

Prüfbericht Nr. 2315-140-2005

Wärmebrückenanalyse
einer Rollladenkasten-Einbausituation
für eine entsprechende Wärmebrückenbewertung
gemäß EnEV, Anhang 1 Nr. 2.5, Absatz b)

Antragsteller	WIRO Rollladenkastentechnik GmbH, Velen
Produkt	WIRO Rollladenkasten RVK (nach außen offene Bauart) eingebaut in zweischaliges Mauerwerk

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

Prüfbericht
mit insgesamt 11 Seiten




marcus hermes, dipl.-ing.(fh bauphysik) 02/05/2005

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 Rollladenkastens zählen nach der EnEV zu den Wärmebrücken. Dadurch wird der Rollladenkasten nicht „abgewertet“, sondern vielmehr dessen Wärmeverluste im eingebauten Zustand auf das Konto der Wärmebrücken „verbucht“. Durch mehrere Rollladen-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-Rollladenkästen. 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 $f_{R_{si}}$.

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 $f_{R_{si}}$

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 $f_{R_{si}}$ 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“ Rollladenkasten betrachtet. Daraus ergibt sich die Zuordnung zu einem der Beiblatt 2-Details.

Anschließend wird das Detail mit den entsprechenden, Randbedingungen mit Hilfe der zweidimensionalen Finite-Elemente-Simulation thermisch untersucht. Erstes Ergebnis ist der ψ -Wert, der so den Vergleichswert für die Psi-Wert-Obergrenze darstellt.

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) :

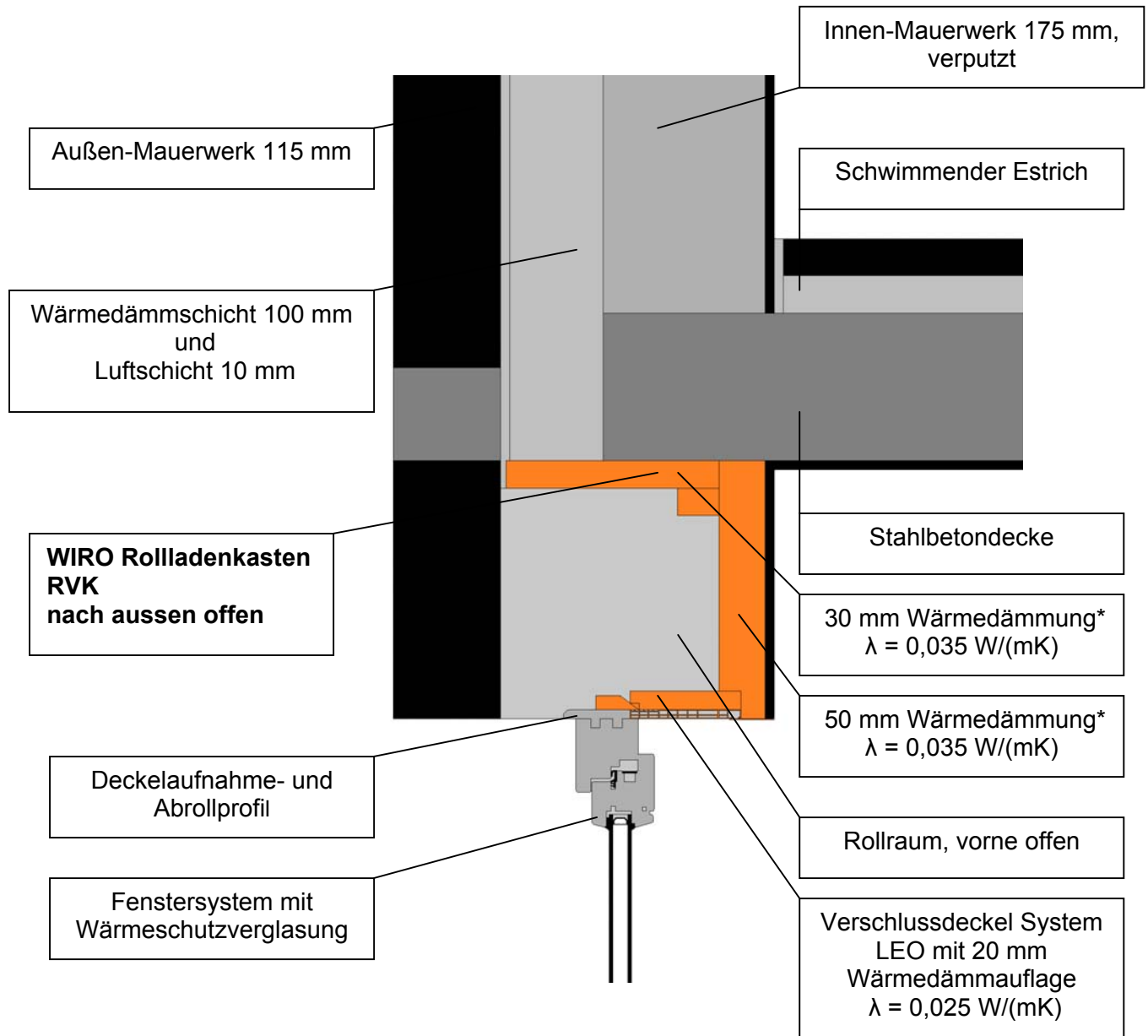


Bild 1 : Einbausituation
WIRO RVK der Firma **WIRO** in
zweischaligem Mauerwerk

***Hinweis:**

Die angegebenen Wärmedämmdicken betragen wahlweise oben 20 mm und innen 40 mm.
(Untersuchungsergebnisse hierzu auf Seite 9.)

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

Entsprechendes Beiblatt 2 - Einbaudetail

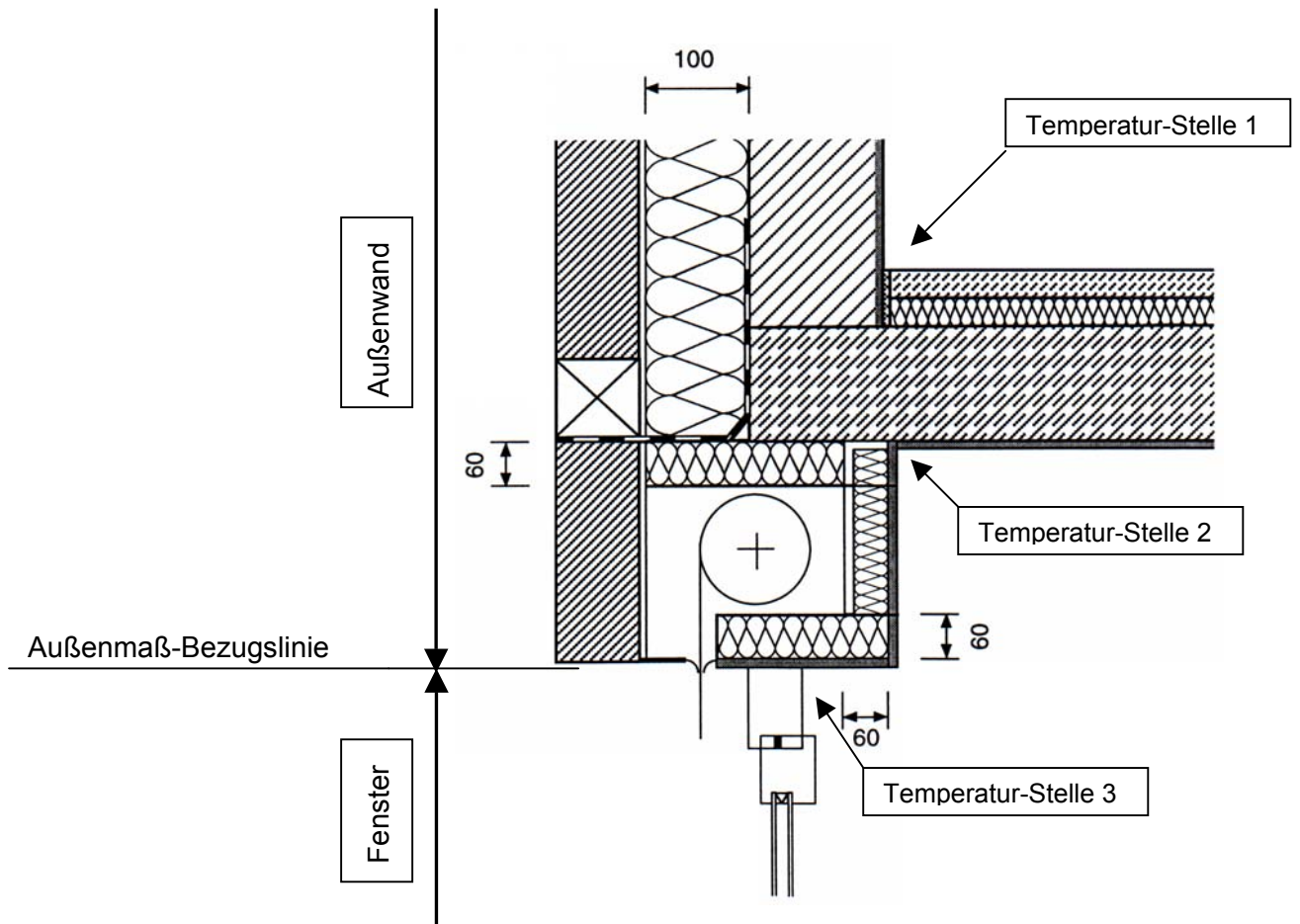


Bild 2 : Originaldarstellung
Beiblatt 2-Detail

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

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

Ergebnisse I Einbaudetail WIRO RVK

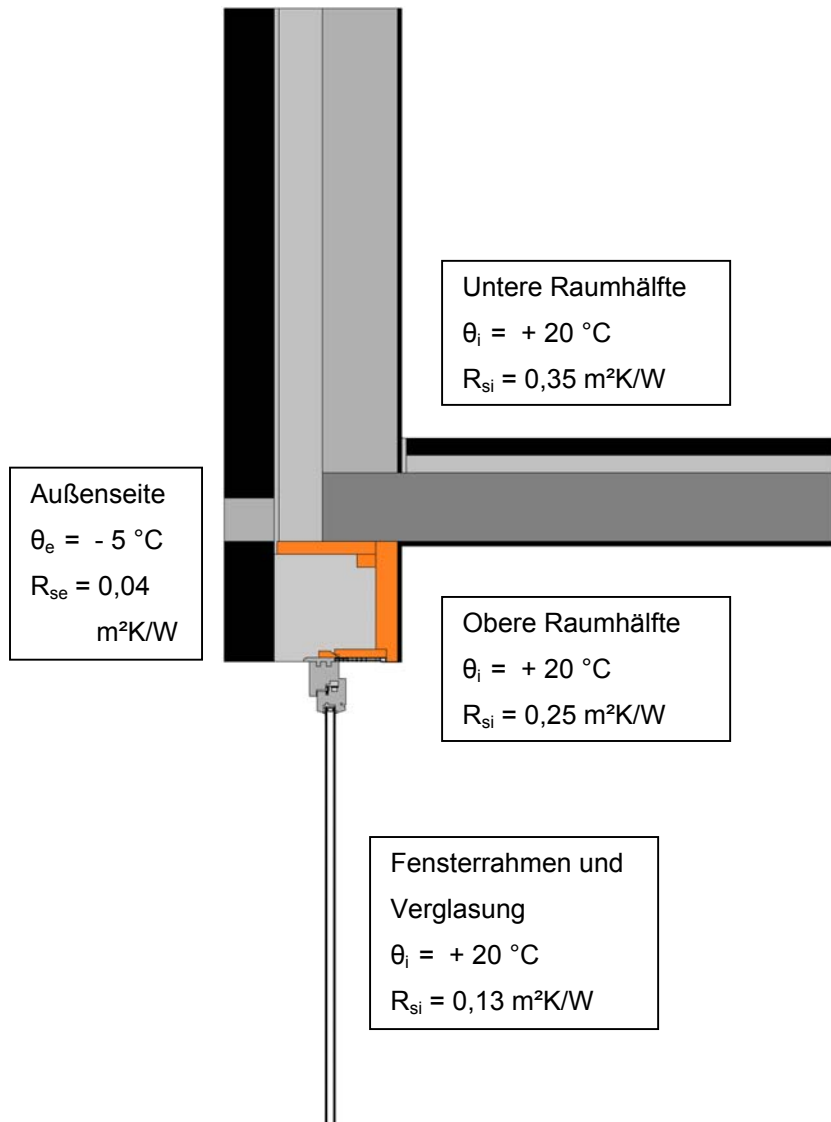


Bild 3 : Einbaudetail
 mit **WIRO RVK**

Aufbereitung von Bild 1

für die thermische Simulation
 mit Angabe der Umgebungs-
 Randbedingungen gemäß den o.g.
 europäischen Normen.

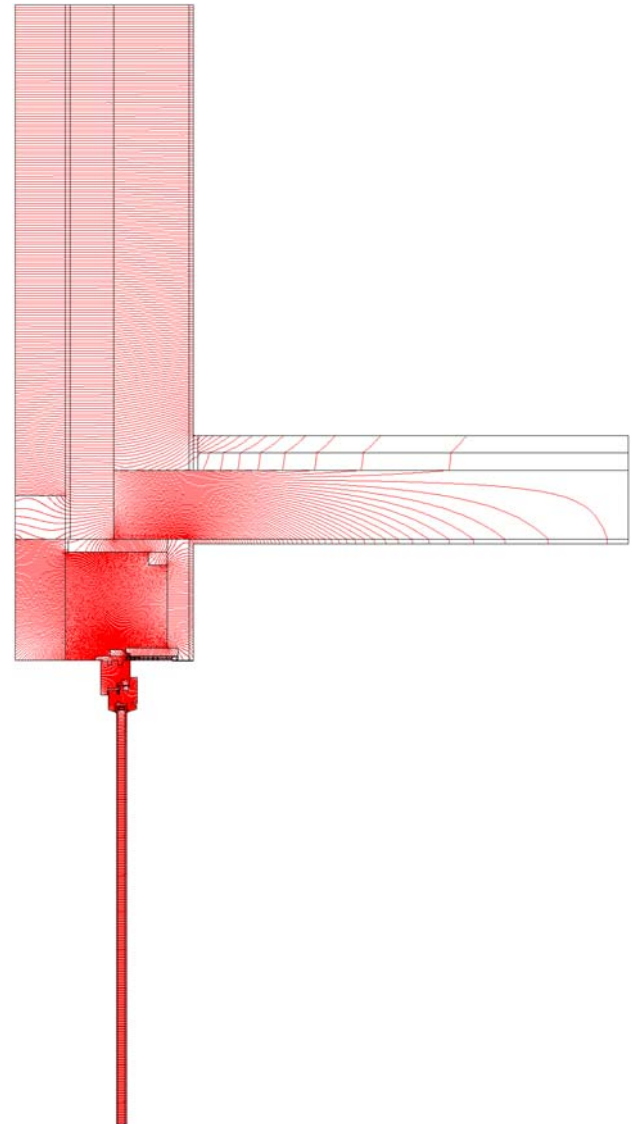


Bild 4 : Einbaudetail
 mit **WIRO RVK**

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 I Einbaudetail WIRO RVK

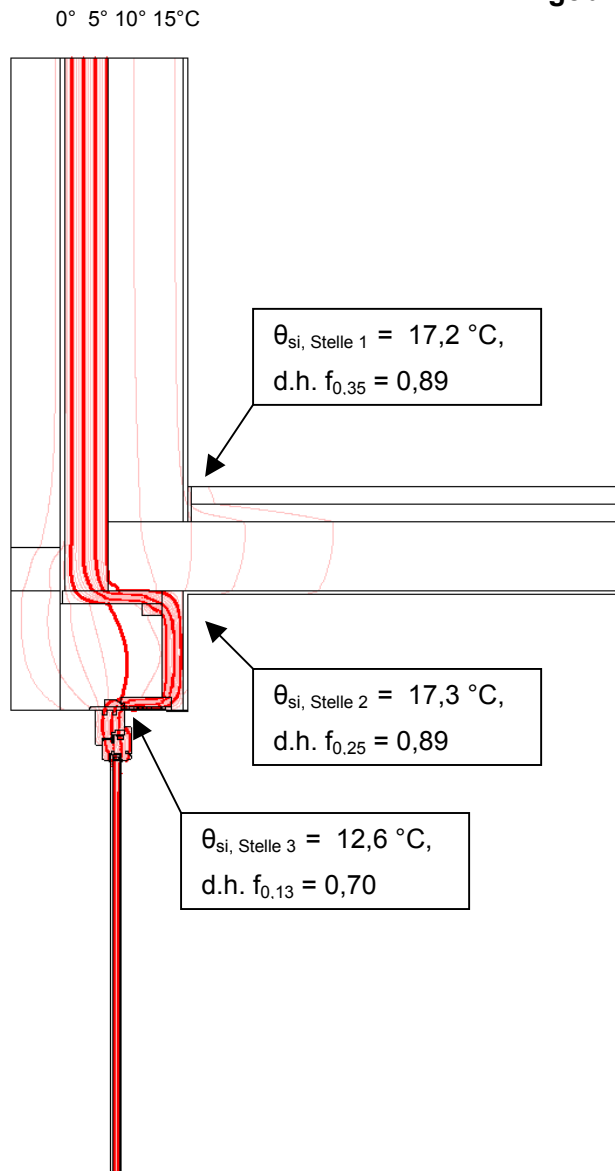


Bild 5 : Einbaudetail
mit **WIRO RVK**

Verlauf der Isothermen

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

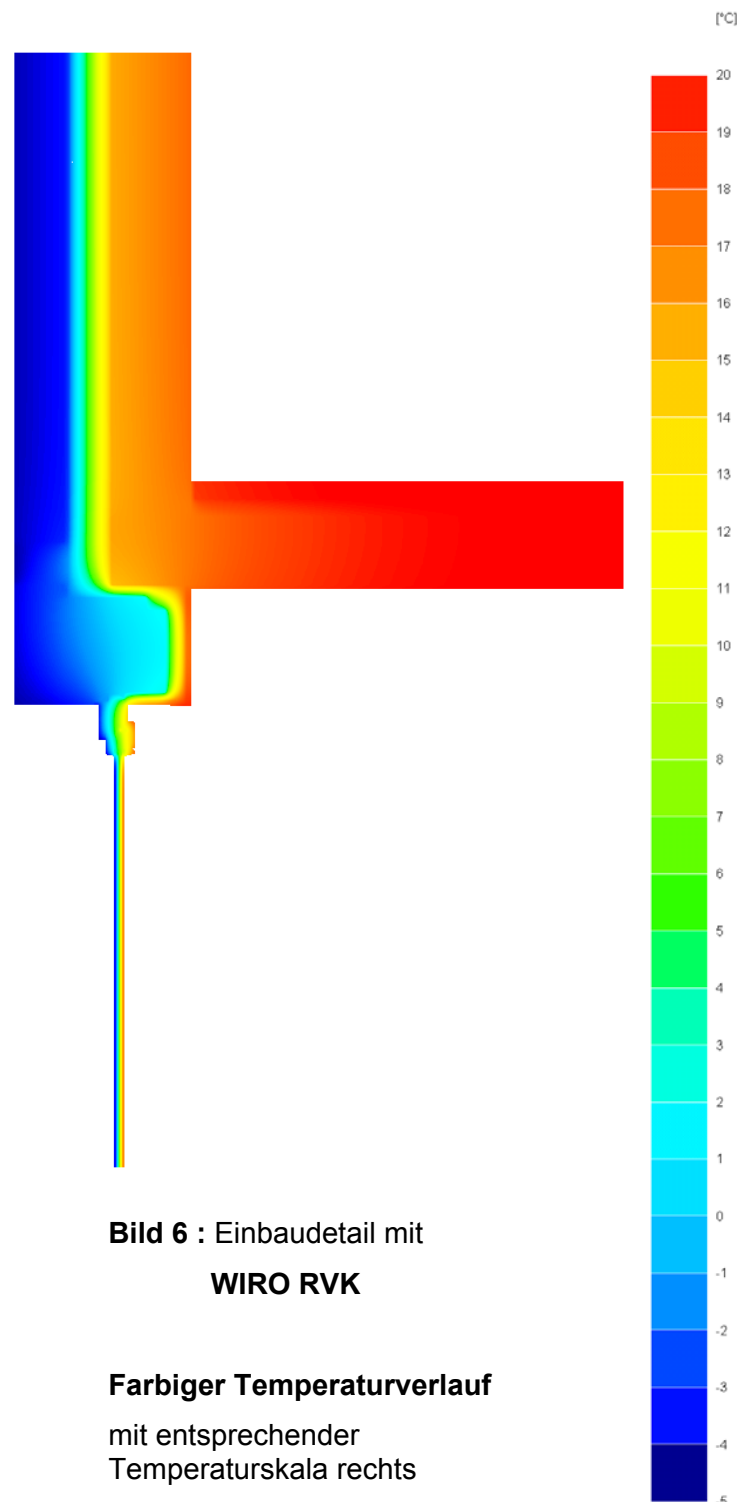


Bild 6 : Einbaudetail mit
WIRO RVK

Farbiger Temperaturverlauf

mit entsprechender
Temperaturskala rechts

Zusammenfassung der Ergebnisse für das Alternativdetail mit WIRO RVK

Eingabedaten	Ausgabedaten	Rechenergebnisse
Geometrie Einbaudetail Bild 3		
Höhe	(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)
$H_{\text{gesamt}} = 2,600 \text{ m}$		Psi-Wert
$H_{\text{Wand}} = 1,522 \text{ m}$		$\psi = 0,20$
$H_{\text{Fenster}} = 1,078 \text{ m}$		
Breite	$q_{\text{gesamt}} = 49,56$	Temperaturfaktoren
$b_{\text{gesamt}} = 1,387 \text{ m}$	$L^{2D}_{\text{gesamt}} = 1,982$	$f_{\text{Stelle 1}} = 0,89$
Anzahl der Knoten 111 496	$L^{2D}_{\text{Wand}} = 0,487$	$f_{\text{Stelle 2}} = 0,89$
Anzahl der Dreiecke 220 843	$L^{2D}_{\text{Fenster}} = 1,295$	$f_{\text{Stelle 3}} = 0,70$

Untersuchungsergebnis und Fazit

- a) Der längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient des untersuchten Wärmebrückendetails mit dem WIRO Rollladenkasten RVK (Dämmstärken: 30 mm oben, 50 mm innen) beträgt $\psi = 0,20 \text{ W}/(\text{mK})$.
- b) Bezogen auf die Psi-Wert-Obergrenze "0,31 W/mK" aus [3] weist das Alternativdetail so einen um 35% geringeren Wärmeverlust auf.
- c) Die Temperaturfaktoren f_{Rsi} liegen an allen Stellen 1 bis 3 über dem Wert von 0,70.
- d) Das Alternativdetail mit dem eingebauten Rollladenkasten WIRO RVK (nach außen offen) der Firma WIRO Rollladentechnik GmbH ist deshalb ein Beiblatt 2-gleichwertiges Einbaudetail. Es kann so im pauschalen Wärmebrückennachweis gemäß EnEV mit $\Delta U_{\text{WB}} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ alternativ zur Beiblatt 2 -Vorgabe verwendet werden.
- e) Bei abweichenden Dämmstärken ergeben sich folgende Psi-Werte:

Dämmstärke oben 30 mm, innen 40 mm	$\psi = 0,23 \text{ W}/(\text{mK})$
Dämmstärke oben 20 mm, innen 40 mm	$\psi = 0,25 \text{ W}/(\text{mK})$

Diese Werte befinden sich ebenfalls unter der in b) genannten Grenzmarke. Dieser Grenzwert wird allerdings im Rahmen der EnEV 2006 keine weitere Gültigkeit besitzen. Es ist daher die Ausführung wie unter a) angegeben zu empfehlen.

Anhang I Übersicht der Materialdaten

Bezeichnung	Alternativdetail mit WIRO Rollladenkasten RVK		
	U-Wert in [W/(m²K)]	Dicke in [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ in [W/(mK)]
Außenwand U_{wall} a)	0,32		
hierzu: Klinkermauerwerk		0,115	1,10
Luftschicht		0,010	0,13
Kerndämmung		0,100	0,040
Mauerwerk		0,175	0,71
Innenputz		0,010	0,35
Fenster U_{W} a), b), e)	1,3		
hierzu: Rahmen U_{f}	1,4		
Verglasung U_{g}	1,2		
Deckelaufnahme- und Abroll-Profil		0,010	0,09
Schaumstoff über Blendrahmen		0,015	0,050
Rollladenkasten Wärmedämmung allgemein		c)	0,035
PVC des Deckelprofils		c)	0,17
Deckel-Wärmedämmung		0,020	0,025
Rollraum d)		c)	1,35
Geschoßdecke			
Stahlbeton		0,160	2,1
Zement-Estrich		0,040	1,4
Trittschalldämmung		0,040	0,040
Randdämmstreifen		0,010	0,040

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 Beiblatt 2-Detail und im Alternativdetail identisch. Wie in Bild 2 vorgegeben, wird als Fensterrahmenmaterial auch im Alternativdetail Holz mit $\lambda = 0,13 \text{ W/(mK)}$ verwendet.
- b) Der Fenster-U-Wert U_{W} liegt hier relativ niedrig, da neben der Verglasung 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 [4; 11]
- d) Die angegebene äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Rollraumes errechnet sich gemäß DIN EN ISO 10077-2 [8] auf Basis eines leicht belüfteten Hohlraumes.
- e) Materialien für Abdichtung, Verglasung und die Bewertung sonstiger Luftkammern entsprechen den Vorgaben aus [8]. Sämtliche Luftkammern sind für sich einzeln berücksichtigt und gemäß [8] berechnet.

Anhang II Übersicht der zugrundegelegten Literatur

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV). Erste Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 2. Dezember 2004; BGBl I 2004, S. 3144 ff. / 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 Juli 2003; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN 4108 Beiblatt 2, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden: Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele. Ausgabe Januar 2004, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. : DIN EN ISO 6946, Bauteile, Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient. Berechnungsverfahren. Ausgabe Oktober 2003; Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [10] 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.
- [11] Produktunterlagen und Konstruktionsdetails zum WIRO Rollladenkasten (nach außen offen) der Firma WIRO Rollladentechnik GmbH; Ausgabe 2005