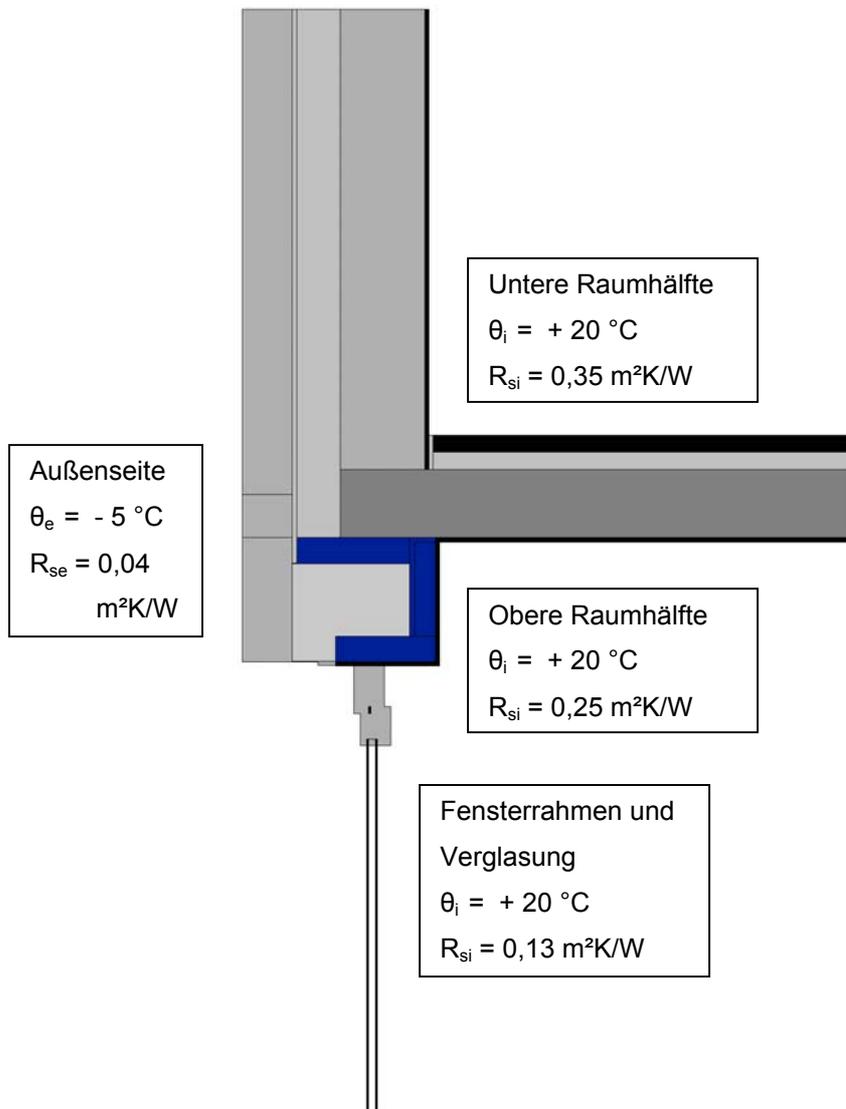


Bild 2 : Originaldarstellung
des Einbaudetails **B.32** aus
Beiblatt 2 zu DIN 4108 .

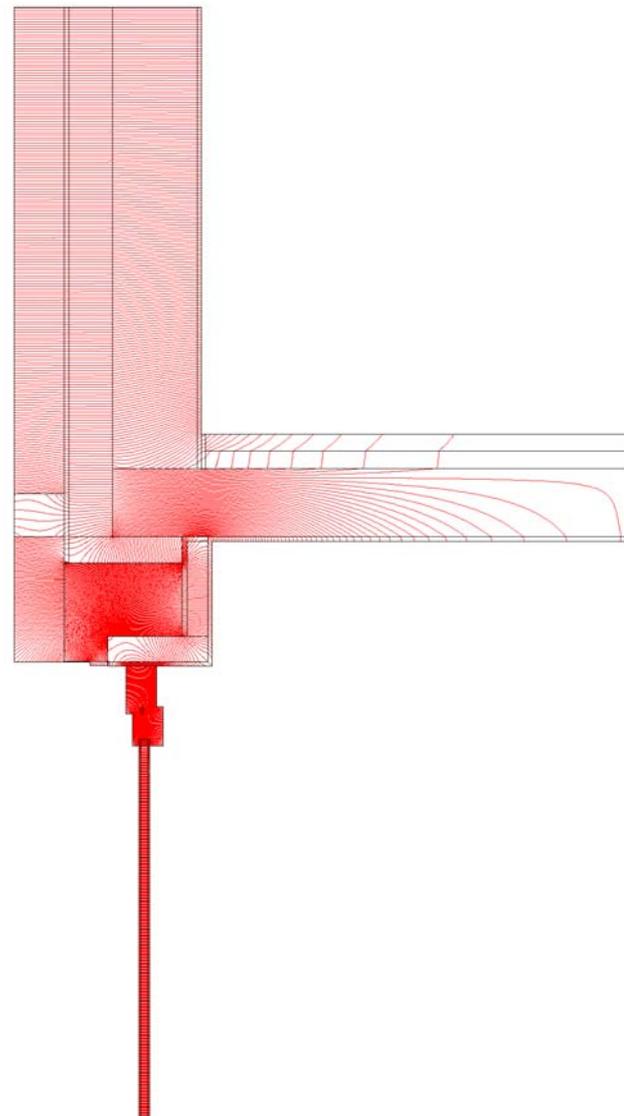
Dieses Detail bildet die Vergleichs-
Grundlage für eine Bewertung des
Alternativedetails aus Bild 1.

Zusätzlich: Lage der Außenmaß-
Bezugslinie, sowie Angabe der
Temperatur-Stellen 1 bis 3.

Randbedingungen und Ergebnisse I für B.32

**Bild 3 : Einbaudetail B.32****Aufbereitung von Bild 2**

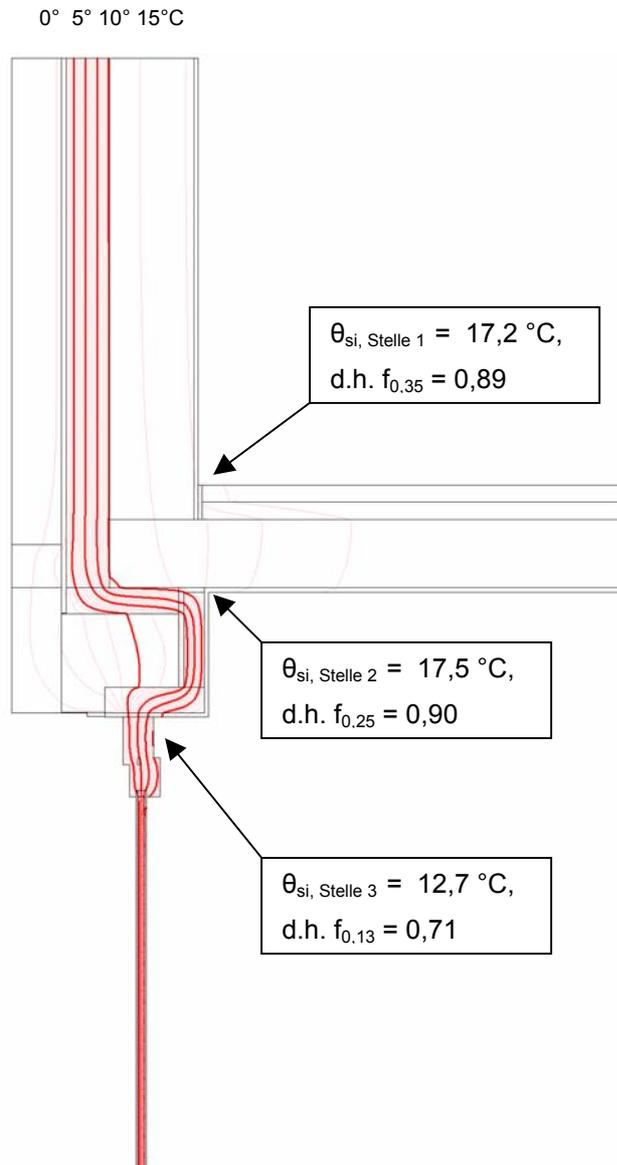
für die thermische Simulation mit Angabe der Umgebungs-Randbedingungen gemäß den o.g. Normen, wie sie in der EnEV gesetzlich verankert sind.

**Bild 4 : Einbaudetail B.32****Verlauf der Wärmestromlinien**

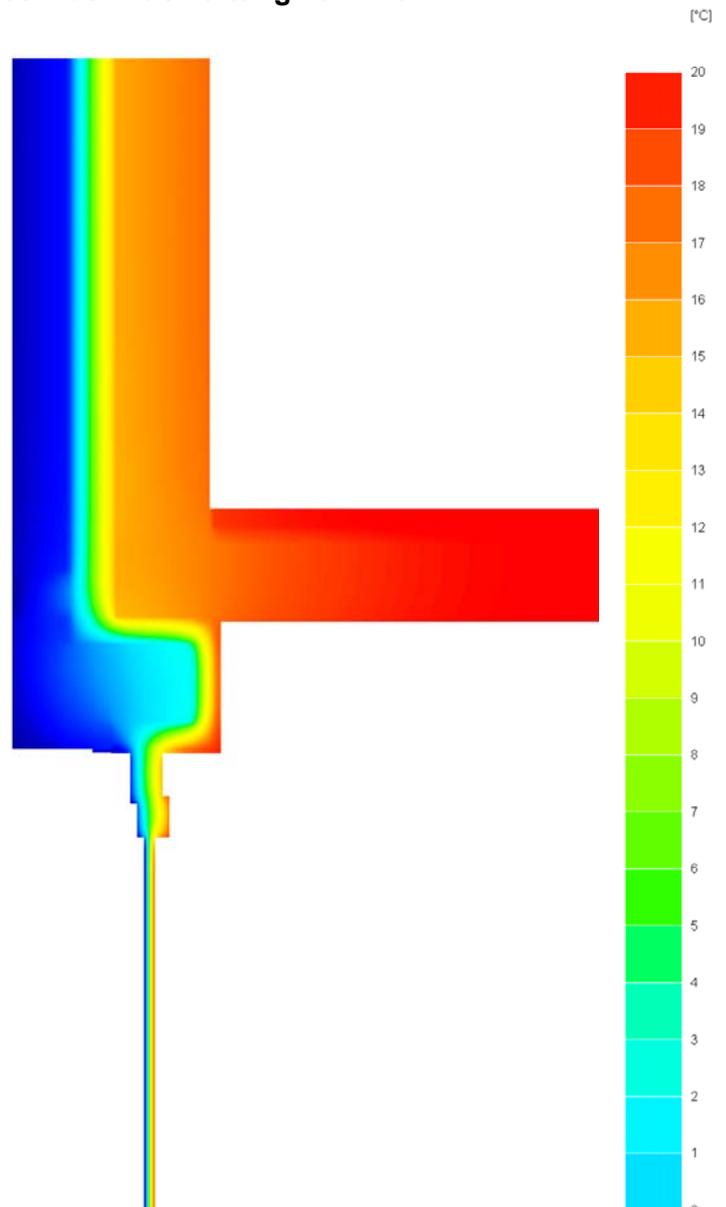
Diese verdeutlichen den Abfluß von Wärmeenergie durch das Baudetail. Ein erhöhter lokaler Wärmeverlust zeigt sich durch intensivere Rotfärbung in den entsprechenden Bereichen.

Hinweise: a) Die angegebenen R_{si} -Werte gelten nur bei der Berechnung der inneren Oberflächentemperaturen.
 b) Bei der Ermittlung der Wärmeströme nimmt R_{si} an allen inneren Stellen einen Wert von $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ an.
 c) Materialbedingte Randbedingungen finden sich in der Übersicht im Anhang I des Prüfberichtes.

Ergebnisse II der Auswertung für B.32

**Bild 5 : Einbaudetail B.32****Verlauf der Isothermen**

Die deutlich rot eingefärbten Linien verlaufen im Abstand von 5 Kelvin. Die übrigen Linien besitzen einen Abstand von 1 Kelvin.

**Bild 6 : Einbaudetail B.32****Farbiger Temperaturverlauf**

mit entsprechender Temperaturskala rechts

Zusammenfassung der Ergebnisse für B.32 und Definition der Vergleichsbasis

Eingabedaten		Ausgabedaten	
Geometrie Einbaudetail Bild 3		(Physikalische Einheiten: W / m für den Wärmestrom q W / (mK) für den thermischen Leitwert-Wert L^{2D})	
Höhe	$H_{\text{gesamt}} = 2,577 \text{ m}$ $H_{\text{Wand}} = 1,530 \text{ m}$ $H_{\text{Fenster}} = 1,047 \text{ m}$		
Breite	$b_{\text{gesamt}} = 1,407 \text{ m}$		
Anzahl der Knoten	66 475		$q_{\text{gesamt}} = 50,27$
Anzahl der Dreiecke	131 271		$L^{2D}_{\text{gesamt}} = 2,01$
			$L^{2D}_{\text{Wand}} = 0,49$
			$L^{2D}_{\text{Fenster}} = 1,34$

Rechenergebnisse	
(Physikalische Einheiten: W / (mK) für den Ψ -Wert)	
Psi-Wert	$\psi = 0,18$
Temperaturfaktoren (zur Information)	
	$f_{\text{Stelle 1}} = 0,92$
	$f_{\text{Stelle 2}} = 0,90$
	$f_{\text{Stelle 3}} = 0,71$

Zwischenergebnis

Der längenbezogene Wärmeverlustkoeffizient in
Höhe von

$$\psi = 0,18 \text{ W/(mK)}$$

bildet die wärmedämmtechnische Vergleichsbasis.
Er ist gleichzeitig die Obergrenze für den
 ψ – Wert des Alternativdetails.

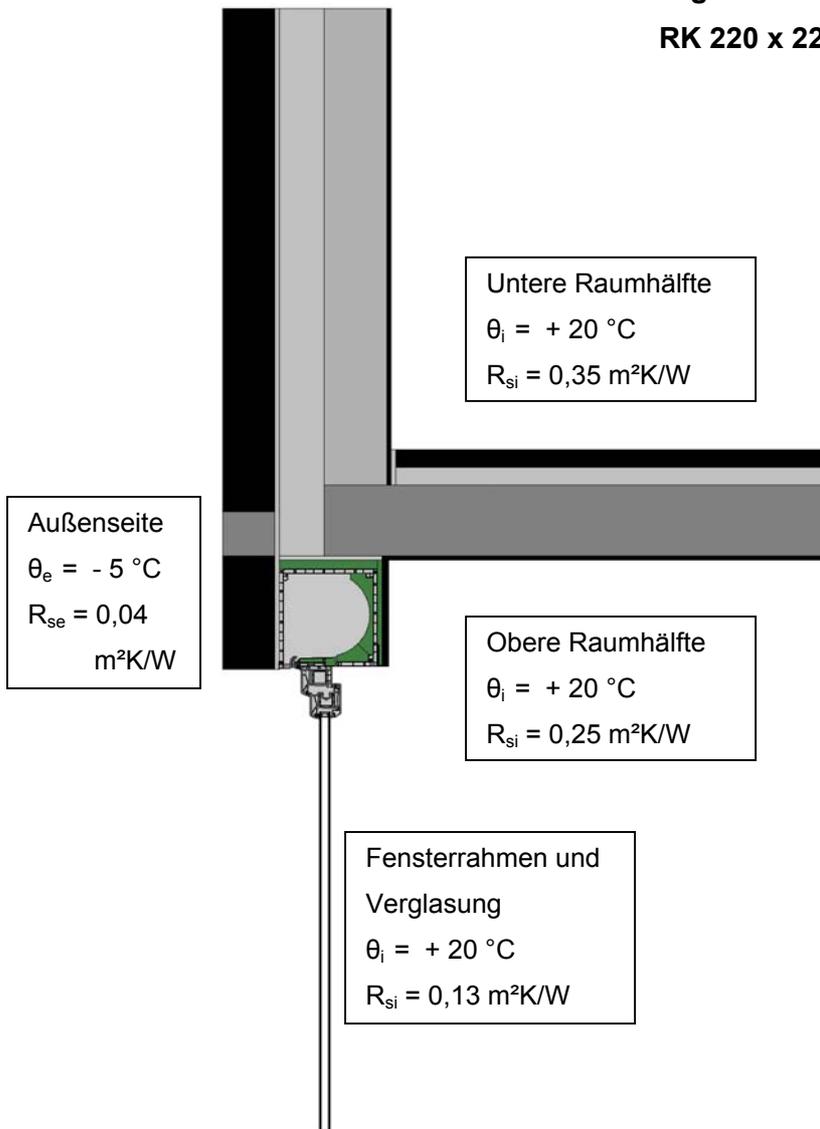
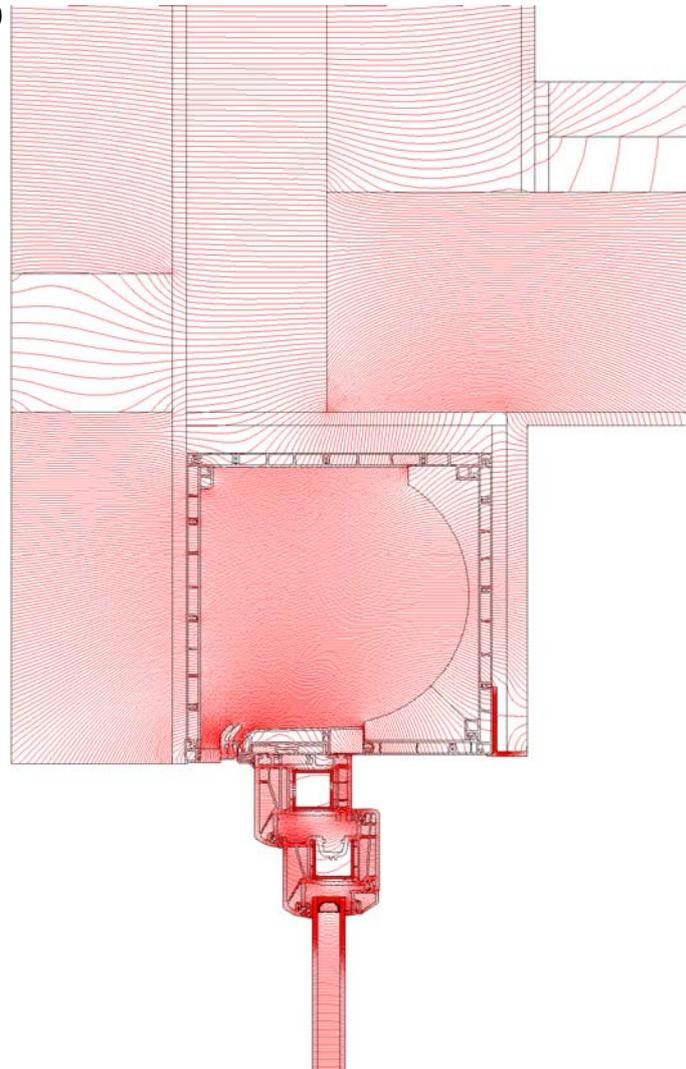
Ergebnisse I Alternativdetail mit EXTE Expert**RK 220 x 220**

Bild 7 : Einbaudetail mit
EXTE Expert RK 220 x 220
Aufbereitung von Bild 1

für die thermische Simulation
mit Angabe der Umgebungs-
Randbedingungen gemäß den o.g.
Normen, wie sie in der EnEV
gesetzlich verankert sind.

**Bild 8** : Einbaudetail

EXTE Expert RK 220 x 220 (Ausschnitt
zur besseren Sichtbarkeit des RK-
Bereiches)

Verlauf der Wärmestromlinien

Diese verdeutlichen den Abfluß von
Wärmeenergie durch das Baudetail.
Ein erhöhter lokaler Wärmeverlust zeigt
sich durch intensivere Rotfärbung in den
entsprechenden Bereichen.

Hinweise: a) Die angegebenen R_{si} -Werte gelten nur bei der Berechnung der inneren Oberflächentemperaturen.
b) Bei der Ermittlung der Wärmeströme nimmt R_{si} an allen inneren Stellen einen Wert von $R_{si} = 0,13\text{ m}^2\text{K/W}$ an.
c) Materialbedingte Randbedingungen finden sich in der Übersicht im Anhang I des Prüfberichtes.

Ergebnisse II Alternativdetail mit EXTE Expert RK 220 x 220

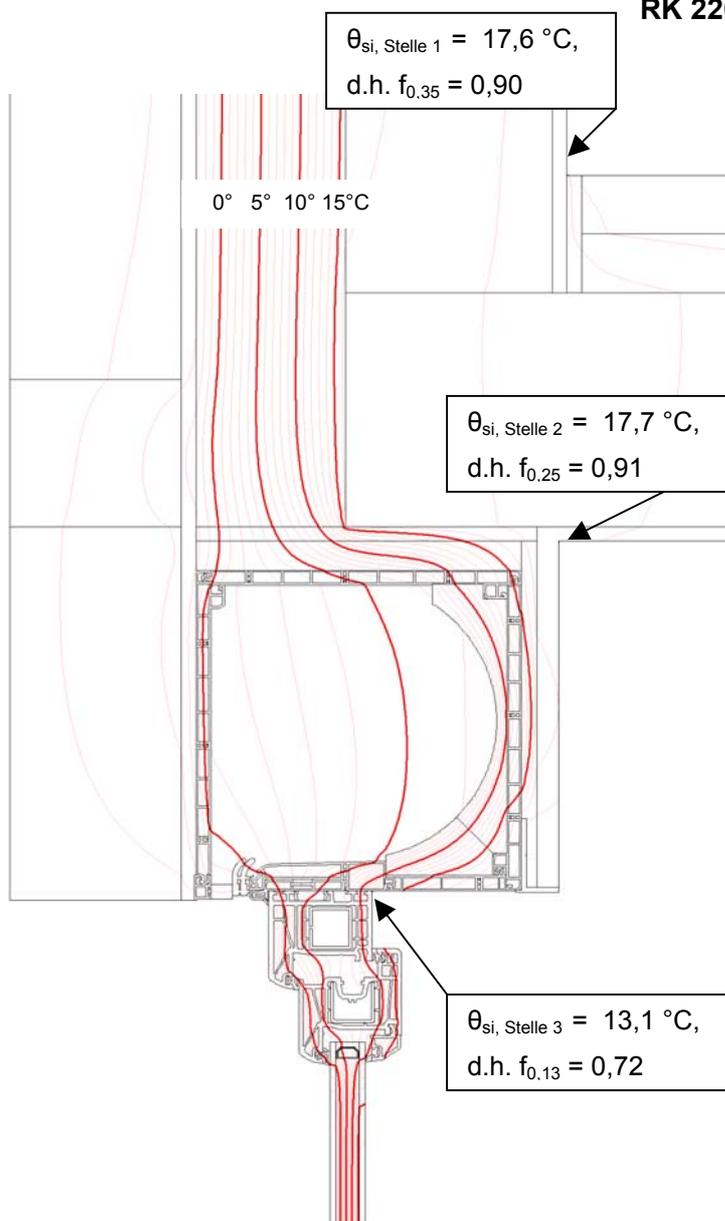


Bild 9 : Einbaudetail mit
EXTE Expert RK 220 x 220 (Ausschnitt
zur besseren Sichtbarkeit des RK-
Bereiches)

Verlauf der Isothermen

Die deutlich rot eingefärbten Linien
verlaufen im Abstand von 5 Kelvin.
Die übrigen Linien besitzen einen
Abstand von 1 Kelvin.

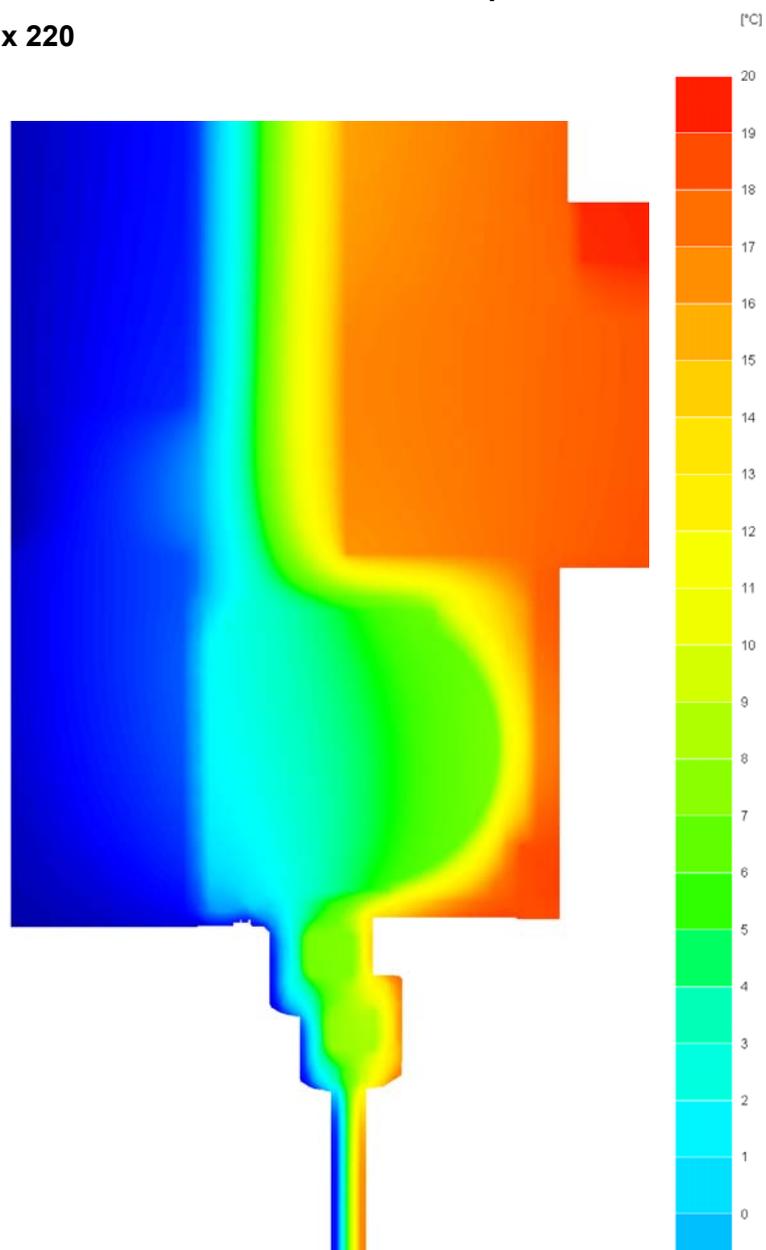


Bild 10 : Einbaudetail mit
EXTE Expert RK 220 x 220
(Ausschnitt zur besseren Sichtbarkeit
des RK-Bereiches)

Farbiger Temperaturverlauf

mit entsprechender
Temperaturskala rechts

**Zusammenfassung der Ergebnisse für
das Alternativdetail mit EXTE Expert RK 220 x 220**

Eingabedaten	Ausgabedaten	Rechenergebnisse
Geometrie Einbaudetail Bild 7	(Physikalische Einheiten: W / m für den Wärmestrom q W / (mK) für den thermischen Leitwert-Wert L^{2D})	(Physikalische Einheiten: W / (mK) für den Ψ -Wert)
Höhe	$H_{\text{gesamt}} = 2,550 \text{ m}$ $H_{\text{Wand}} = 1,491 \text{ m}$ $H_{\text{Fenster}} = 1,059 \text{ m}$	Psi-Wert
Breite	$b_{\text{gesamt}} = 1,419 \text{ m}$	$\psi = 0,14$
Anzahl der Knoten	$q_{\text{gesamt}} = 47,96$ $L^{2D}_{\text{gesamt}} = 1,918$ $L^{2D}_{\text{Wand}} = 0,477$ $L^{2D}_{\text{Fenster}} = 1,300$	Temperaturfaktoren
Anzahl der Dreiecke		$f_{\text{Stelle 1}} = 0,90$ $f_{\text{Stelle 2}} = 0,91$ $f_{\text{Stelle 3}} = 0,72$

Untersuchungsergebnis

Der längenbezogene Wärmebrücken-Verlustkoeffizient in Höhe von $\psi = 0,14 \text{ W/(mK)}$ des Alternativdetails liegt unterhalb der wärmedämmtechnischen Vergleichsbasis mit $\psi = 0,18 \text{ W/(mK)}$ der Beiblatt 2-Vorgabe. Das Alternativdetail weist so einen um 22 % geringeren Wärmeverlust auf. Außerdem befinden sich die Temperaturfaktoren f_{Rsi} an allen Stellen 1 bis 3 über dem Wert von 0,70.

Das Alternativdetail mit dem eingebauten Rolladenkasten Expert RK 220 x 220 der Firma EXTE ist deshalb ein Beiblatt 2-gleichwertiges Einbaudetail.

Es kann so im pauschalen Wärmebrückennachweis gemäß EnEV mit $\Delta U_{\text{WB}} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ alternativ zur Beiblatt 2 -Vorgabe verwendet werden.

Ende der Ergebnisdarstellung.

Anhang I Übersicht der Materialdaten

Bezeichnung	B.32			Alternativdetail mit EXTE Expert RK 220 x 220		
	U-Wert in [W/(m²K)]	Wärmeleit- fähigkeit λ in [W/(mK)]	Dicke in [m]	U-Wert in [W/(m²K)]	Wärmeleit- fähigkeit λ in [W/(mK)]	Dicke in [m]
Außenwand U_{wall} a)	0,32			0,32		
hierzu: Klinkermauerwerk		1,10	0,115		1,10	0,115
Luftschicht		0,13	0,010		0,13	0,010
Wärmedämmung		0,040	0,100		0,040	0,100
Mauerwerk		0,79	0,195		0,56	0,140
Innenputz		0,35	0,010		0,35	0,010
Fenster U_w a), b), e)	1,2			1,2		
hierzu: Rahmen	1,4			1,4		
Verglasung	1,1			1,1		
Rolladenkasten Wärmedämmung		0,040	c)		0,035	sichelförmig
Span-/Leichtbauplatte		0,13	c)		-	-
PVC des Kasten-Korpus		-	-		0,17	c)
luftgefüllte Kammern		-	-		e)	c)
Wärmedämm-Einlage im Abrollprofil oberhalb des Fensters		-	-		0,035	c)
Aluminium		160	c)		160	c)
Rollraum d)		1,48	c)		0,95	c)
Putzträgerplatte innen		-	-		0,040	0,010
Zusatzdämmung oben		-	-		0,040	0,020
Baufuge oben, wärmegeklärt		-	-		0,040	0,010
Geschoßdecke						
Stahlbeton		2,1	0,160		2,1	0,160
Zement-Estrich		1,4	0,040		1,4	0,040
Trittschalldämmung		0,040	0,040		0,040	0,040
Randdämmstreifen		0,040	0,010		0,040	0,010

Hinweise: a) Die gewählten Randbedingungen für Außenwand und Fenster orientieren sich an den Vorgaben des Alternativdetails aus Bild 1. Um eine Vergleichbarkeit herstellen zu können, sind die Einzel-U-Werte von Wand und Fenster in B.32 und im Alternativdetail identisch. Das Wärmedämm-Niveau des Kunststoff-Fenstersystems mit 70 mm Bautiefe im Alternativdetail entspricht dem des Holzfensters aus dem Beiblatt 2-Detail B.30.

b) Der Fenster-U-Wert U_w liegt hier relativ niedrig, da nur der Rahmen oben quer in die Berechnung einfließt.

c) Abmessungen, Kasten geometrie und Materialien entsprechen den Vorgaben der jeweiligen Rolladenkasten-Konstruktionszeichnung und der Herstellerangaben [3; 10]

d) Die angegebene äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Rollraumes errechnet sich gemäß DIN EN ISO 10077-2 [7] auf Basis eines generellen Wärmedurchlaßwiderstandes des Rollraumes von $R = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$. Zusätzlich wird die Auslassöffnung in der Simulation mit einem 10 mm starken Holz $\lambda = 0,13 \text{ W/(mK)}$ verschlossen.

e) Materialien für Abdichtung, Verglasung und die Bewertung sonstiger Luftkammern entsprechen den Vorgaben aus [7].

Anhang II Übersicht der zugrundegelegten Literatur

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV). Vom Bundesrat verabschiedete Schlussfassung vom 16.November 2001;
BGBl I 2001, 3085 / FNA 754-4-9; www.bmwbw.de
- [2] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN 4108-2, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Ausgabe März 2001; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : Beiblatt 2 zu DIN 4108, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden: Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele. Ausgabe August 1998; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN EN ISO 10211-1, Wärmebrücken im Hochbau. Wärmeströme und Oberflächentemperaturen. Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren. Deutsche Fassung EN ISO 10211-1:1995. Ausgabe November 1995; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [5] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN EN ISO 10211-2, Wärmebrücken im Hochbau. Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen. Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken. Deutsche Fassung EN ISO 10211-2:2001. Ausgabe Juni 2001; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [6] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN EN ISO 13788, Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren. Berechnungsverfahren. Deutsche Fassung EN ISO 13788:2001. Ausgabe November 2001; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [7] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN EN ISO 10077-2, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen. Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten. Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen. Deutsche Fassung EN ISO 10077-2:2003.
Ausgabe Dezember 2003; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [8] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN EN ISO 6946, Bauteile, Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient. Berechnungsverfahren (ISO 6946 : 1996); Deutsche Fassung EN ISO 6946 : 1996. Ausgabe November 1996; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [9] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN EN ISO 10077-1, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen. Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten. Teil 1: Vereinfachtes Verfahren (ISO 10077-1:2000); Deutsche Fassung EN ISO 10077-1:2000.
Ausgabe November 2000; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [10] Produktunterlagen und Konstruktionszeichnungen zum Rolladenkasten Expert RK 220 x 220 der Firma EXTE GmbH (Antragsteller); Ausgabe 2004