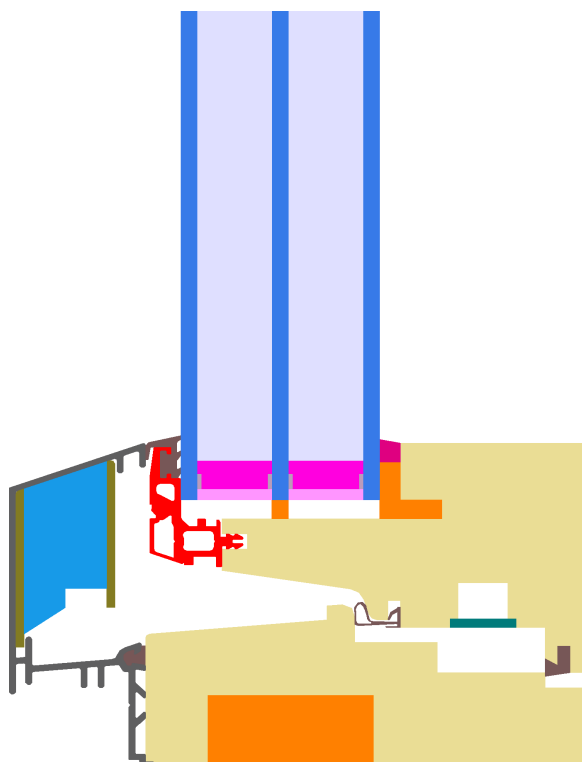


# Wärmebrückenberechnung zur Zertifizierung des Fensterrahmens SmartWin als Passivhaus geeignete Komponente

im Auftrag der Firma  
pro Passivhausfenster GmbH  
Martin-Greif-Straße 20  
D-83080 Oberaudorf



## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Vorgaben zur Wärmestromberechnung	4
2.1. Beschreibung des Fensterrahmens	4
2.2. Glas, Panel und Randverbund	4
2.3. Randbedingungen	5
2.4. Verwendete Materialien und Wärmeleitfähigkeiten	5
3. Ergebnisse der Wärmestromberechnungen	7
4. Berechnungsergebnisse im Überblick	8
5. Zertifizierte Rahmenkonstruktion	9
5.1. Stulp/Pfosten	10
6. Varianten	11
6.1. Rollstuhlschwelle und Schlossseite Fenstertüre	11
6.2. Fixverglasung	12
6.3. Riegel	13
6.4. Ganzglasecke	14
7. Fenster-U-Werte für verschiedene Formate	15
8. Einbausituation	15
8.1. Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS)	16
8.2. Holzleichtbauwand	17
8.3. Wand aus Betonschalungssteinen	18
9. Zusammenfassung	19
10. Anhang: Konstruktionszeichnungen	20

## 1. Einleitung

Passivhäuser stellen aufgrund der Möglichkeit, auf ein separates Heizsystem zu verzichten, hohe Anforderungen an die Qualität der verwendeten Bauteile. Sieht man keine gezielte Heizwärmezufuhr unter den Fenstern vor, darf der Wärmedurchgangskoeffizient der verwendeten Fenster (Fenster-U-Wert)  $U_W$  in kühl-gemäßigtem Klima nicht größer als  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sein, damit es nicht zu störendem Strahlungswärmeentzug und Kaltluftabfall am Fenster kommt. Daraus ergeben sich bei gegebener Verglasungsqualität Grenzen für den Wärmebrückenverlustkoeffizienten im Bereich des Fensterrahmens.

Durch das Passivhaus Institut (PHI) wurden folgende Anforderungen für das Zertifikat "Passivhaus geeignete Komponente - Fensterrahmen" festgesetzt:

$$U_W \leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$U_W$  ist der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient für das gesamte Fenster bei Verwendung einer Verglasung mit  $U_g = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Dabei beträgt die Größe des Fensters  $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$ .

$$U_{W,\text{eingebaut}} \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$U_{W,\text{eingebaut}}$  ist der Fenster-U-Wert für ein eingebautes Fenster (Größe:  $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$ ). Dieses Kriterium ist an mindestens drei Einbauvarianten nachzuweisen.

Des Weiteren ist das Hygienekriterium zu erfüllen. Dieses Kriterium begrenzt die minimale Einzeltemperatur an der Innenseite der Fensteroberfläche, um Tauwasserausfall und Schimmelbildung zu vermeiden. Für kühl-gemäßigtes Klima gilt:

$$f_{RSI_{0,25 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}}} \geq 0,70$$

Dies entspricht einer minimalen Temperatur von  $12,60 \text{ °C}$  bei einer Außentemperatur von  $-5 \text{ °C}$  und einer Innentemperatur von  $20 \text{ °C}$  und 50% relativer Luftfeuchte.

Zusätzlich werden die Fenster abhängig von den Wärmeverlusten durch den opaken Teil in Effizienzklassen eingestuft, die sich an  $\Psi_{\text{opak}}$  orientieren. In diese Wärmeverluste gehen die Rahmen-U-Werte, die Rahmenbreiten, die Glasrand- $\Psi$ -Werte und die Glasrandlängen ein:

$$\Psi_{\text{opak}} = \Psi_g + \frac{U_f \cdot A_f}{l_g}$$

Für das Passivhaus ist die Bilanz aus Wärmeverlusten und Wärmegewinnen relevant. Da die solaren Gewinne schwer fassbar sind, ist es zweckmäßig, die Verluste über die Bereiche zu quantifizieren und zu einer Bilanzierung heran zu ziehen, über die keine solaren Gewinne möglich sind. Dies leistet  $\Psi_{\text{opak}}$ .

Tabelle 1: Passivhaus-Effizienzklassen.

$\Psi_{\text{opak}}$	Passivhaus-Effizienzklasse	Bezeichnung
$\leq 0,220 \text{ W}/(\text{mK})$	ph <b>C</b>	Certifiable component
$\leq 0,155 \text{ W}/(\text{mK})$	ph <b>B</b>	Basic component
$\leq 0,110 \text{ W}/(\text{mK})$	ph <b>A</b>	Advanced component

## 2. Vorgaben zur Wärmestromberechnung

Im Auftrag der Firma pro Passivhausfenster GmbH in D-83080 Oberaudorf hat das Passivhaus Institut für einen wärmegeprägten Fensterrahmen mit dem Produktnamen SmartWin die thermischen Kennwerte für ein Fenster (Standardmaß: 1,23 m \* 1,48 m) auf der Grundlage der DIN EN ISO 10077-1 und 10077-2 berechnet.

Das Passivhaus Institut arbeitet zur Berechnung von Wärmebrücken mit dem Wärmestromprogramm BISCO der Firma Physibel, Belgien.

### 2.1. Beschreibung des Fensterrahmens

Der Fensterrahmen besteht aus Holzkanteln, die außenseitig mit einer Holzweichfaserplatte überdämmt sind. Blend- und Flügelrahmen schließen innen flächenbündig. Der Fensterrahmen verfügt über Witterungsschutzprofile aus Aluminium und weist von außen eine Ganzglasoptik auf. Es kommt der Abstandhalter SuperSpacer Tri-Seal zum Einsatz, für den im Berechnungsmodell eine thermisch gleichwertige Ersatzkonstruktion angesetzt wurde.

### 2.2. Glas, Panel und Randverbund

Für die 3-fach-Wärmeschutzverglasung wird bei den Berechnungen im Zuge der Zertifizierung generell ein Glas-U-Wert von 0,70 W/(m<sup>2</sup>K) angesetzt. Um einen Fenster-U-Wert  $\leq 0,80$  W/(m<sup>2</sup>K) zu erfüllen ist ein Rahmen (sowie ein Abstandhalter/Randverbund) mit einer entsprechenden thermischen Güte erforderlich.

*Tabelle 2: Eigenschaften der Verglasung und des Paneels.*

Eigenschaften der Verglasung	Abstandhalter:	SuperSpacer Tri-Seal
	Anzahl der Scheiben:	3 Stück
	Stärke der Scheiben:	4 mm
	Stärke des Scheibenzwischenraumes:	18 mm
	Stärke der Verglasung/des Panels:	48 mm
	Wärmeleitfähigkeit des SZR:	0,029 W/(mK)
	U-Wert der Verglasung:	0,700 W/(m <sup>2</sup> K)
Eigenschaften des Panels	Wärmeleitfähigkeit des Panels:	0,035 W/(mK)
	U-Wert des Panels:	0,649 W/(m <sup>2</sup> K)

In vielen Randverbundkonstruktionen sind sehr dünne Metallfolien (etwa 0,01 bis 0,1 mm) mit hohen Wärmeleitfähigkeiten verarbeitet. Die maßstäbliche Abbildung des Abstandhalters im Berechnungsmodell wäre nur mit sehr großem numerischem Aufwand lösbar.

Deshalb wurde anstatt einer hoch aufgelösten originalgetreuen Abbildung des Abstandhalters SuperSpacer Tri-Seal eine vereinfachte, jedoch thermisch gleichwertige Ersatzkonstruktion verwendet. Dies erlaubt eine größere Diskretisierung des Berechnungsmodells und damit einen praktikablen Rechenaufwand.

## 2.3. Randbedingungen

Die Randbedingungen wurden für die Berechnungen mit  $-10\text{ °C}$  Außentemperatur bzw.  $+20\text{ °C}$  Innentemperatur gewählt. Die Wärmeübergangskoeffizienten sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. An den inneren Oberflächen des Fensters wurde gemäß DIN EN 10077-2 in den Ecken mit einem Wärmeübergangswiderstand von  $R_{Si} = 0,20\text{ m}^2\text{K/W}$  gerechnet.























*Tabelle 3: Wärmeübergangswiderstände und Temperaturen an den Oberflächen.*

Oberfläche	Temperatur $\theta$ [°C]	Wärmeübergangswiderstand $R_{Si}$ [m <sup>2</sup> K/W]
zu Außenluft	-10	0,04
zu Außenluft bei hinterlüfteter Fassade		0,13
zu Innenluft	20	0,13
zu Innenluft in Ecken		0,20
zu Außenluft zur Bestimmung von $f_{RSi}$		0,04
zu Innenluft zur Bestimmung von $f_{RSi}$		0,25

## 2.4. Verwendete Materialien und Wärmeleitfähigkeiten

In der folgenden Tabelle sind die in der Berechnung verwendeten Materialien mit ihren Wärmeleitfähigkeiten und die für die Darstellung gewählten Farben aufgelistet. Quellen für die Wärmeleitfähigkeiten sind Firmenangaben bzw. einschlägige Normen. Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit von Hohlräumen wurde gemäß DIN EN 10077-2 ermittelt.

Tabelle 4: Wärmeleitfähigkeiten und (für die im Berechnungsmodell verwendeten) Farben der eingesetzten Materialien.

	Farbe	$\lambda$ W/mK	Bezeichnung
<b>Dämmung</b>			
29		0,029	PU-Schaum 40 kg/m <sup>3</sup>
21		0,035	Eichpanel, Außenwanddämmung (EPS)
27		0,04	Zellulosedämmung
156		0,05	Holzweichfaserplatte mit harter Seite
101		0,06	Vorlege-/Kompriband (Einbaufuge Fenster)
<b>Kunststoff</b>			
81		0,24	Butyl
56		0,25	EPDM
4		0,30	Polyamid (PA)
190		0,0516	Glasfaserkunststoff Rollstuhlschwelle
62		0,35	Silikon
86		0,40	Polysulfid
<b>Holz</b>			
15		0,13	Weichholz ~500 kg/m <sup>3</sup> , OSB ~650 kg/m <sup>3</sup>
159		0,13	Weichholz ~500 kg/m <sup>3</sup>
<b>Mineralische Materialien</b>			
39		0,36	Gipsfaserplatte
44		0,70	Kalkgipsputz
18		1,0	Kalksandstein, Kalkzementputz
38		2,3	Stahlbeton
<b>Metal</b>			
13		50	Stahl
16		160	Aluminium/SI-Legierung
<b>Fenstermaterialien</b>			
157		1	Glas
102		0,178	Superspacer TriSeal Ersatz
129		0,02890	SZR 18mm Ug= 0,7

### 3. Ergebnisse der Wärmestromberechnungen

Die Wärmeströme  $Q_{total}$  wurden mit dem Wärmestromprogramm Bisco für jede Schnittzeichnung auf Grundlage der DIN EN 10077-1 bzw. -2 berechnet. Für jeden Schnitt wurden normgemäß jeweils zwei Berechnungen durchgeführt (mit eingebauter Verglasung und mit Dämmplatte (WLK 035) anstelle der Verglasung). Der Randeinstand und die Dicke des Panels entsprechen denen der Verglasung. Die berechneten Wärmeströme  $Q_{total}$  sind jeweils zusammen mit den entsprechenden Maßen der Schnitte in der folgenden Tabelle dokumentiert. Diese Zwischenergebnisse bilden die Grundlage für die Kalkulation der U- und  $\Psi$ -Werte.

Die Höhe der Berechnungsmodelle beträgt bei Schnitten mit einem Glasteil 0,4 m, bei Schnitten mit 2 Glasteilen 0,6 m, für die Einbausituationen 1,41 m.

Tabelle 5: Ergebnisse der Wärmestromberechnungen für alle Schnitte.

Bezeichnung		$Q_{total}$ [W/m]					
		mit Superspacer Tri-Seal			mit Swisspacer V		
		SmartWin	Fenstertür	Smartwin fix	SmartWin	Fenstertür	Smartwin fix
Rahmen mit Panel	unten	8,6819	8,9525	7,9641			
	oben	7,9321	7,9321	7,4517			
	rechts	7,9321	7,9321	7,4517			
	links	7,9321	8,2283	7,4517			
	Pfosten/Stulp	12,2499					
	Riegel	13,0285		13,0404			
	Ganzglasecke						
Rahmen mit Glas	unten	9,9808	10,2798	9,2646	9,9423	10,2402	9,2234
	oben	9,2308	9,2308	8,7824	9,1923	9,1923	8,7402
	rechts	9,2308	9,2308	8,7824	9,1923	9,1923	8,7402
	links	9,2308	9,4160	8,7824	9,1923	9,3762	8,7402
	Pfosten/Stulp	14,6167			14,5402		
	Riegel	15,3976			15,3212		
	Ganzglasecke			15,8494			15,7612
Einbau in WDVS	h = 1,61 m	unten	14,4121				
		oben	12,7122				
		rechts	12,7122				
		links	12,7122				
Einbau in Holzleichtbau	h = 1,687 m	unten	14,4665				
		oben	13,3795				
		rechts	13,3795				
		links	13,3795				
Einbau in Betonschalungsstein	h = 1,41 m	unten	14,8803				
		oben	13,6077				
		rechts	13,6077				
		links	13,6077				

## 4. Berechnungsergebnisse im Überblick

Tabelle 6: Berechnungsergebnisse im Überblick.

Bezeichnung		mit Superspacer Tri-Seal			mit Swisspacer V		
		SmartWin	Fenstertür mit Rollstuhlschwelle	SmartWin fix	SmartWin	Fenstertür	SmartWin fix
erfüllt	nicht erfüllt						
Rahmenbreite $b_r$ [m]	unten	0,086	0,086	0,086			
	oben	0,086	0,086	0,086			
	rechts	0,086	0,086	0,086			
	links	0,086	0,161	0,086			
	Pfosten/Stulp	0,110					
	Riegel	0,110		0,150			
	Ganzglasecke						
Rahmen-U-Wert $U_r$ [W/(m²K)]	unten	0,996	1,101	0,718			
	oben	0,706	0,706	0,520			
	rechts	0,706	0,706	0,520			
	links	0,706	0,741	0,520			
	Pfosten/Stulp	0,822					
	Riegel	1,058					
	Ganzglasecke			0,260			
Glasrand Wärmebr. $\Psi_g$ [W/(mK)]	unten	0,0272	0,0282	0,0273	0,0259	0,0268	0,0259
	oben	0,0272	0,0272	0,0283	0,0259	0,0259	0,0269
	rechts	0,0272	0,0272	0,0283	0,0259	0,0259	0,0269
	links	0,0272	0,0273	0,0283	0,0259	0,0260	0,0269
	Pfosten/Stulp	0,0269			0,0256		
	Riegel	0,0269			0,0257		
	Ganzglasecke			0,0542			0,0527
minimaler Temperaturfaktor $f_{Rsi,0,25}$ m²K/W [-]	unten	0,68	0,67	0,71	0,69	0,68	0,72
	oben	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,74
	rechts	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,74
	links	0,72	0,70	0,73	0,73	0,71	0,74
	Pfosten/Stulp	0,72			0,72		
	Riegel	0,69			0,70		
	Ganzglasecke			0,67			0,68
<b>Fenster-U-Wert <math>U_w</math></b>		<b>0,789</b>	<b>0,797</b>	<b>0,741</b>	<b>0,786</b>	<b>0,794</b>	<b>0,738</b>
$\Psi_{opak}$ [W/(mK)]		0,099	0,118	0,080	0,098	0,116	0,079
<b>Passivhaus-Effizienzklasse</b>		<b>ph A</b>	<b>ph B</b>	<b>ph A</b>	<b>ph A</b>	<b>ph B</b>	<b>ph A</b>
Einbau in WDVS [W/(mK)]	unten	0,0436					
	oben	0,0120					
	rechts	0,0120					
	links	0,0120					
	$U_{w,eingebaut}$	<b>0,8461</b>			<b>0,8427</b>		
Einbau in Holzleichtbau [W/(mK)]	unten	0,0273					
	oben	0,0160					
	rechts	0,0160					
	links	0,0160					
	$U_{w,eingebaut}$	<b>0,8443</b>			<b>0,8409</b>		
Einbau in Betonschalungstein [W/(mK)]	unten	0,0189					
	oben	0,0015					
	rechts	0,0015					
	links	0,0015					
	$U_{w,eingebaut}$	<b>0,8051</b>			<b>0,8018</b>		



## 5. Zertifizierte Rahmenkonstruktion

Abbildung 1 zeigt den Schnitt 'oben/seitlich' und 'unten' des zertifizierten Fensterrahmens mit einer 48 mm starken Verglasung (4/18/4/18/4) und dem Abstandhalter SuperSpacer Tri-Seal.

Rechts ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbig gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von 0,1 W/m.

Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

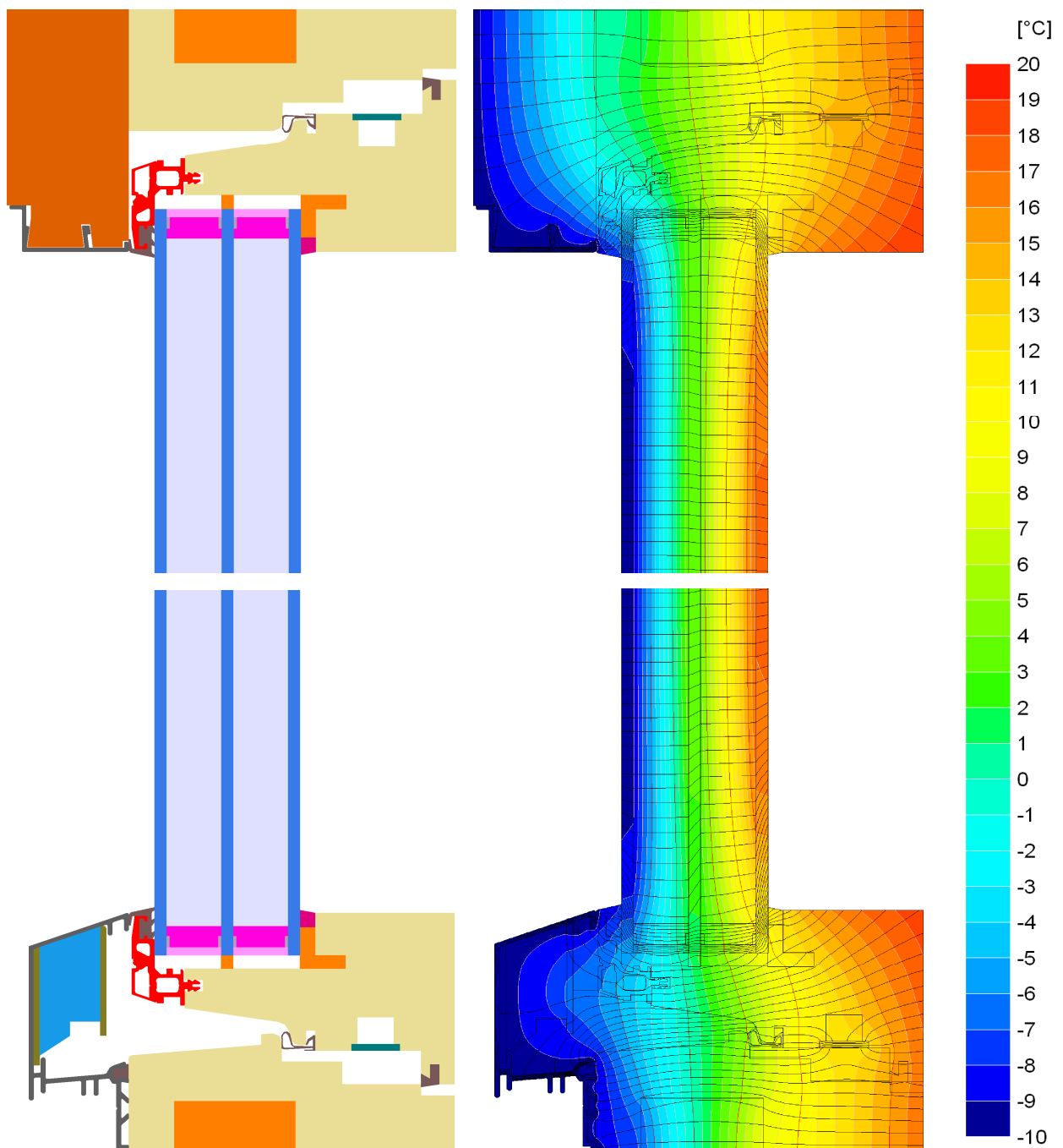


Abbildung 1: Fensterrahmen SmartWin: Schnitt 'seitlich/oben' bzw. 'unten' mit den zugehörigen Isothermen- und Wärmestrombildern.

## 5.1. Stulp/Pfosten

Abbildung 2 zeigt den Schnitt eines Stulps/Pfostens aus dem System des zertifizierten Fensterrahmens mit einer 48 mm starken Verglasung (4/18/4/18/4) und dem Abstandhalter SuperSpacer Tri-Seal. Die thermischen Werte dieses Bauteils werden informativ ausgewiesen und gehen nicht in den Fenster-U-Wert des zertifizierten Fensters ein.

Rechts ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbig gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von 0,1 W/m.

Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

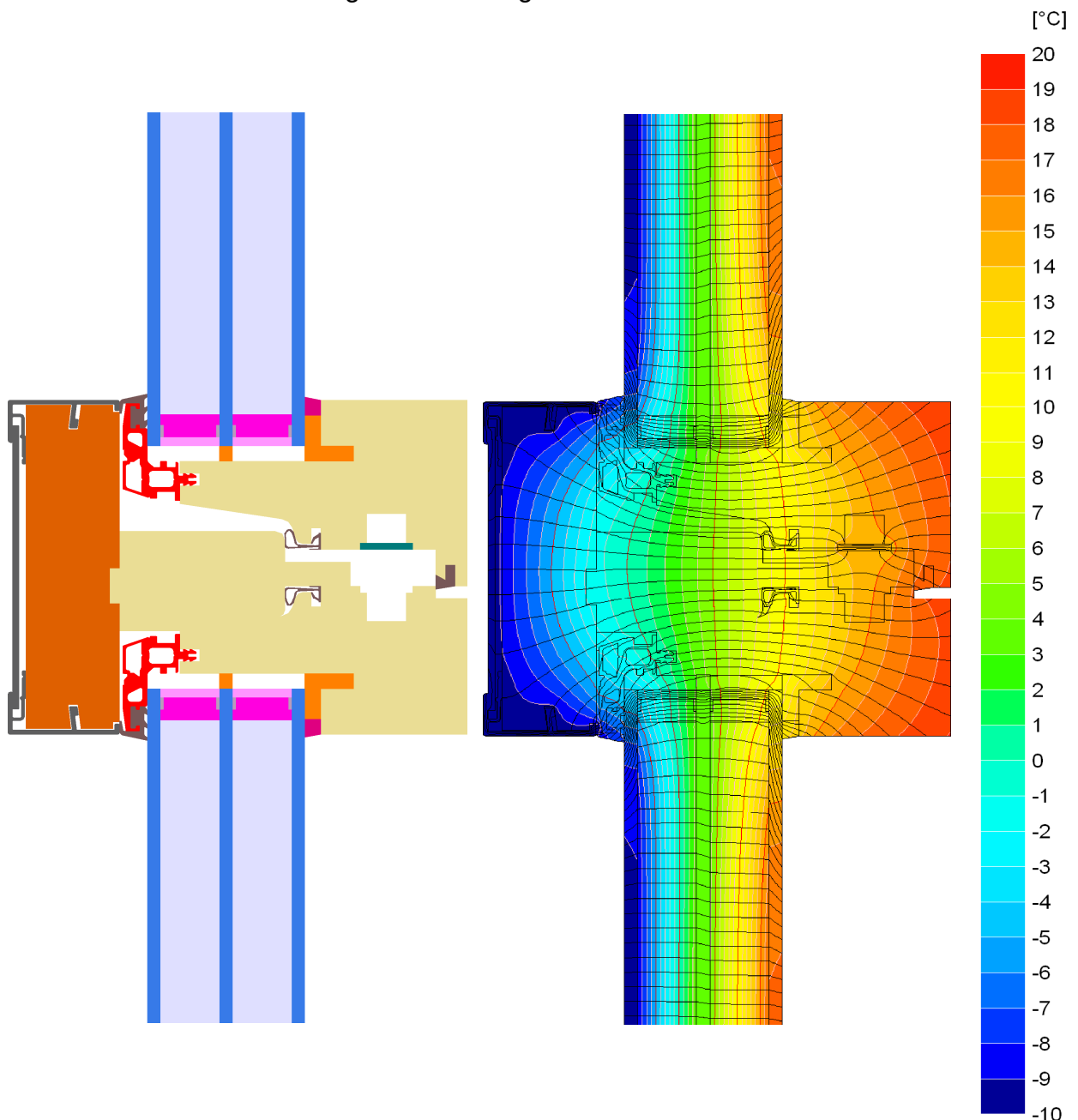


Abbildung 2: Schnitt des Pfostens/Stulps aus dem System des SmartWin mit dem zugehörigen Isothermen- und Wärmestrombild.

## 6. Varianten

### 6.1. Rollstuhlschwelle und Schlosseite Fenstertüre

Abbildung 3 zeigt den Schnitt einer barrierefreien Schwelle sowie der Schlosseite der Fenstertüre mit einer 48 mm starken Verglasung (4/18/4/18/4) und dem Abstandhalter SuperSpacer Tri-Seal.

Rechts ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbig gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von 0,1 W/m.

Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

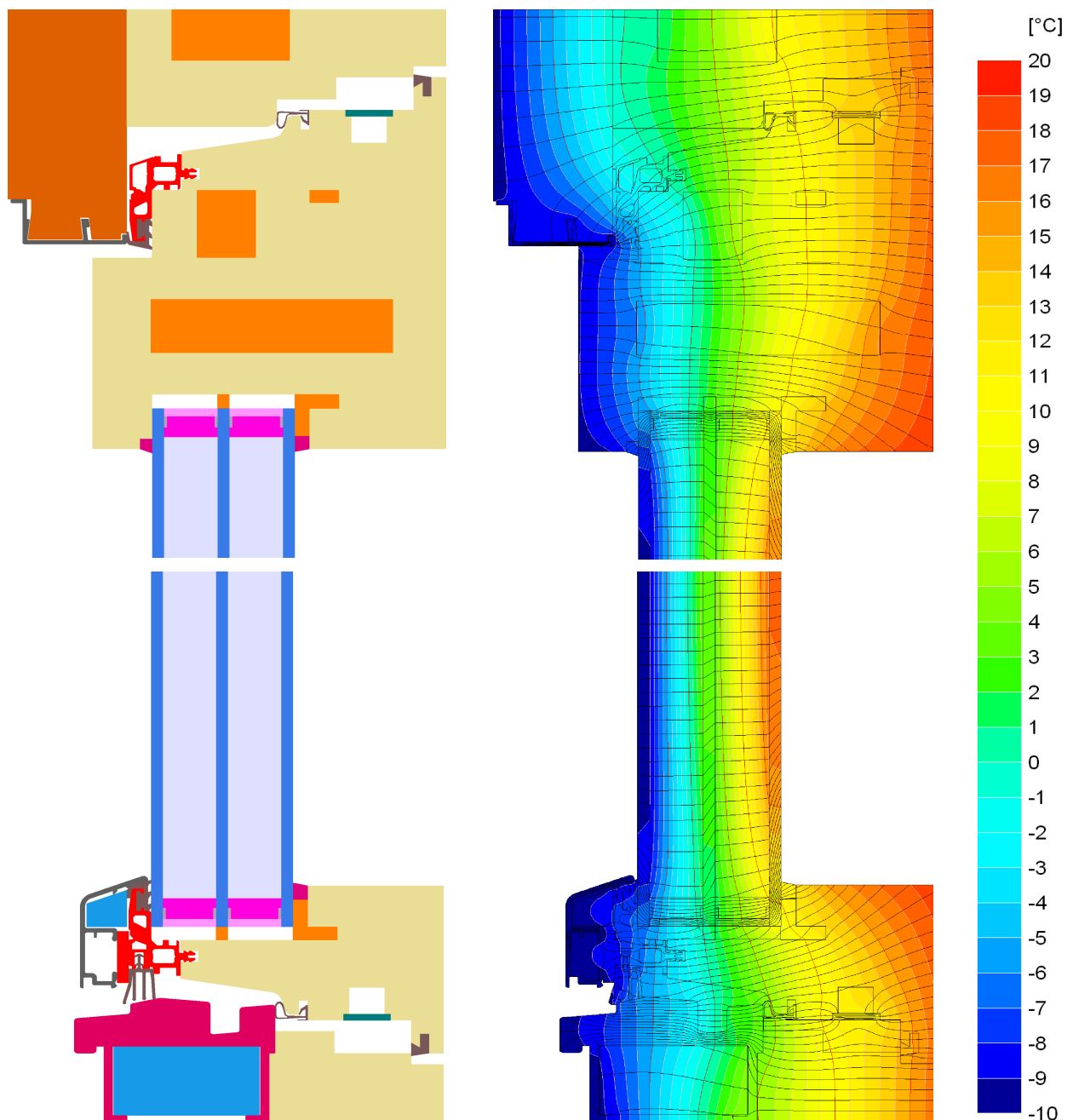


Abbildung 3: Schnitt der barrierefreien Schwelle und der Schlosseite der Fenstertüre aus dem System des SmartWin mit den zugehörigen Isothermen- und Wärmestrombildern.

## 6.2. Fixverglasung

Abbildung 4 zeigt den Schnitt 'oben/seitlich' und 'unten' einer Fixverglasung aus dem System des zertifizierten Fensterrahmens mit einer 48 mm starken Verglasung (4/18/4/18/4) und dem Abstandhalter SuperSpacer Tri-Seal.

Rechts ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbig gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von 0,1 W/m.

Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

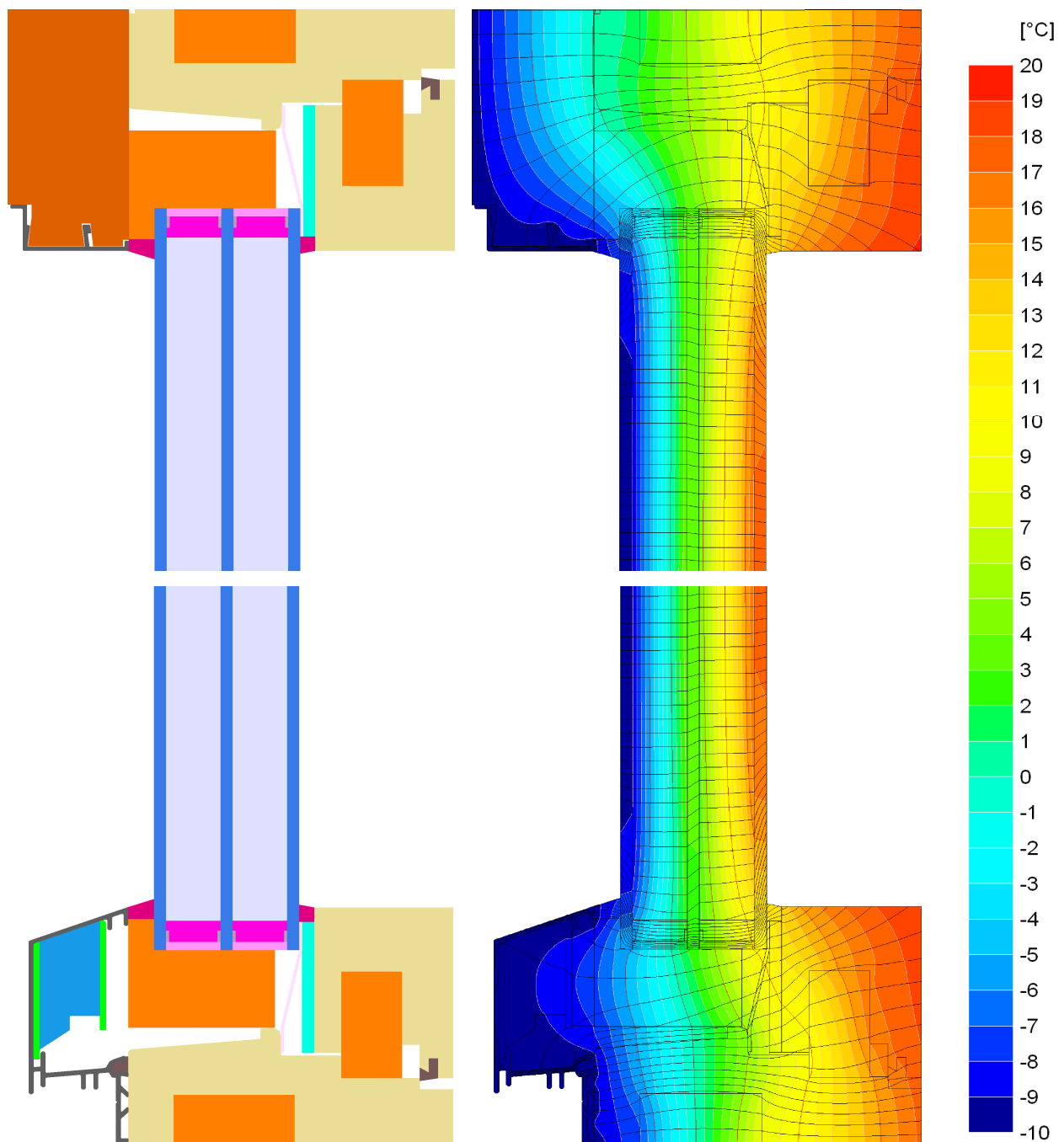


Abbildung 4: Fixverglasung aus dem System des SmartWin: Schnitt 'seitlich/oben' bzw. 'unten' mit den zugehörigen Isothermen- und Wärmestrombildern.

### 6.3. Riegel

Abbildung 5 zeigt den Schnitt durch den Riegel aus dem System des zertifizierten Fensterrahmens mit einer mit einer 48 mm starken Verglasung (4/18/4/18/4) und dem Abstandhalter SuperSpacer Tri-Seal. Der untere Teil ist als Fixverglasung, der obere als Öffnungsflügel ausgeführt.

Rechts ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbig gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von 0,1 W/m.

Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

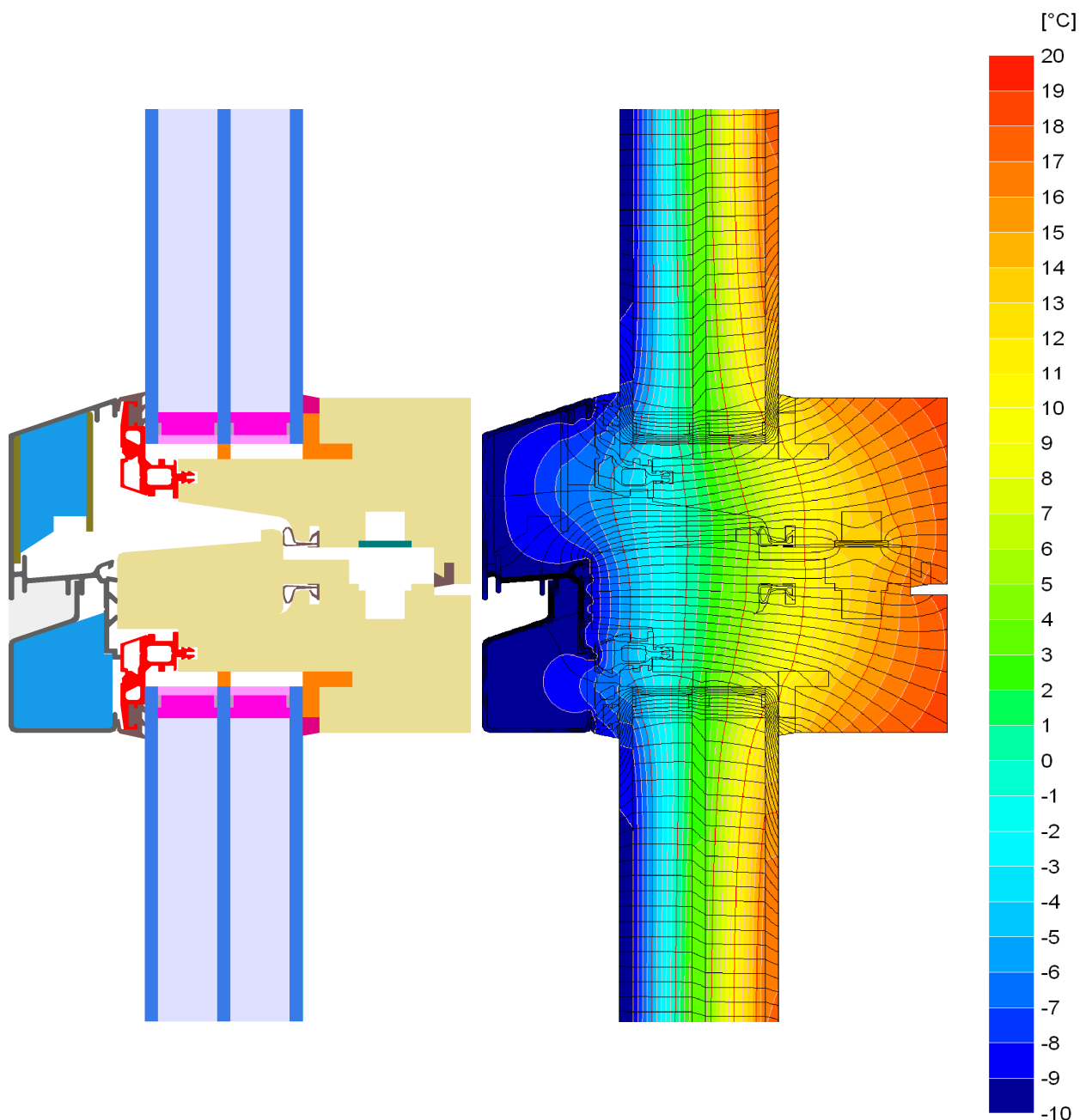


Abbildung 5: Schnitt des Riegels aus dem System des SmartWin mit dem zugehörigen Isothermen- und Wärmestrombild.

## 6.4. Ganzglasecke

Abbildung 6 zeigt eine Ganzglasecke aus dem System des zertifizierten Fensterrahmens mit einer mit einer 48 mm starken Verglasung (4/18/4/18/4) und dem Abstandhalter SuperSpacer Tri-Seal. Für die U-Wert-Berechnungen wurde der Außenmaßbezug angenommen. So kommen sehr günstige Werte zustande.

Unten ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbigen gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von 0,1 W/m.

Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

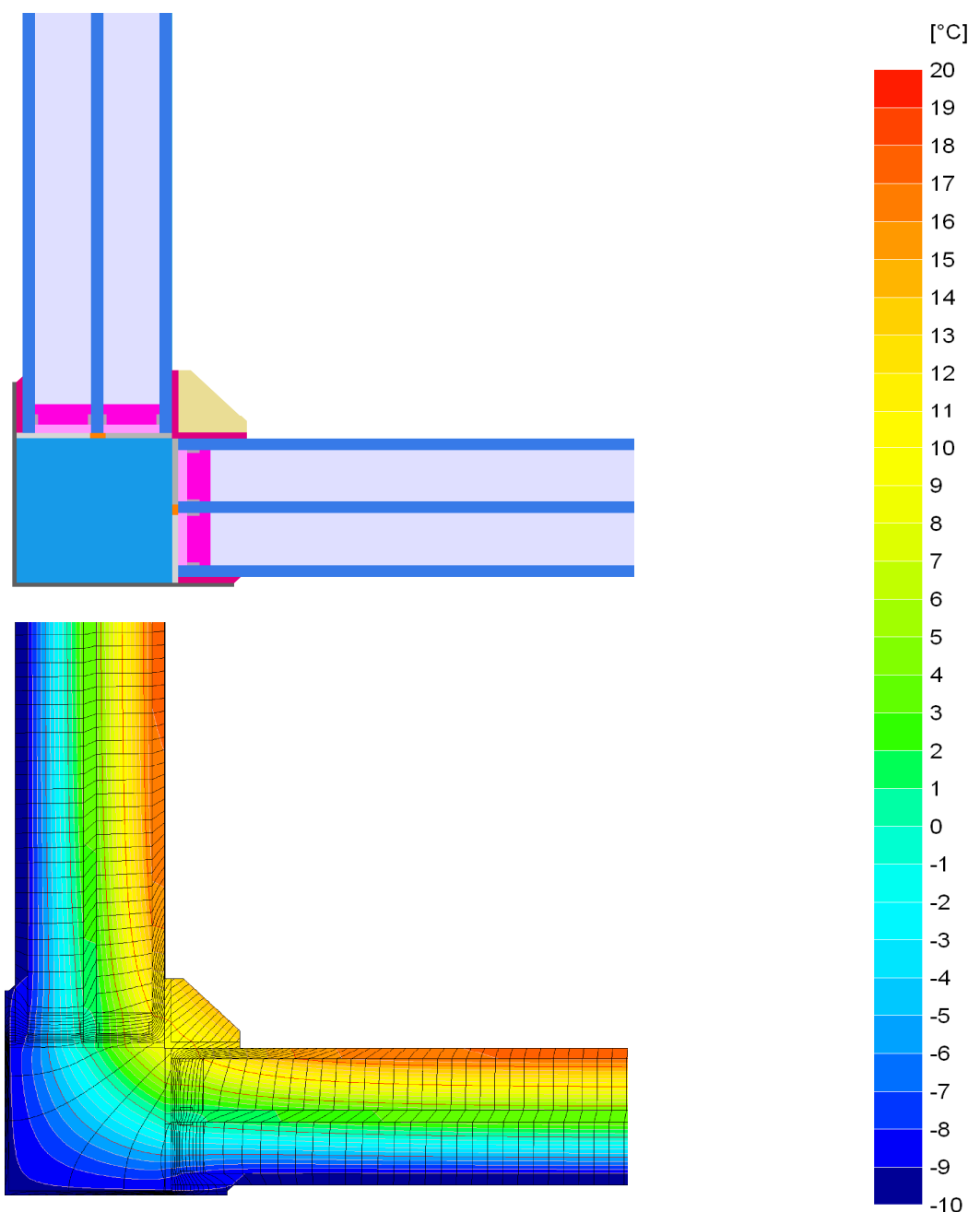


Abbildung 6: Schnitt einer Ganzglasecke aus dem System des SmartWin mit dem zugehörigen Isothermen- und Wärmestrombild.

## 7. Fenster-U-Werte für verschiedene Formate

Der Fenster-U-Wert  $U_W$  eines nicht eingebauten Fensters beliebiger Größe kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$U_W = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_f}$$

mit:	$A_g$	Glasfläche [m <sup>2</sup> ]	$U_g$	mittlerer Glas-U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
	$A_f$	Rahmenfläche [m <sup>2</sup> ]	$U_f$	mittlerer Rahmen-U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
	$l_g$	Länge Glasrand [m]	$\Psi_g$	mittlere Glasr.wärmebr. [W/(mK)]

## 8. Einbausituation

Neben dem Wärmedurchgang durch Fensterrahmen und Verglasung ist der Einbau des Fensters in eine Passivhaus geeignete Wand (U-Wert der Wand muss kleiner als 0,15 W/(m<sup>2</sup>K) sein) von entscheidender Bedeutung für das gesamte System. Deshalb wurden typische Einbausituationen, deren Ausgestaltung im Detail vom Hersteller vorgegeben wurde, auf ihre Tauglichkeit hin überprüft.

Die Ergebnisse werden in den Tabellen 5 und 6 wiedergegeben. Die Berechnungsmodelle und Isothermengrafiken werden folgend dargestellt.

Der U-Wert eines eingebauten Fensters beliebiger Größe lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$U_{W, eingebaut} = \frac{A_W \cdot U_W + l_{Einbau} \cdot \Psi_{Einbau}}{A_W}$$

mit:	$A_W$	Fensterfläche [m <sup>2</sup> ]	$U_W$	Fenster-U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
	$l_{Einbau}$	Umfang Fenster [m]	$\Psi_{Einbau}$	mittlere Einbau Wärmebr. [W/(mK)]

## 8.1. Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Folgende Abbildung zeigt den Einbau des Fensters 'oben/seitlich' und 'unten' in einer Mauerwerkswand mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS). Rechts ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbig gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von 0,1 W/m.

Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

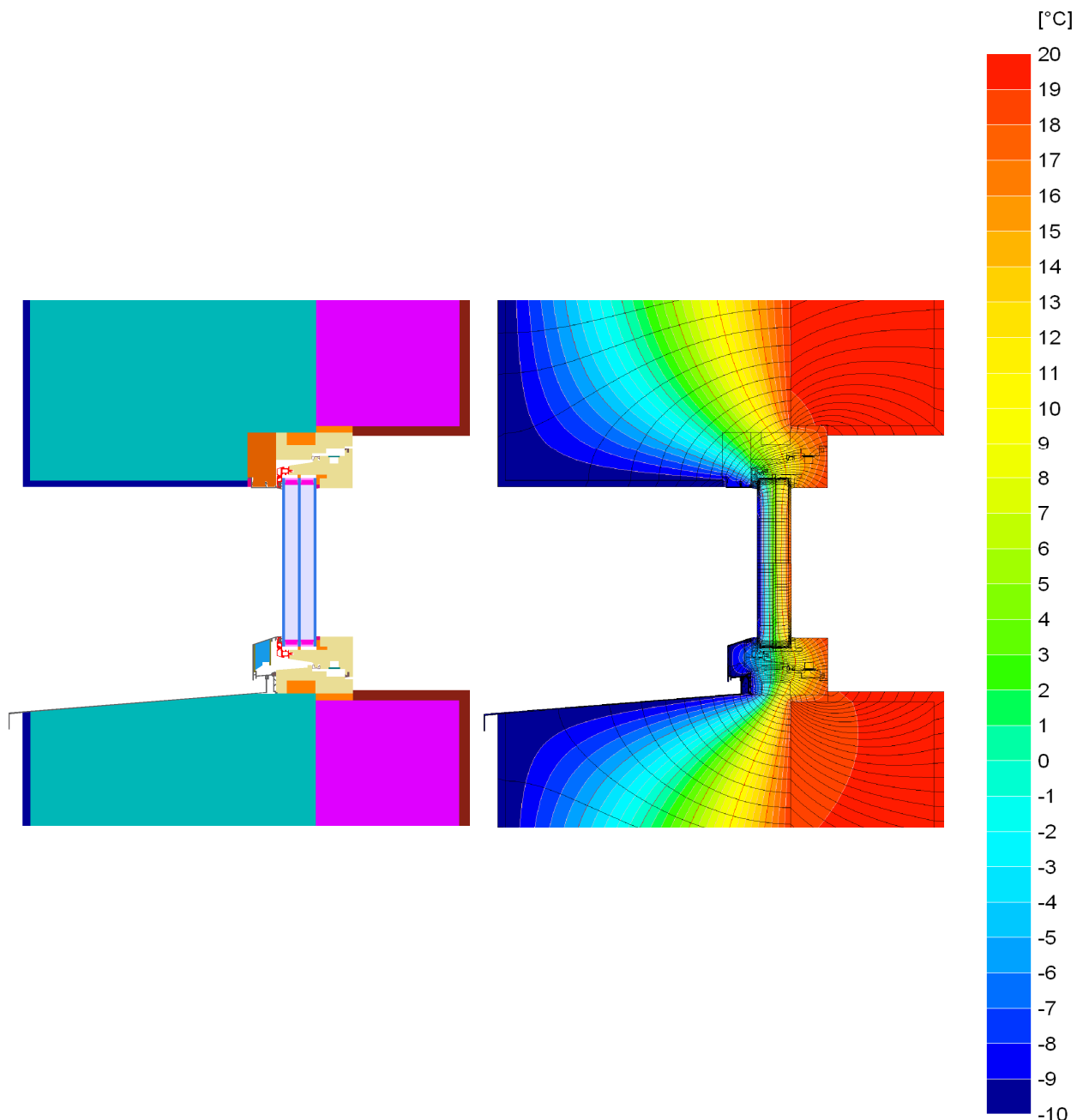


Abbildung 7: Einbausituation 'unten' und 'seitlich/oben' für eine Mauerwerkswand mit Wärmedämmverbundsystem mit zugehörigen Isothermenbildern



## 8.2. Holzleichtbauwand

Folgende Abbildung zeigt den Einbau des Fensters 'oben/seitlich' und 'unten' in einer Holzleichtbauwand. Rechts ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbig gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von 0,1 W/m.

Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

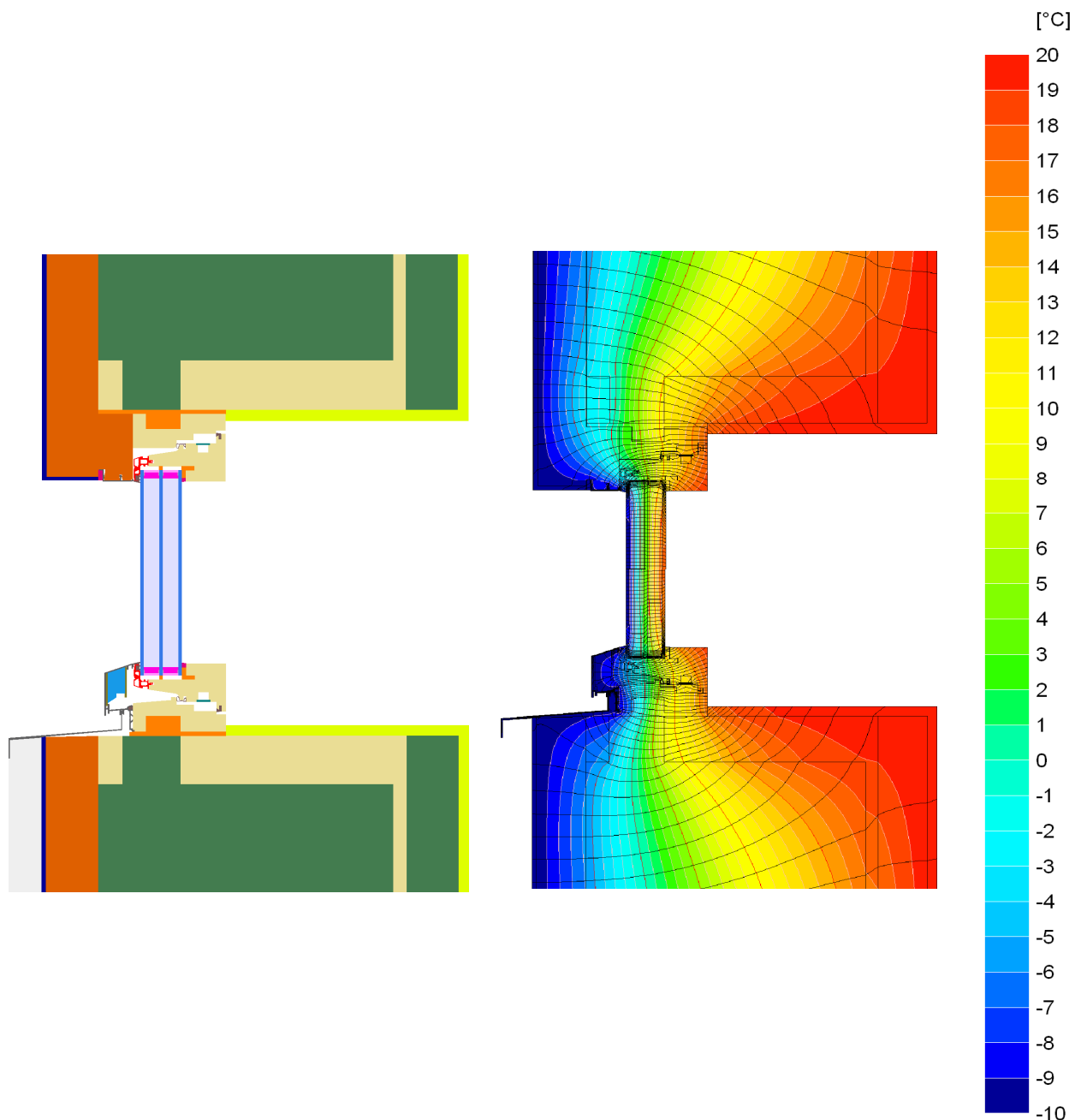


Abbildung 8: Einbausituation 'unten' und 'seitlich/oben' für eine Holzleichtbauwand mit zugehörigen Isothermenbildern

### 8.3. Wand aus Betonschalungssteinen

Folgende Abbildung zeigt den Einbau des Fensters 'oben/seitlich' und 'unten' in einer Wand aus Betonschalungssteinen. Rechts ist das zugehörige Isothermenbild dargestellt. Senkrecht zu den farbig gezeichneten Isothermen verlaufen die Wärmestromlinien. Zwischen den Linien fließt jeweils ein Wärmestrom von  $0,1 \text{ W/m}$ . Um Einzelheiten besser erkennen zu können werden in den Grafiken nur relevante Ausschnitte der Berechnungsmodelle dargestellt.

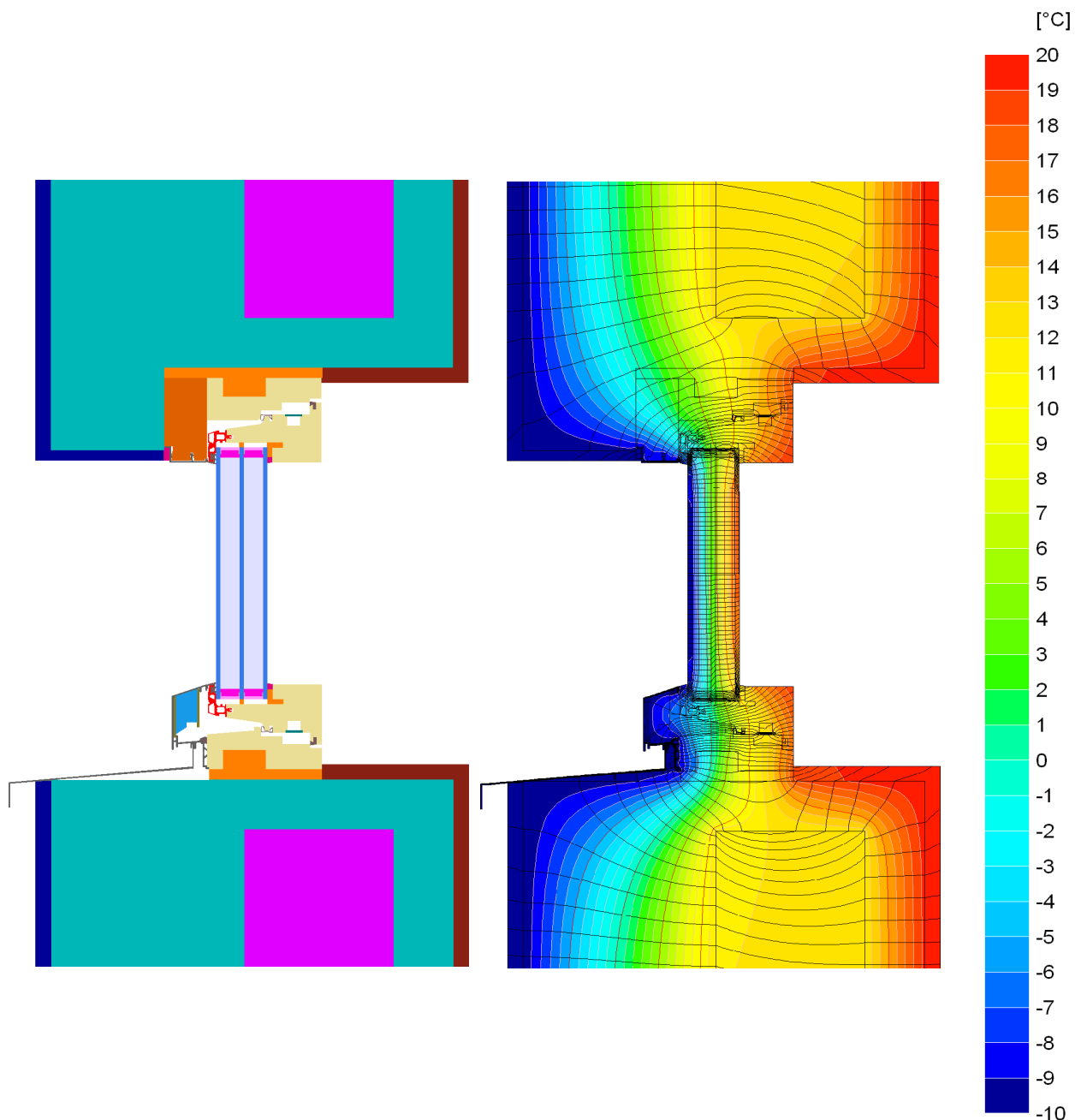


Abbildung 9: Einbausituation 'unten' und 'seitlich/'oben' für eine Wand aus Beton Schalungssteinen mit zugehörigen Isothermenbildern

## 9. Zusammenfassung

Das untersuchte Fenster SmartWin der Firma pro Passivhausfenster GmbH stellt eine gelungene und bezüglich der geprüften Parameter funktionierende Konstruktion einer Passivhaus geeigneten Komponente dar.

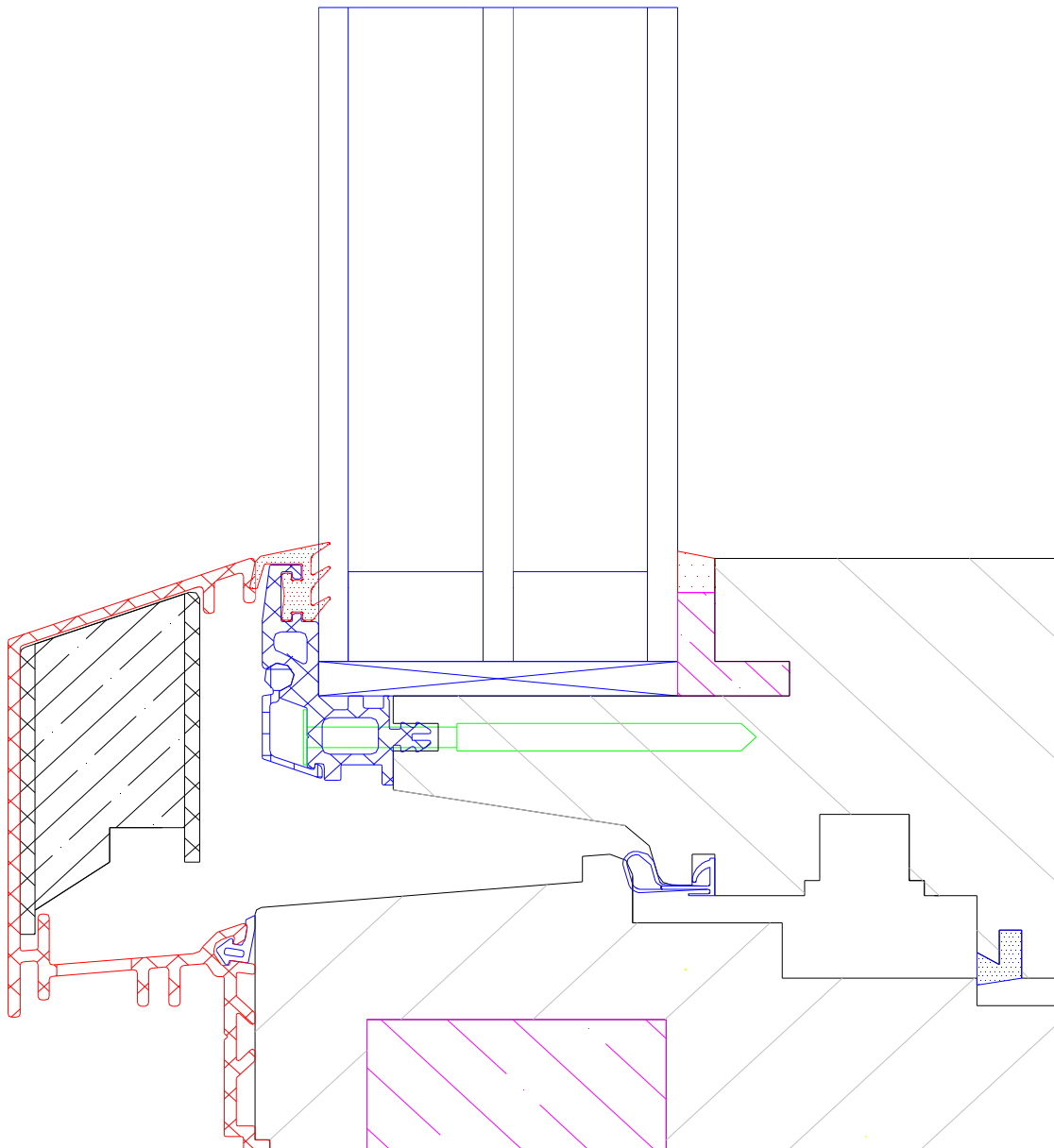
Die Zertifikatskriterien werden mit dem Abstandhalter SuperSpacer Tri-Seal erreicht.

Die Ergebnisse der Wärmestromberechnungen, die in diesem Bericht dokumentiert sind, belegen, dass die geforderten Werte für  $U_w$  und  $U_{w, eingebaut}$  erreicht werden.

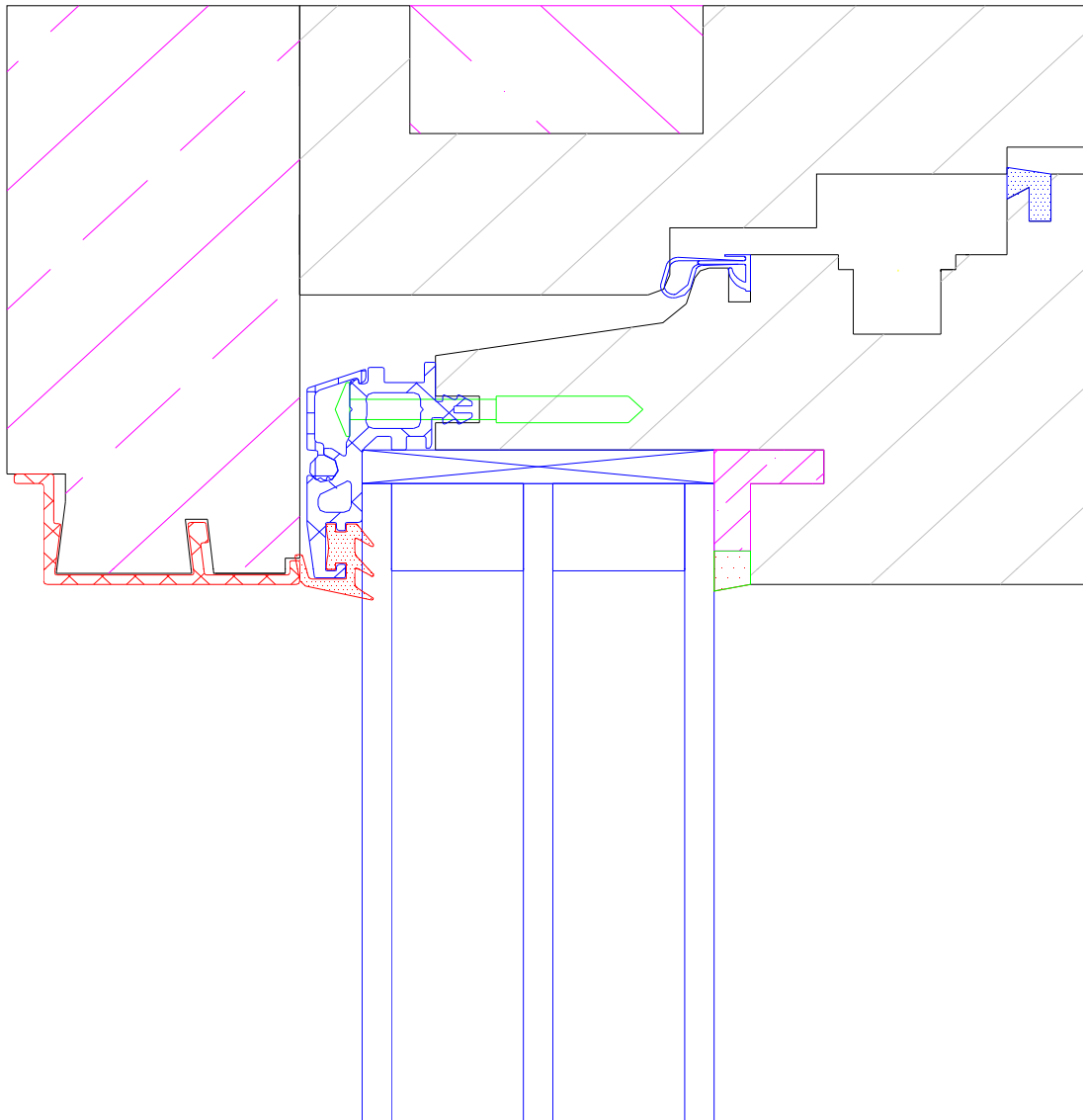
Bei der Bauausführung ist darauf zu achten, dass die Fenster wie im Bericht dargestellt eingebaut werden. Andernfalls können sich die Einbauwärmebrückenverlustkoeffizienten erheblich verschlechtern.

## 10. Anhang: Konstruktionszeichnungen

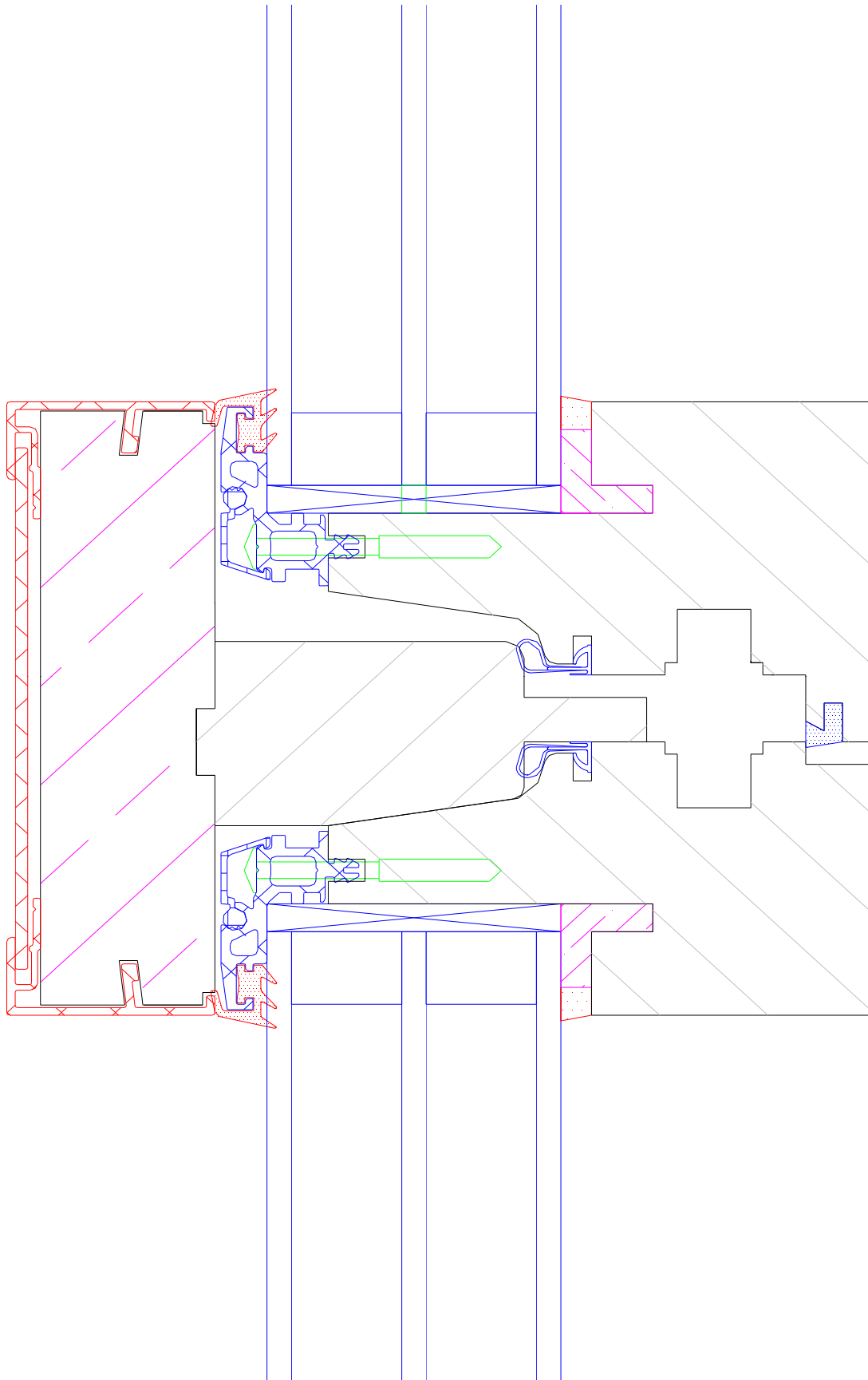
SmartWin: Rahmenschchnitt unten (nicht maßstäblich)



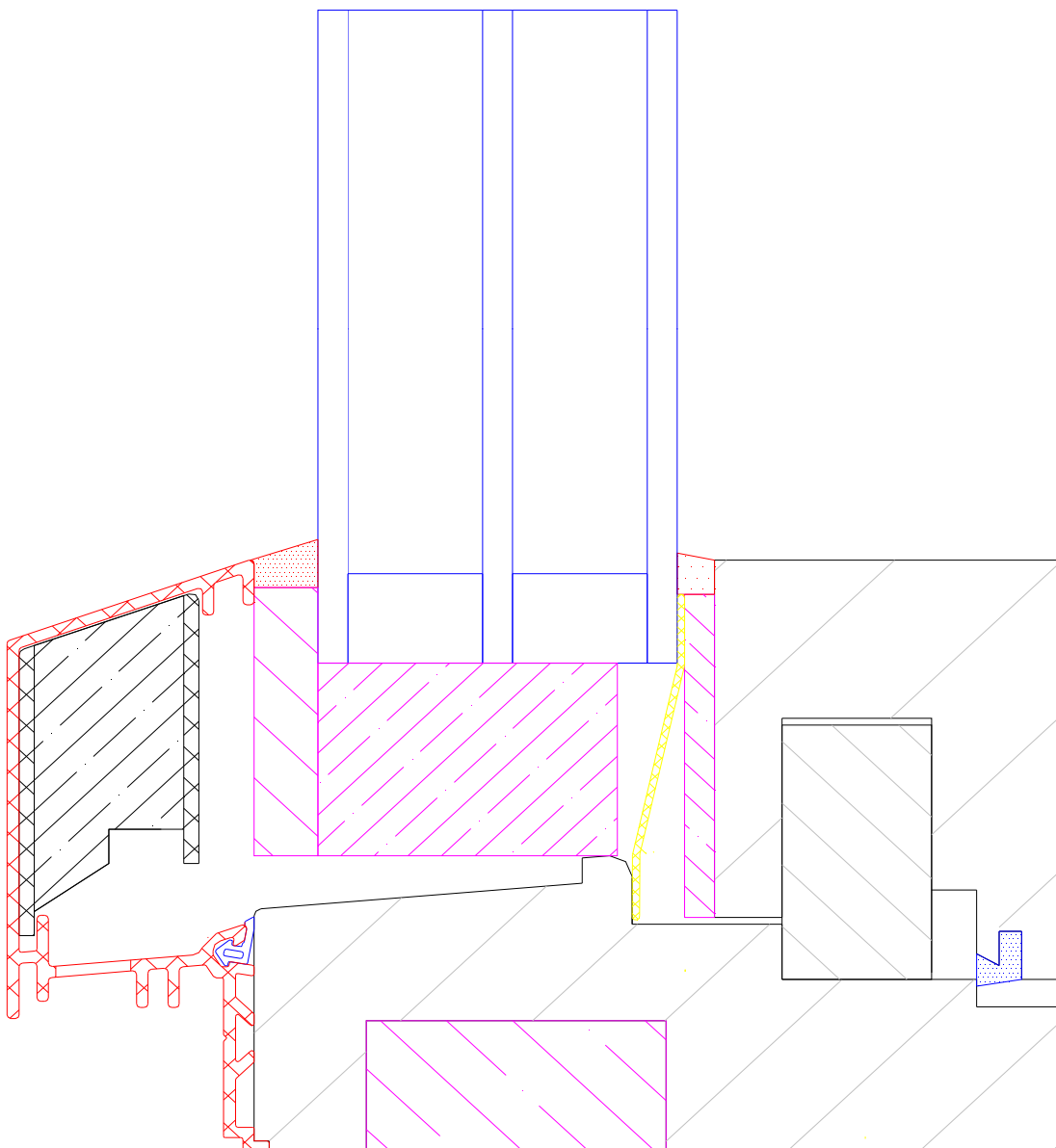
SmartWin: Rahmenschnitt seitlich/oben (nicht maßstäblich)



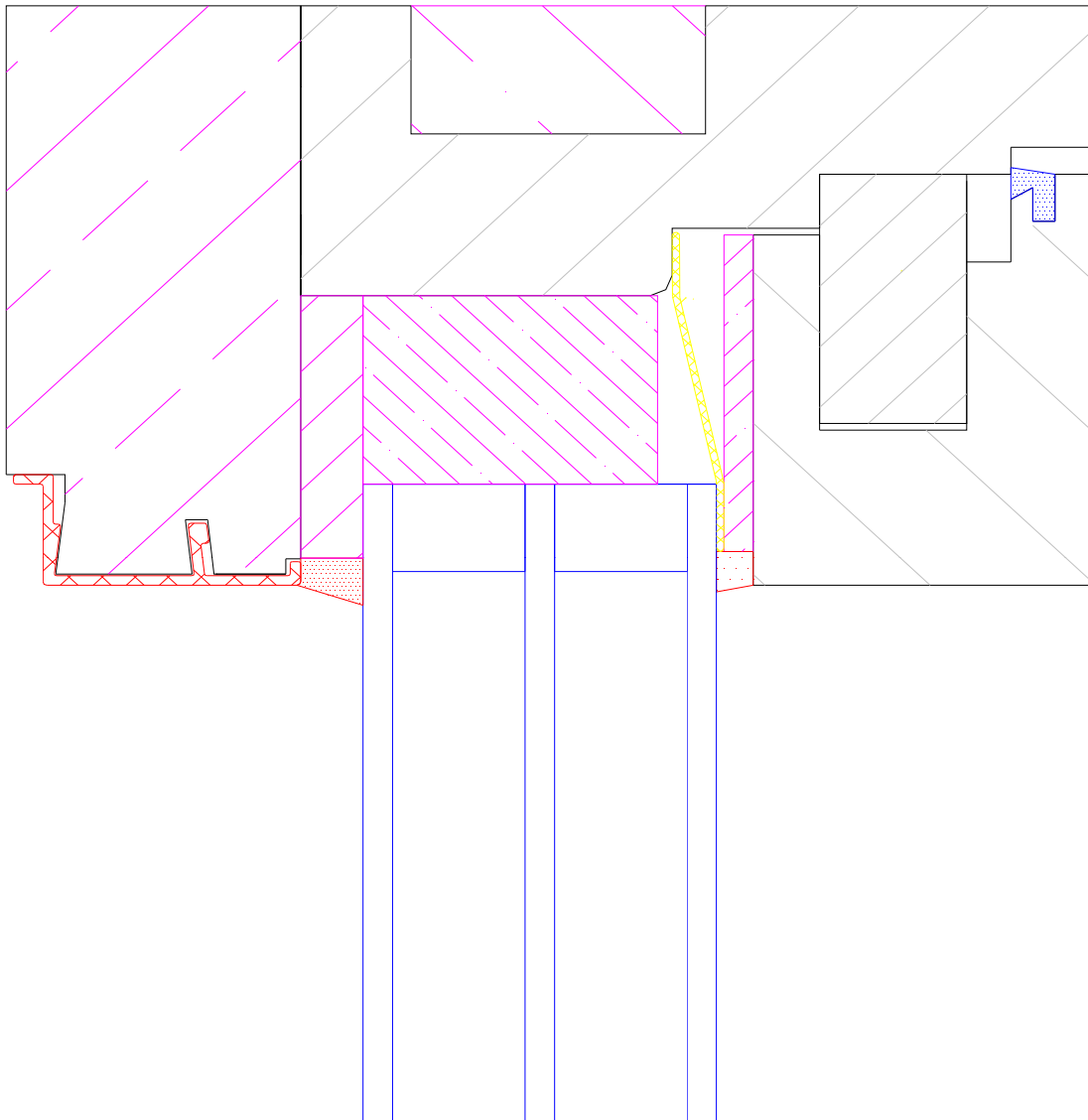
SmartWin: Pfosten-/Stulpschnitt (nicht maßstäblich)



SmartWin: Schnitt Fixverglasung unten (nicht maßstäblich)

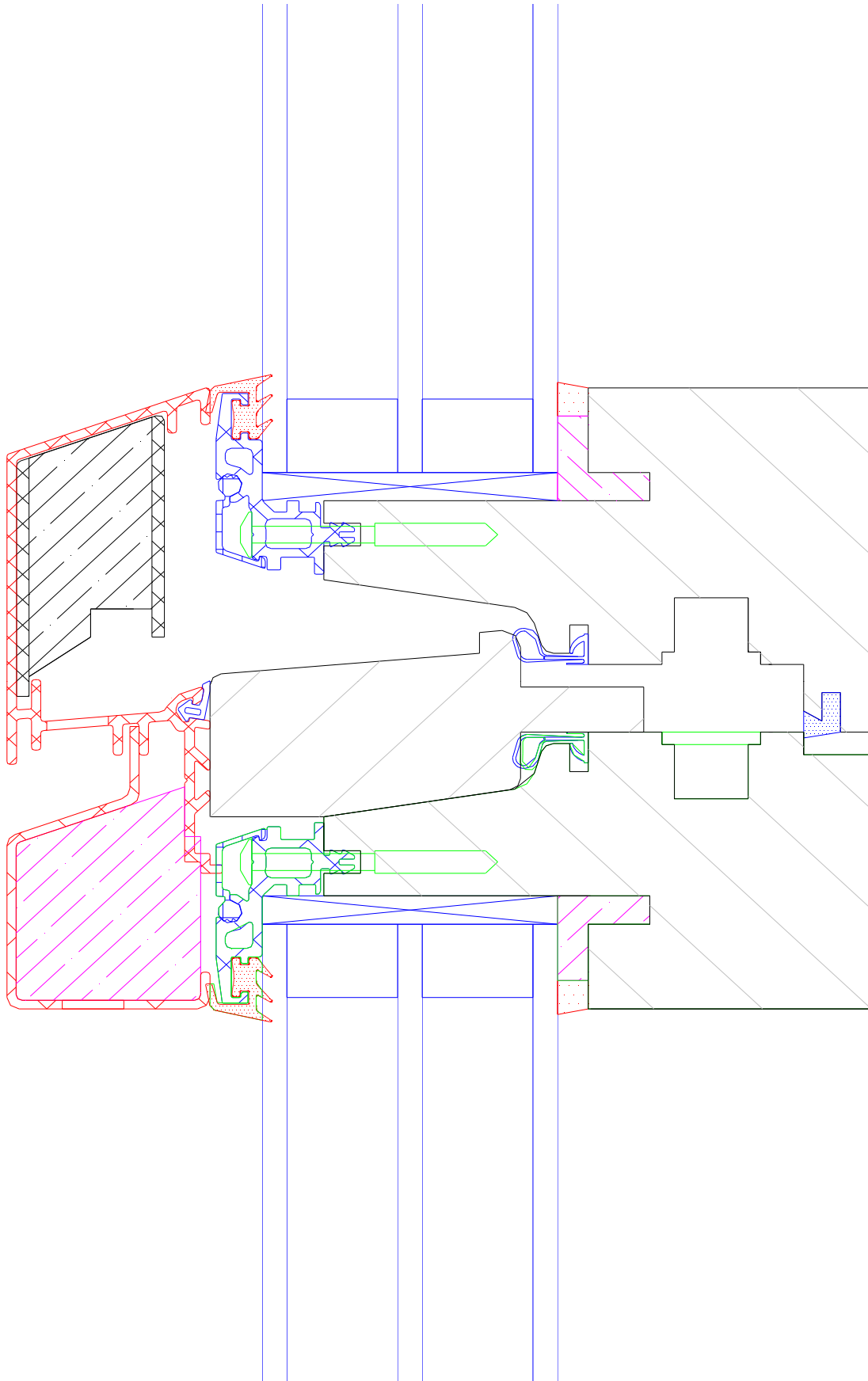


SmartWin: Schnitt Fixverglasung seitlich/oben (nicht maßstäblich)

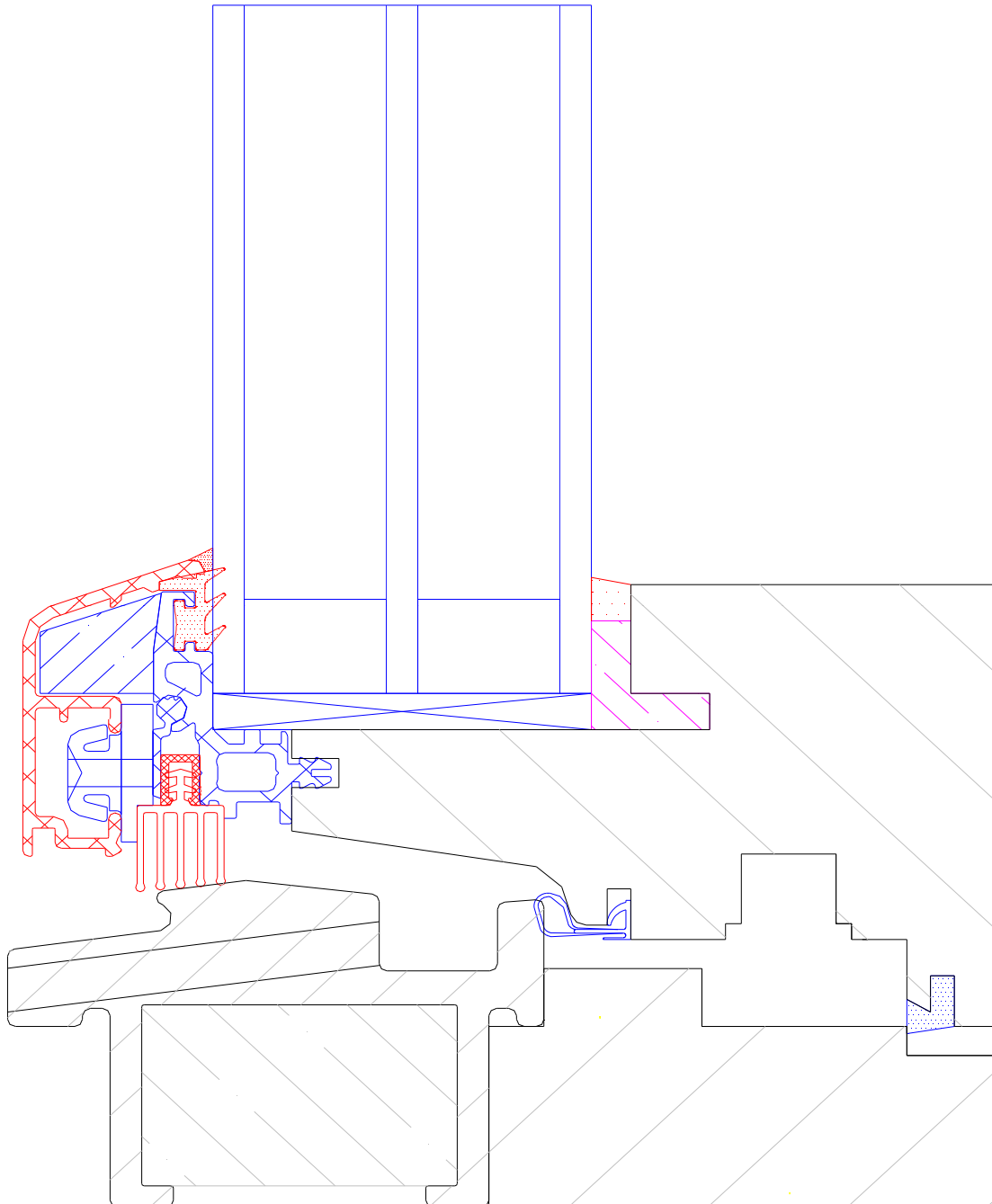




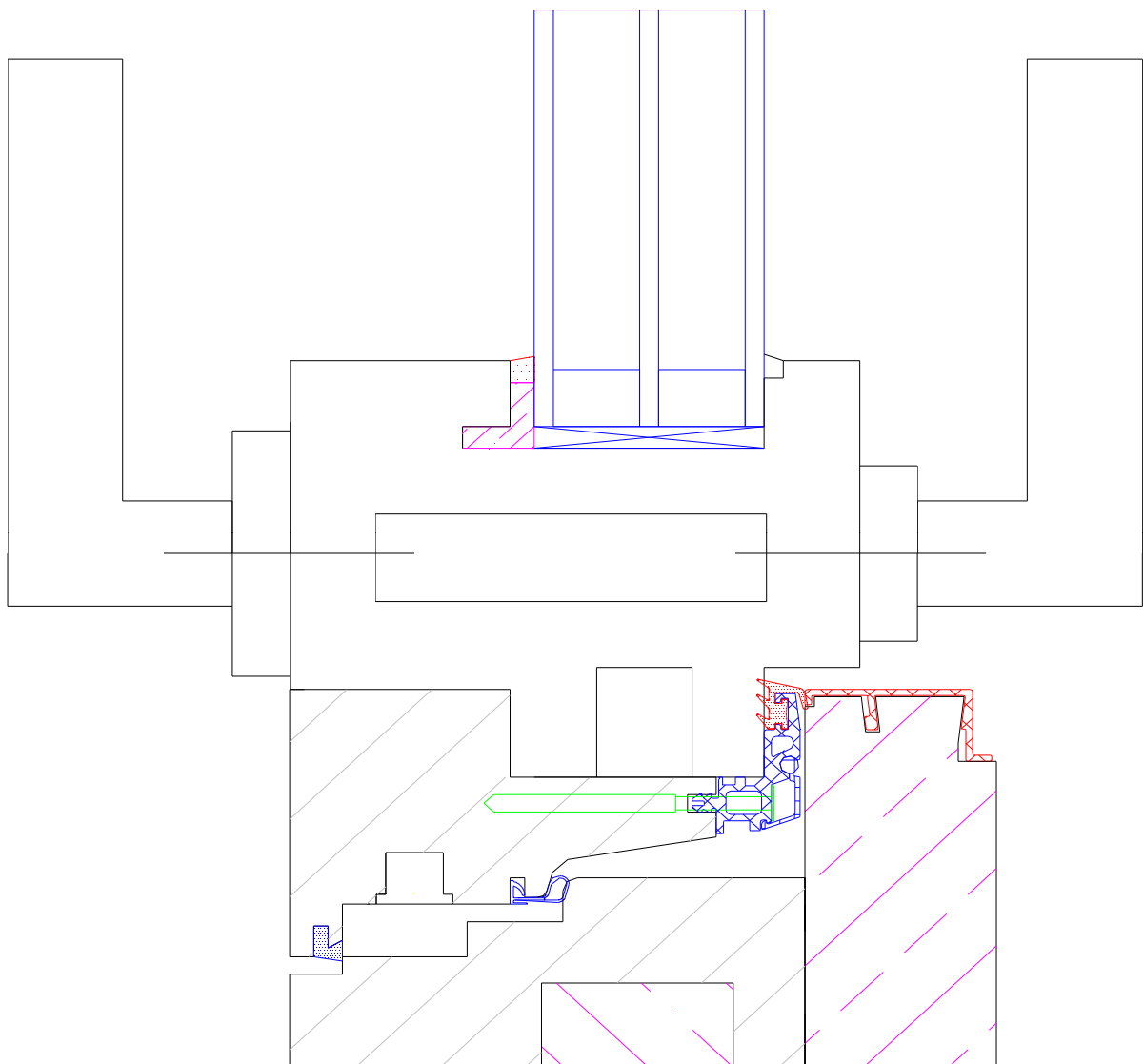
SmartWin: Riegelschnitt (nicht maßstäblich)



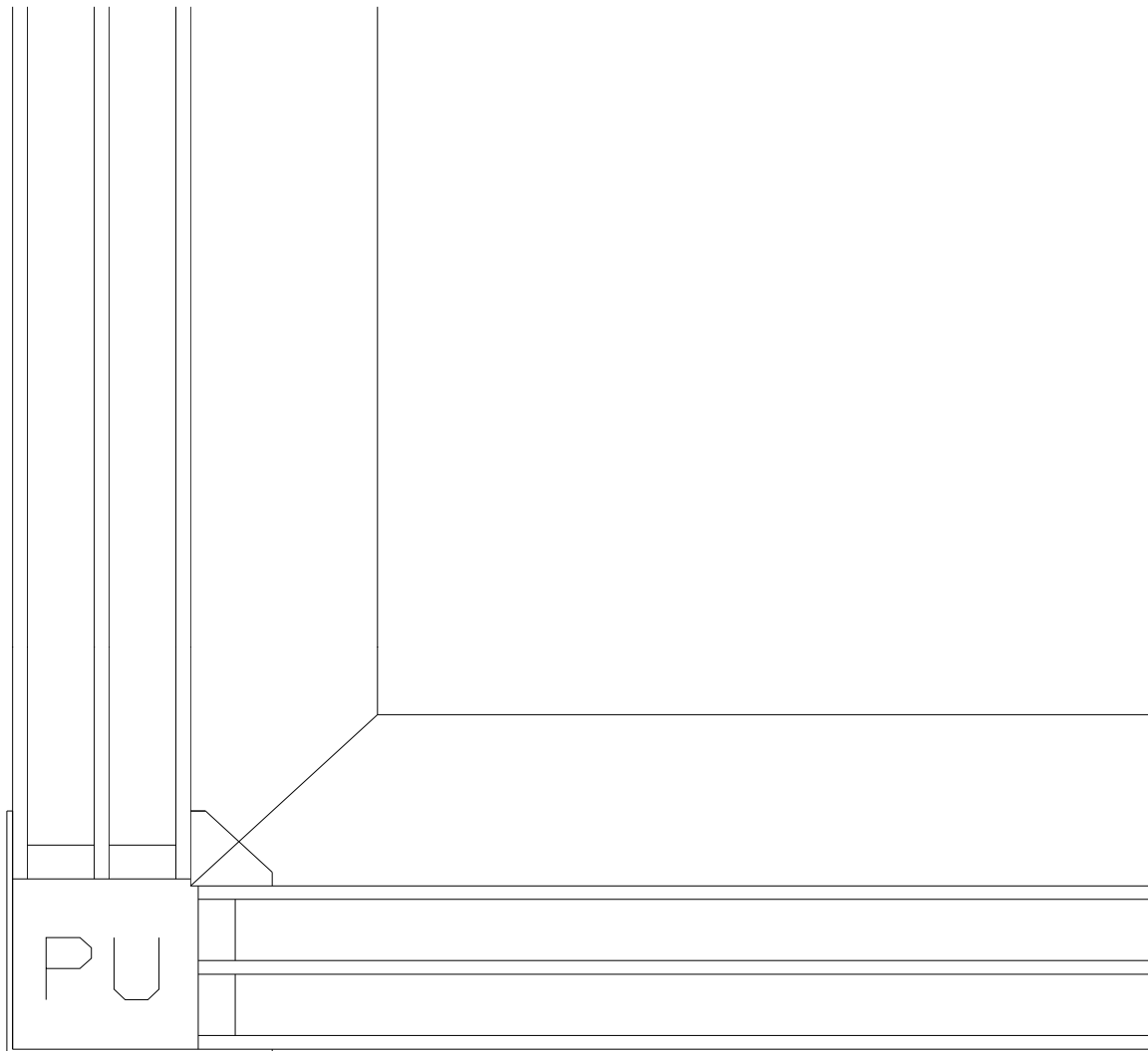
SmartWin: Schnitt Rollstuhlschwelle (nicht maßstäblich)



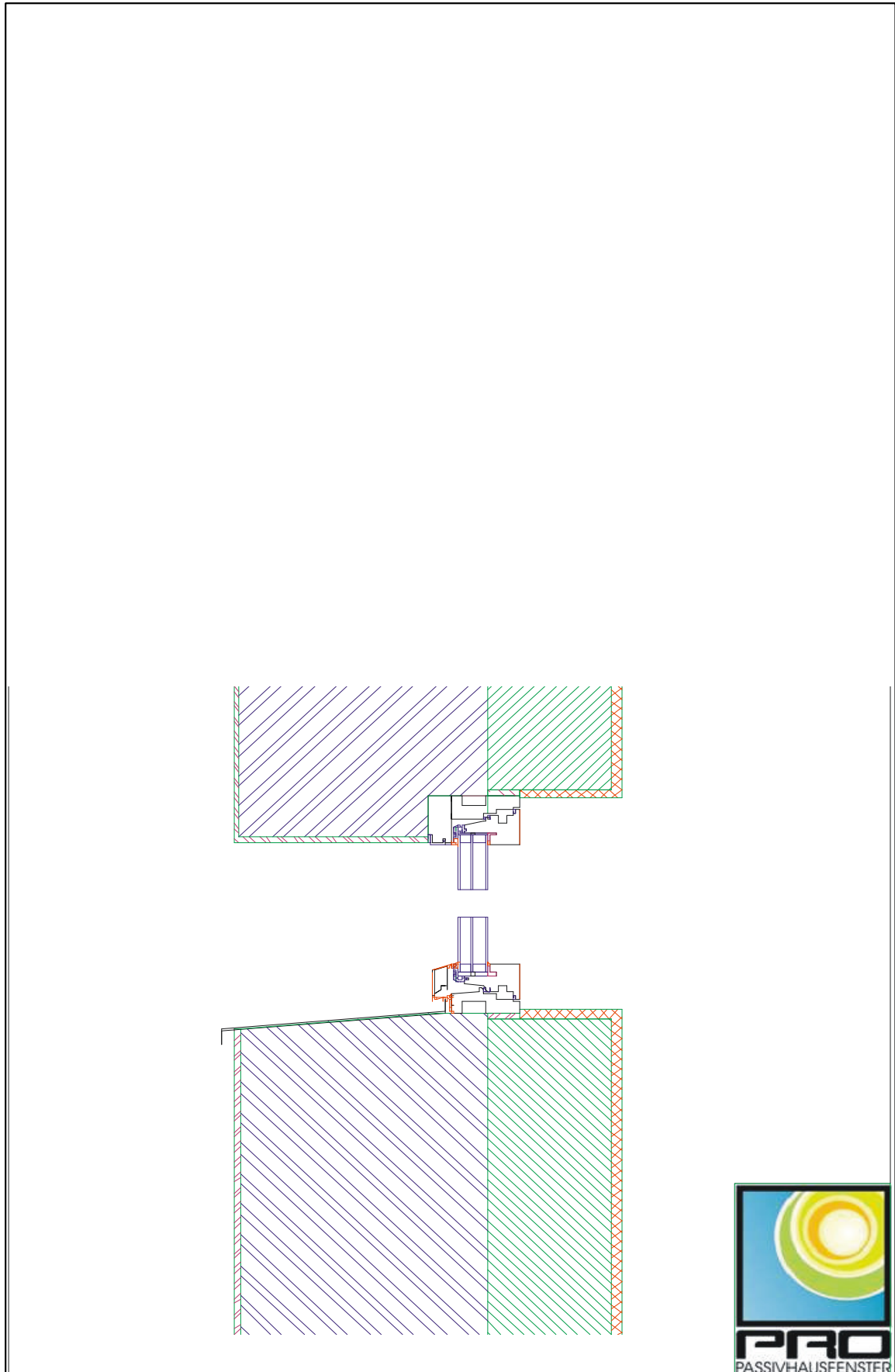
SmartWin: Schnitt Schlosseite (nicht maßstäblich)



SmartWin: Ganzglasecke (nicht maßstäblich)









SmartWin: Einbausituation WDVS (nicht maßstäblich)

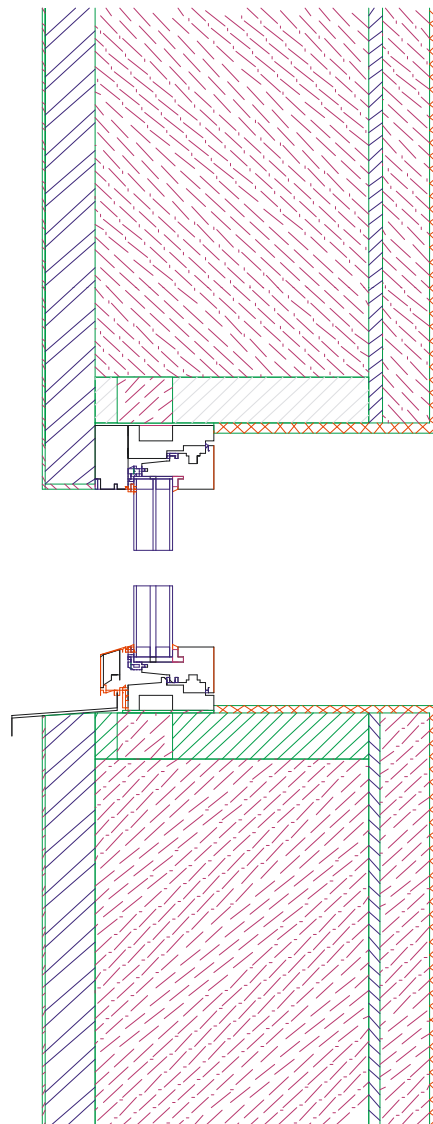


SmartWin: Einbausituation Holzleichtbau (nicht maßstäblich)

## SmartWin im Holzbau

Wärmeleitfähigkeit:







	Dämmung verputzbar	0,050 [W/mK]
	Holz (quer)	0,130 [W/mK]
	OSB quer	0,130 [W/mK]
	Dämmung	0,040 [W/mK]
	Gipsfaserplatte	0,360 [W/mK]
	Kalkzementputz	1,000 [W/mK]



SmartWin: Einbausituation Betonschalungsstein (nicht maßstäblich)

## SmartWin im BSS

Wärmeleitfähigkeit:

	Dämmung EPS verputzbar	0,035 [W/mK]
	Beton 1% armiert	2,300 [W/mK]
	PVC Anputzleiste	0,130 [W/mK]
	Dämmung	0,040 [W/mK]
	Kalkgipsputz	0,700 [W/mK]
	Kalkzementputz	1,000 [W/mK]

