Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Thermische Berechnung eines Fensters nach SIA 331

Prüfbericht

Prüfgegenstand	Zweiflügliges Holz-Metall Stulpfenster mir Dreifachverglasung, U_g = 0.7 W/m²K
Typ, Modell	**Sirius D 64/64**
Prüfnormen	EN ISO 10077-1 (05/2010), EN ISO 10077-2 (06/2012) EN 12524 (11/2000), SIA 331 (10/2012)
Auftraggeber	Holzbau Bucher AG Untergasse 11 CH-6064 Kerns
Datum	20.04.2015
Bericht Nr.	73DL-007064-P-01-PB-07
Auftrag Nr.	P.007064-10-73DL-01
Gültigkeit	Dieser Prüfbericht verliert seine Gültigkeit, sobald sich die Bauart oder die Werkstoffe des Prüfgegenstandes oder seiner Einzelteile ändern. Die ersten zwei Seiten dieses Prüfberichtes können als Kurzfassung verwendet werden.
Adresse der Prüfstelle	**Berner Fachhochschule** Architektur, Holz und Bau Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur Solothurnstrasse 102, CH-2504 Biel Tel / Fax +41 (0)32 344 0 341 / 391 www.ahb.bfh.ch
Sachbearbeiter	Andrea Uehlinger
Stellvertretender Kompetenzbereichsleiter	Marc Donzé

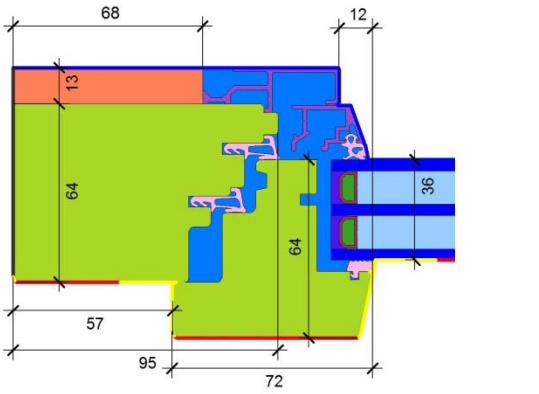
SCHWEIZERISCHER PRÜFSTELLENDIENST
SERVICE SUISSE D'ESSAI
SERVIZIO DI PROVA IN SVIZZERA

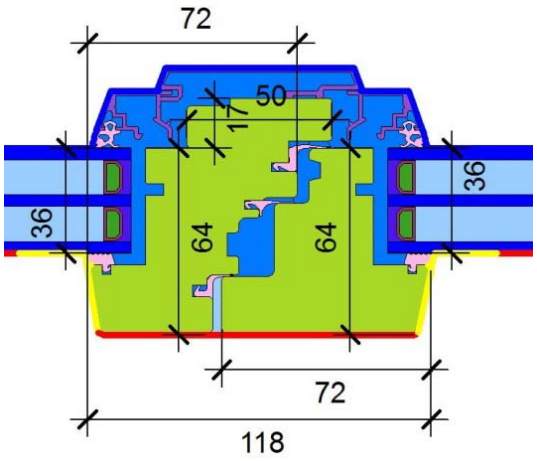
Nach ISO/IEC 17025 akkreditiert, STS 317
Notifizierte Prüfstelle NB 2172

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

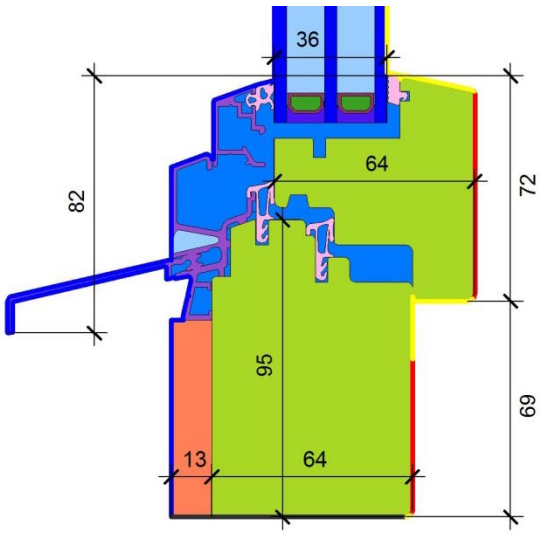
1.1 Prüfobjekt

Blendrahmen:	Fichte 64 x 95 mm
Dichtung Blendrahmen:	Anzahl: 2, Material: EPDM
Flügelrahmen:	Fichte 64 x 72 mm
Dichtungen Flügelrahmen:	Seitlich, oben und unten keine, Mittelpartie: Anzahl: 3, Material: EPDM
Verglasung:	3-fach Isolierglas, Dicke: 36 mm, Aufbau: 4-12-4-12-4, U_g = 0.7 W/m²K, Gasfüllung: Argon, Hersteller: Glas Trösch Holding AG
Material Abstandhalter, Randverbund:	Kunststoff/Edelstahl, Swisspacer V
Glasabdichtung:	Innen : EPDM, aussen : EPDM
Mauerlichtmass:	1550 mm x 1150 mm





Material	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
EPS	0.033
Edelstahl	15.000
Floatglas	1.000
Gasfüllung(29)	0.019
Gasfüllung(30)	0.019
Polysulfid (1)	0.400
SAN 35% GF	0.160
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110



1.2 Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen

U_g=0.7 W/m²K	A_g=1.452 m²	
U_f=1.150 W/m²K	A_f=0.860 m²	
Ψ_g=0.033 W/mK	l_g=6.960 m	A_w=1.783 m²
Der deklarierte U_w-Wert des Fensters nach SIA 331 beträgt 0.91 W/m²K		

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	2
	1.1 Prüfobjekt	2
	1.2 Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen	2
2	PRÜFGRUNDLAGEN	4
3	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	4
	3.1 Materialeigenschaften	4
	3.2 Randbedingungen	4
4	PRÜFGEGENSTAND	5
5	ERGEBNISSE	
	5.1 U_w-Wert Berechnung	5
	5.2 U_f-Wert des Fensterrahmens	6
	5.3 U_g-Wert des Glases	6
	5.4 Ψ -Wert des Glases	7
	5.5 U_w-Wert des Fensters nach SIA 331	7
	5.6 Glasanteil des eingebauten Fensters	8
6	BESTIMMUNGEN ZUM VORLIEGENDEN BERICHT	8
	6.1 Umfang des Berichts	8
ANHANG A:	DETAILZEICHNUNGEN	9
ANHANG B:	DETAILLIERTE U_F-WERT BERECHNUNGEN	12
ANHANG C:	DETAILLIERTE PSI-WERT BERECHNUNGEN	15

2 Prüfgrundlagen

EN ISO 10077-1 (05/2010)	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnungen des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines.
EN ISO 10077-2 (06/2012)	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnungen des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen.
EN 12524 (11/2000)	Baustoffe und –Produkte – Wärme- und Feuchteschutztechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte
SIA 331 (10/2012)	Fenster und Fenstertüren

3 Berechnungsgrundlagen

Der Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters U_w wird nach EN ISO 10077-2 berechnet. Die Berner Fachhochschule – Architektur, Holz und Bau ist für diese Berechnung nach EN ISO 10077-2 akkreditiert.

Bei der Berechnung des U_f-Wertes (U-Wert des Rahmens) wird die Mittellage durch ein fiktives Paneel mit einem Lambda-Wert von 0.035 W/(mK) ersetzt.

Für die Berechnungen des U_f- und psi-Wertes wurde das FEM Programm flixo professional 7.0.612.1 der Firma Infomind GmbH, Zürich verwendet.

3.1 Materialeigenschaften

Die Materialeigenschaften (lambda-Werte) stammen aus den Normen SN EN ISO 10077-2 und SN EN 12524. Die Materialisierung der verschiedenen Oberflächenmodelle ist im Anhang B und C dargestellt.

3.2 Randbedingungen

Randbedingungen für die U_f-, und Ψ-Wert Berechnung, basierend auf EN ISO 10077-2:

Beschreibung	Temperatur [°C]	Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]
aussenseitig	0	0.040
raumseitig Standard	20	0.130
raumseitig reduziert	20	0.200

4 Prüfgegenstand

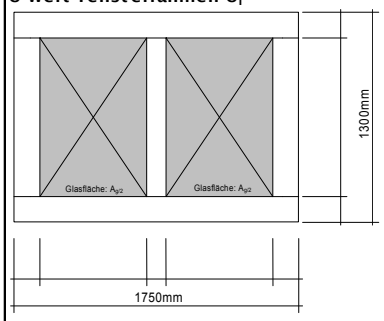
Die U-Wert Berechnung erfolgte an einem zweiflügligen Normfenster gemäss SIA 331 mit den Abmessungen: Aussenmass L x H = 1.75 x 1.3 m und Mauerlichtmass L x H = 1.55 x 1.15 m. Die Schnittzeichnungen befinden sich im Anhang A.

5 Ergebnisse

5.1 U_w-Wert Berechnung

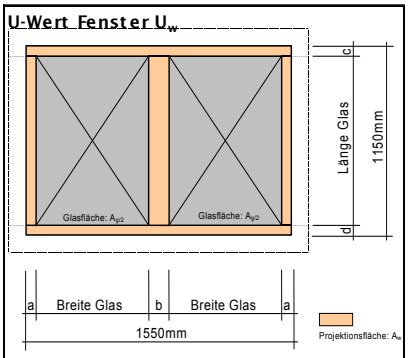
Fenstertyp	Bezeichnung Modell
2-flüg. Fenster mit Stulpmittelpartie	Sirius D 64/64 U_g=0.7 W/(m²K)

U-Wert Fensterrahmen U_f



Rahmen Breite	1750 mm
Rahmen Höhe	1300 mm
Profilbreite seitlich	129 mm
Profilbreite oben	129 mm
Profilbreite unten	141 mm
Profilbreite mitte	118 mm

U-Wert Fenster U_w

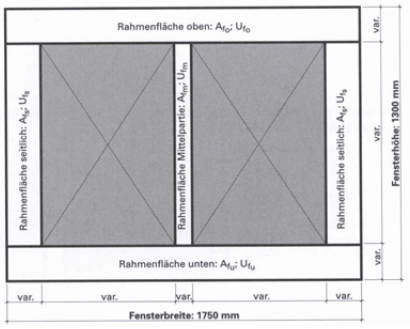


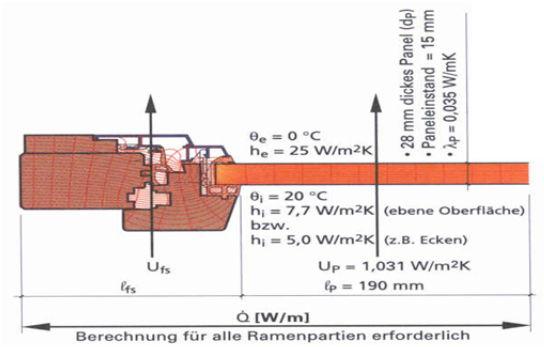
Rahmen Breite im Licht	1550 mm
Rahmen Höhe im Licht	1150 mm
a_Profil seitlich	22 mm
c_Profil oben	22 mm
d_Profil unten	82 mm
b_Profil mitte	118 mm

Rahmenprofil seitlich	Fläche	0.266 m²
	U-Wert	1.128 W/m²K
Rahmenprofil oben	Fläche	0.226 m²
	U-Wert	1.128 W/m²K
Rahmenprofil unten	Fläche	0.247 m²
	U-Wert	1.167 W/m²K
Rahmenprofil mitte	Fläche	0.122 m²
	U-Wert	1.206 W/m²K
Rahmenprofil total	Fläche	0.860 m²
	Mittlerer U-Wert U_f	**1.150** W/m²K
Verglasung	U-Wert Glas	0.7 W/m²K
	Ψ_g-Wert Verbund	0.033 W/mK
	sichtbare Höhe des Glases g_l	1.046 m
	sichtbare Breite des Glases g_b	0.694 m
	Glasfläche A_g	1.452 m²
	Perimeter Randverbund l_g	6.960 m'
Rahmen im Licht	Fläche	0.331 m²
	Glasanteil	81.5 %
Fenster	Projektionsfläche A_w	1.783 m²
	deklarierter U-Wert Fenster U_w	**0.91 W/m²K**

5.2 U_f-Wert des Fensterrahmens

Der U_f Wert des Fensterrahmens ist gemäss EN ISO 10077-2 gerechnet





$$U_f = \frac{A_{fu} \cdot U_{fu} + A_{fo} \cdot U_{fo} + A_{fm} \cdot U_{fm} + A_{fs} \cdot U_{fs}}{A_f} \quad [W/m^2K]$$

A_{fs}	2	0.129 m	1.030 m =	0.266 m^2
A_{fo}	1	0.129 m	1.750 m =	0.226 m^2
A_{fu}	1	0.141 m	1.750 m =	0.247 m^2
A_{fm}	1	0.118 m	1.030 m =	0.122 m^2
A_f	x*	Breite *	Länge =	0.860 m^2

U_{fs}	gemäss Flixo Berechnung	1.128 W/m^2K
U_{fo}	gemäss Flixo Berechnung	1.128 W/m^2K
U_{fu}	gemäss Flixo Berechnung	1.167 W/m^2K
U_{fm}	gemäss Flixo Berechnung	1.206 W/m^2K

Mittlerer U-Wert über die Rahmenfläche	U_f	1.150 W/m^2K

5.3 U_g-Wert des Glases

Der Glaskennwert U_g ist den Unterlagen des Glasherstellers entnommen

Gewählt:				Nach EN 673
Verglasung	Typ (Produktname)	Dimension [mm]	Gasfüllung	U_g-Wert [W/m^2K]
dreifach		4-12-4-12-4	Argon	0.7

5.4 Ψ -Wert des Glases

Der Glaskennwert Ψ_g ist gemäss EN ISO 10077-2 gerechnet

Gewählt:	
Materialwahl des Abstandhalters	Typ (Produktname)
Kunststoff/Edelstahl	Swisspacer V

$$\Psi_g = \frac{\Psi_s \cdot g_l \cdot 2 + \Psi_o \cdot g_b \cdot 2 + \Psi_u \cdot g_b \cdot 2 + \Psi_m \cdot g_l \cdot 2}{l_g} \quad [W/mK]$$

Berechnung Ψ-Wert des Glasrandverbundes

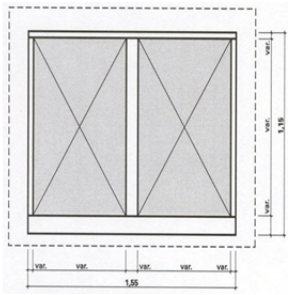
2 x g_l	2 x sichtbare Höhe des Glases	2.092 m
2 x g_b	2 x sichtbare Breite des Glases	1.388 m
l_g	Perimeter Randverbund	6.960 m

Ψ_s	gemäss Berechnung Flixo	0.032 W/mK
Ψ_o	gemäss Berechnung Flixo	0.032 W/mK
Ψ_u	gemäss Berechnung Flixo	0.033 W/mK
Ψ_m	gemäss Berechnung Flixo	0.033 W/mK

Mittlerer Ψ-Wert des Glasrandverbundes	Ψ_g	**0.033 W/mK**

5.5 U_w-Wert des Fensters nach SIA 331

U_w-Wert des zweiflügligen Referenzfensters, bezogen auf die Projektionsfläche in der äusseren, lichten Maueröffnung.

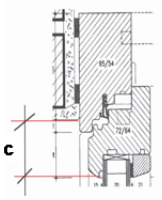
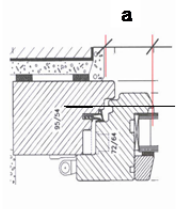
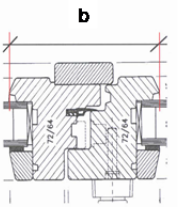
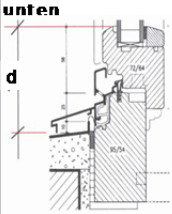


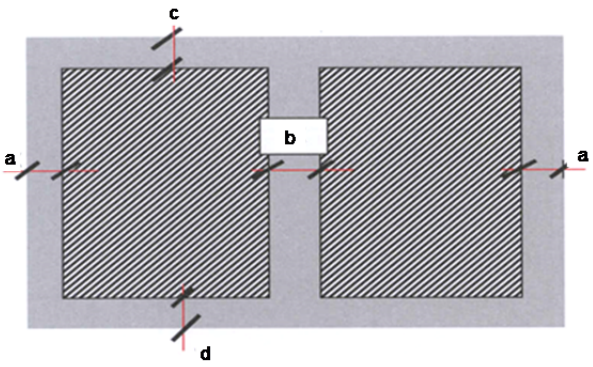
$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w} \quad [W/m^2K]$$

A_f		**0.331 m^2**
A_g		**1.452 m^2**
A_w		**1.783 m^2**
l_g		**6.960 m'**
U_f		**1.150 W/m^2K**
U_g		**0.700 W/m^2K**
Ψ_g		**0.033 W/m^2K**

U-Wert Fenster:	U_w	**0.910 W/m^2K**

5.6 Glasanteil des eingebauten Fensters

oben 	22 mm
seitlich 	22 mm
Mittelpartie 	118 mm
unten 	82 mm



Glasanteil

$$\frac{100 \cdot A_g}{A_w}$$

Projektionsfläche A_w	1.783 m^2
Glasfläche A_g	1.452 m^2
Glasanteil	**81.5 %**

6 Bestimmungen zum vorliegenden Bericht

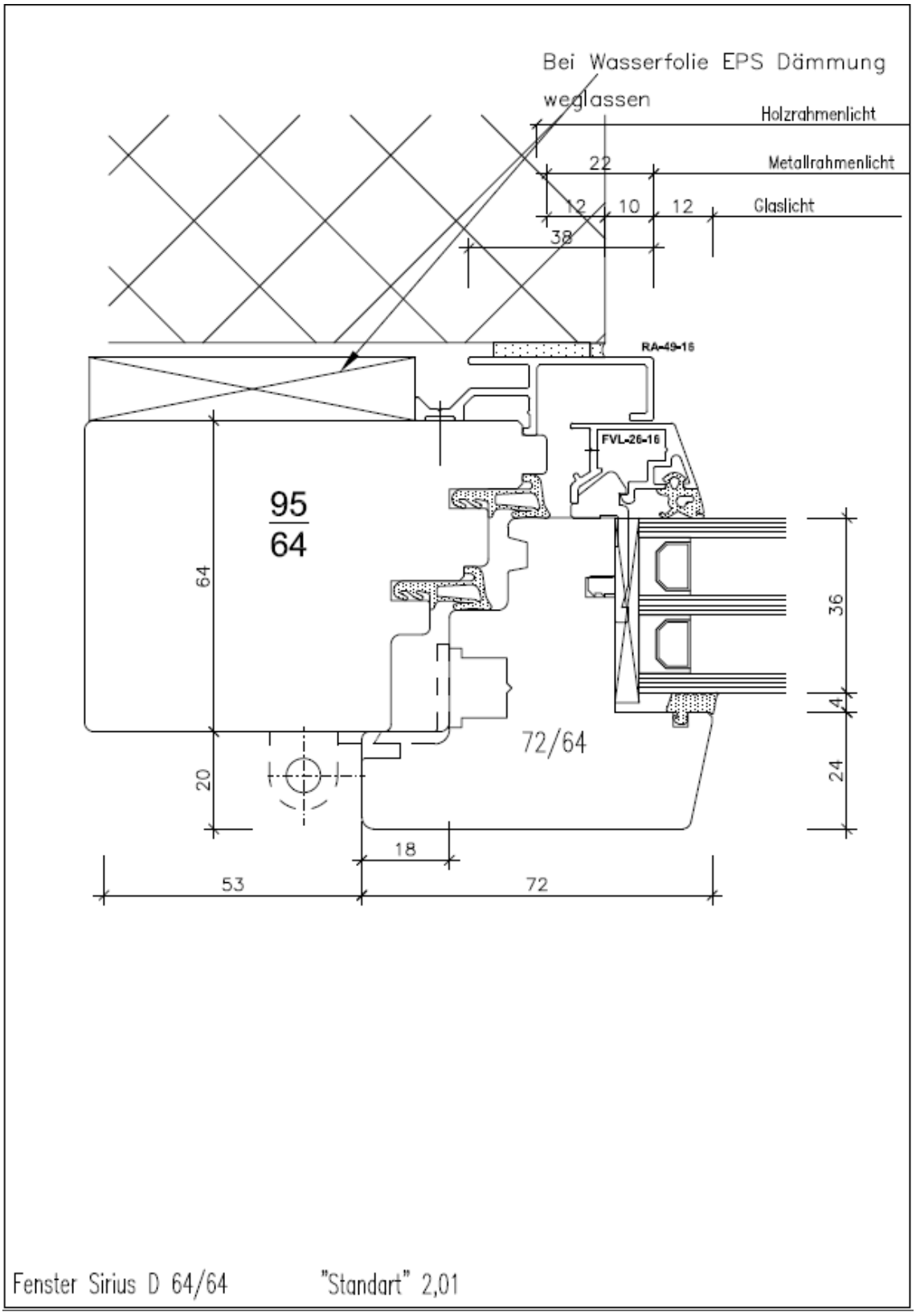
Die Prüfergebnisse dieses Berichts beziehen sich ausschliesslich auf die geprüften Gegenstände. Dieser Bericht darf nicht ohne Genehmigung der Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau auszugsweise vervielfältigt werden. Jegliche Veröffentlichung des Berichts oder von Teilen davon bedarf der schriftlichen Zustimmung der Fachhochschule. Angaben zur Messunsicherheit werden auf Anfrage gemacht. Ein Original dieses Berichts wird für 5 Jahre aufbewahrt. Dieser Bericht ist nur mit den Unterschriften des Kompetenzbereichsleiters Fenster-, Türen- und Fassadentechnik und des Sachbearbeiters gültig.

6.1 Umfang des Berichts

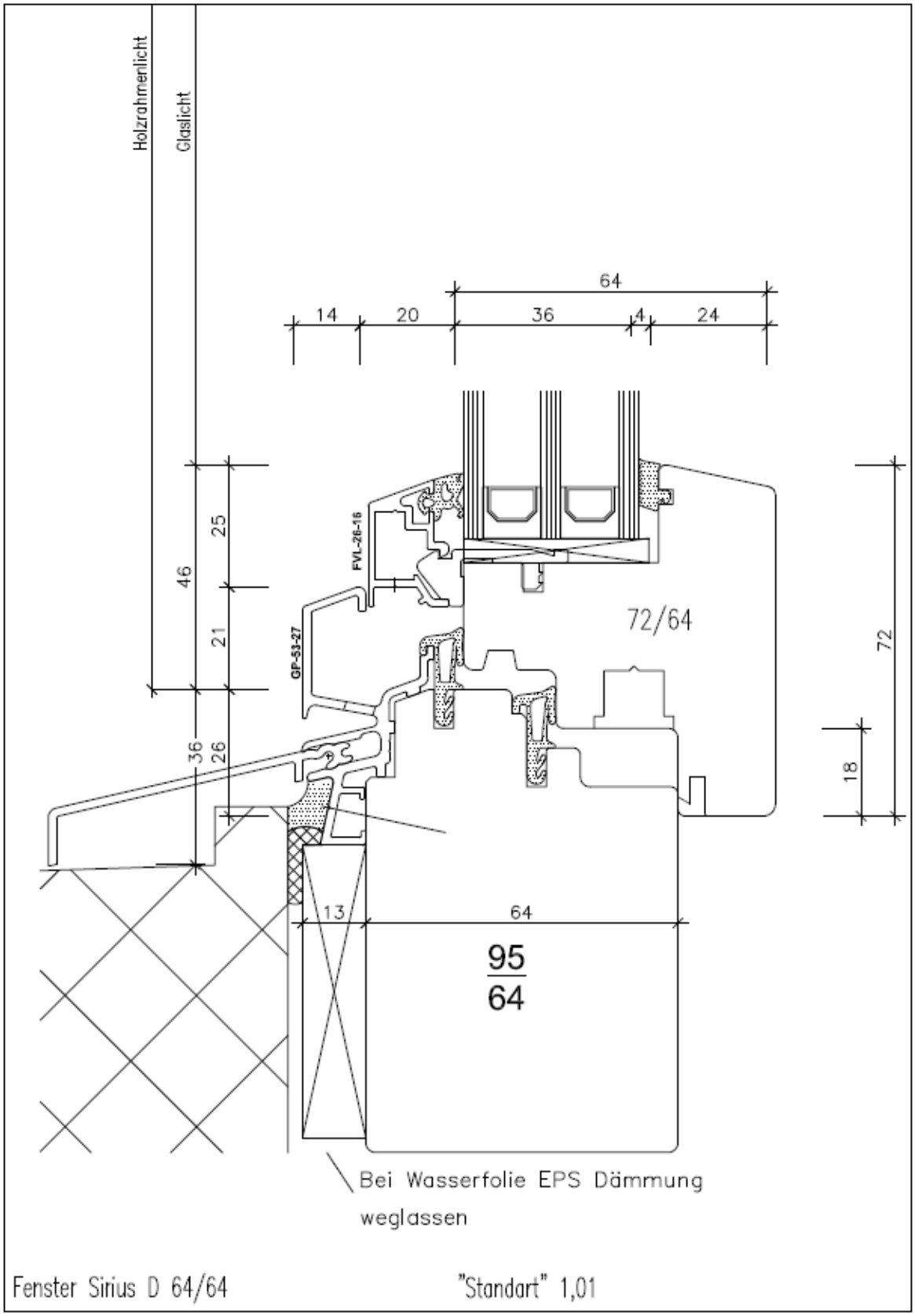
Dieser Bericht besteht aus 17 Seiten inkl. Anhang.

Anhang A: Detailzeichnungen

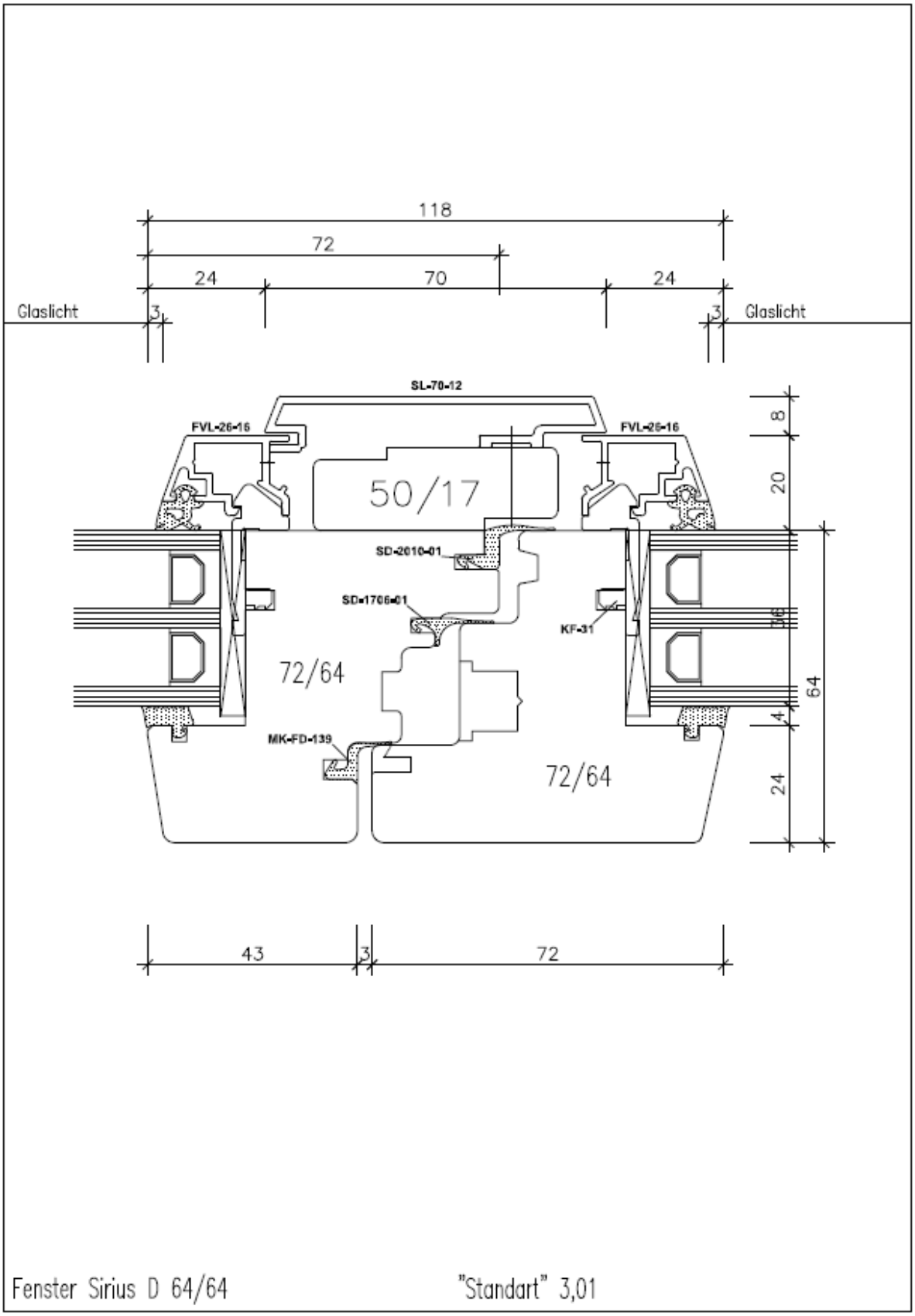
A.1 Detail: seitlich / oben



A.2 Detail: unten

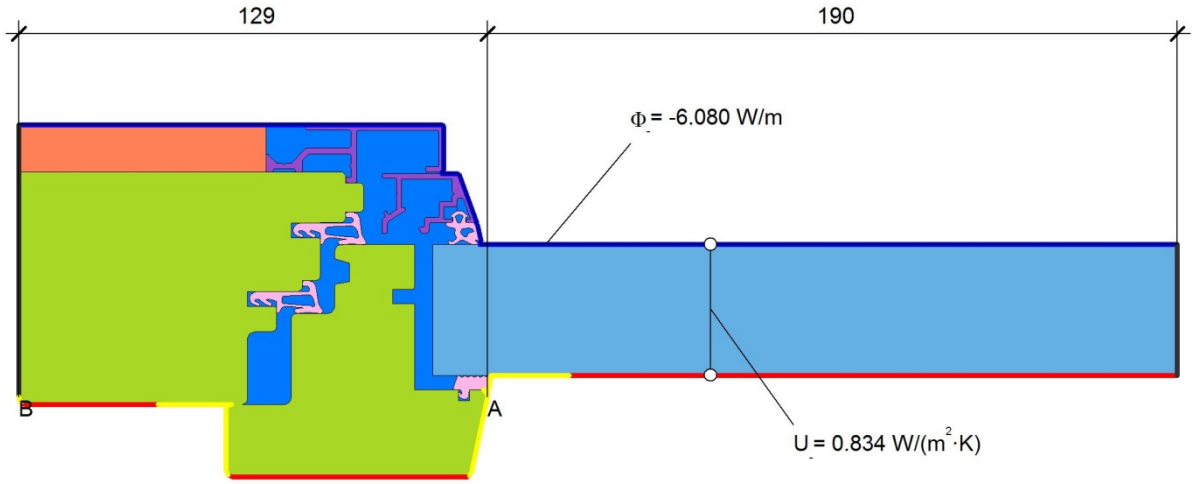


A.3 Detail: Mittelpartie



Anhang B: Detaillierte U_f-Wert Berechnungen

B.1 Detail: Seite

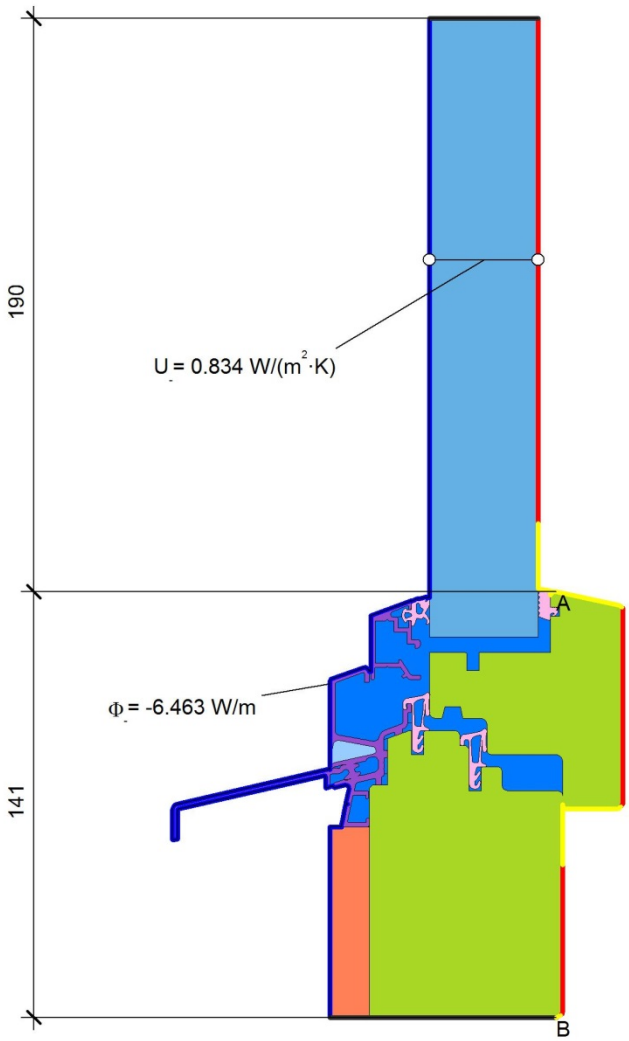


$$U_{f\,A,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{6.080}{20.000} - 0.834 \cdot 0.190}{0.129} = 1.128\ \mathrm{W/(m^2 \cdot K)}$$

Material	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
EPS	0.033
Maske	0.035
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110

Randbedingung	q[W/m²]	θ[°C]	R[(m²·K)/W]	ε
Aussen Standard		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

B.2 Detail: Unten

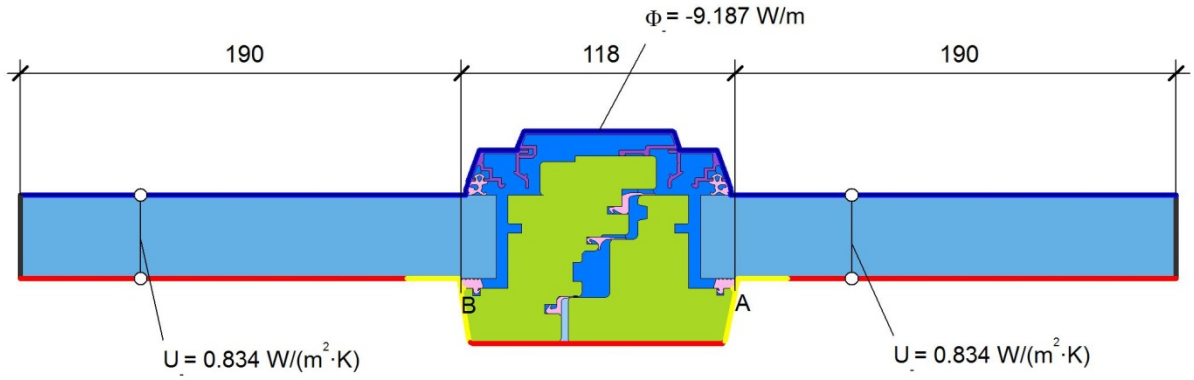


$$U_{f\,A,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{6.463}{20.000} - 0.834 \cdot 0.190}{0.141} = 1.167\ W/(m^2 \cdot K)$$

Material	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
EPS	0.033
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Maske	0.035
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110

Randbedingung	q[W/m²]	θ[°C]	R[(m²·K)/W]	ε
Aussen Standard		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

B.3 Detail: Mittelpartie



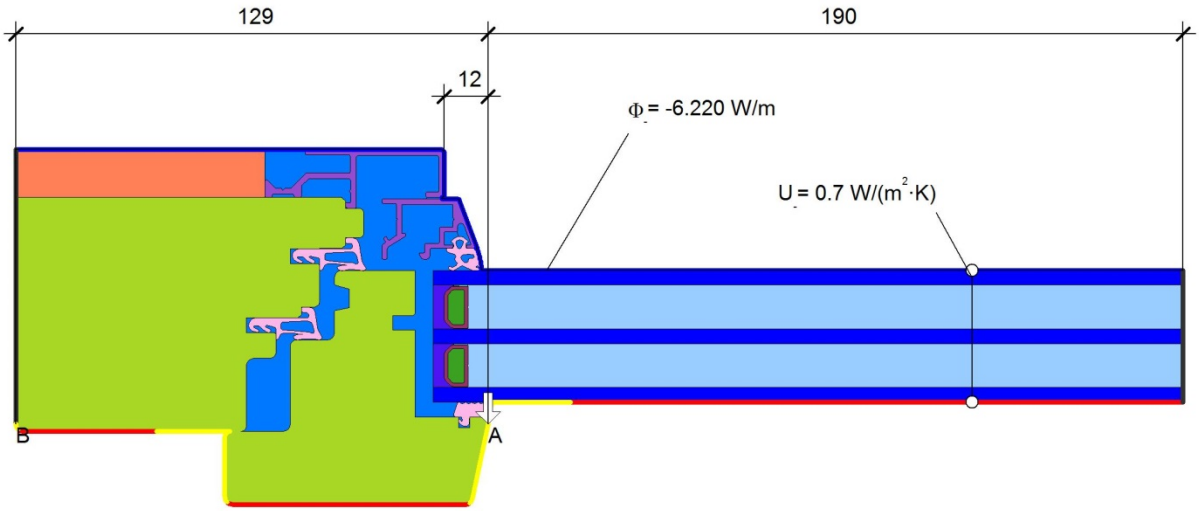
$$U_{f\,A,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_{p1}\cdot b_{p1} - U_{p2}\cdot b_{p2}}{b_f} = \frac{\frac{9.187}{20.000} - 0.834\cdot 0.190 - 0.834\cdot 0.190}{0.118} = 1.206\ \mathrm{W/(m^2\cdot K)}$$

Material	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Maske	0.035
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110

Randbedingung	q[W/m²]	θ[°C]	R[(m²·K)/W]	ε
Aussen Standard		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Anhang C: Detaillierte psi-Wert Berechnungen

C.1 Detail: Seite

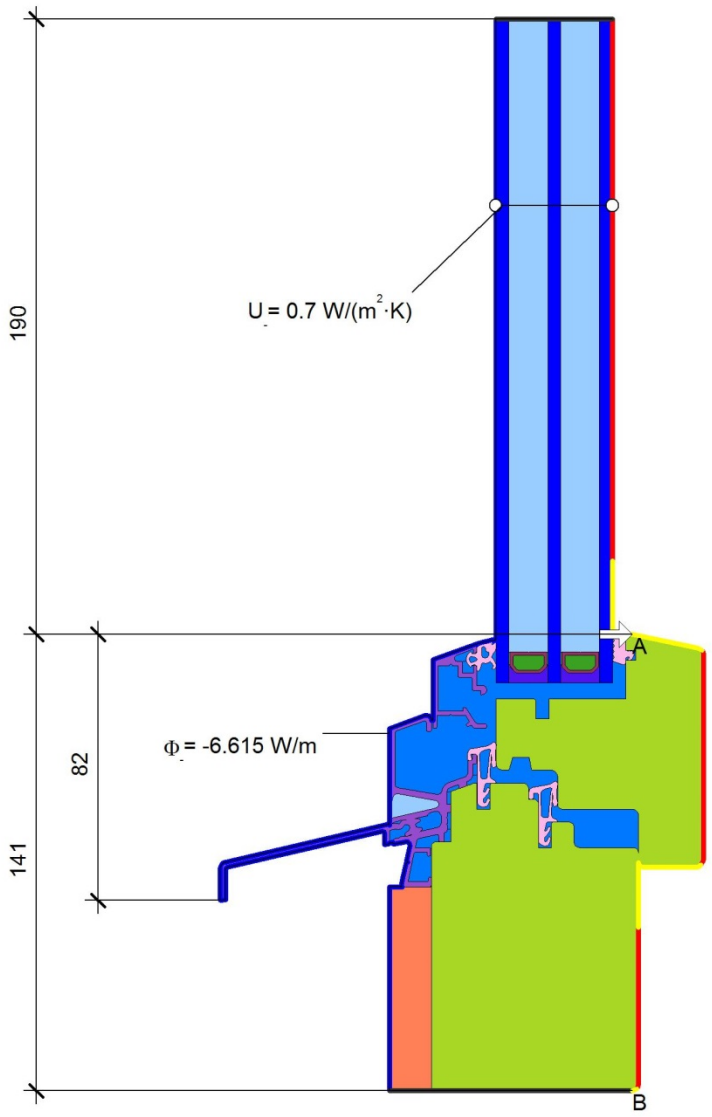


$$\psi_A = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_f \cdot b_f = \frac{6.220}{20.000} - 0.700 \cdot 0.190 - 1.128 \cdot 0.129 = 0.032 \text{ W/(m·K)}$$

Material	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
EPS	0.033
Edelstahl	15.000
Floatglas	1.000
Gasfüllung(7)	0.019
Gasfüllung(8)	0.019
Polysulfid (1)	0.400
SAN 35% GF	0.160
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110

Randbedingung	q[W/m²]	θ[°C]	R[(m²·K)/W]	ε
Aussen Standard		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

C.2 Detail: Unten

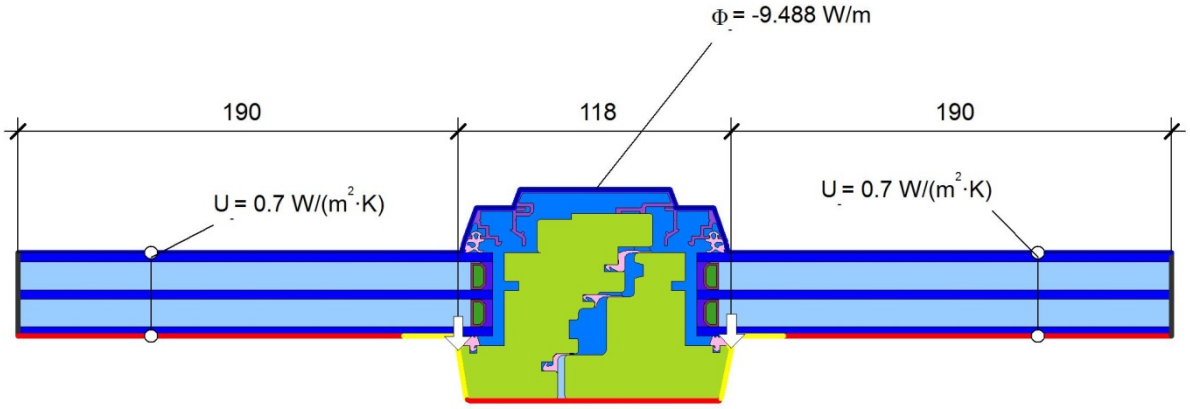


$$\psi_A = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_f \cdot b_f = \frac{6.615}{20.000} - 0.700 \cdot 0.190 - 1.167 \cdot 0.141 = 0.033 \text{ W/(m·K)}$$

Material	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
EPS	0.033
Edelstahl	15.000
Floatglas	1.000
Gasfüllung(5)	0.019
Gasfüllung(6)	0.019
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Polysulfid (1)	0.400
SAN 35% GF	0.160
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110

Randbedingung	q[W/m²]	θ[°C]	R[(m²·K)/W]	ε
Aussen Standard		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

C.3 Detail: Mittelpartie



$$\psi = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_{g1}\cdot b_{g1} - U_f\cdot b_f - U_{g2}\cdot b_{g2}}{2} = \frac{\frac{9.488}{20.000} - 0.700\cdot 0.190 - 1.206\cdot 0.118 - 0.700\cdot 0.190}{2} = 0.033\ \mathrm{W/(m\cdot K)}$$

Material	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Edelstahl	15.000
Floatglas	1.000
Gasfüllung(10)	0.019
Gasfüllung(7)	0.019
Gasfüllung(8)	0.019
Gasfüllung(9)	0.019
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Polysulfid (1)	0.400
SAN 35% GF	0.160
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110

Randbedingung	q[W/m²]	θ[°C]	R[(m²·K)/W]	ε
Aussen Standard		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			