

PLANFenster

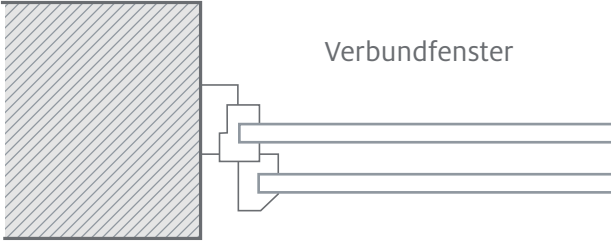
Energetische Sanierungsansätze
für historische Fenster

Waaghaus Bozen

Entwicklung eines energieeffizienten
denkmalkompatiblen Verbundfensters
am Beispiel des Waaghauses

Informationen

Allgemeine Informationen

Fenstertypologie	 Verbundfenster	
Invasivitätsstufe	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> <div>6</div> <div>7</div> </div>	Austausch Fensterkonstruktion
Denkmalgeschützt	Ja	
Adresse	Waagstrasse 1, Bozen	
Baujahr Sanierung	Gebäudekern: Ende 12. Jahrh., Fenster 1950-1960 Einbau Fensterprototyp 2013	
Beschreibung	Das aus dem 12. Jh. stammende Waaghaus ist Teil der Bozner Lauben. Der Großteil der barocken Fenster wurde im Zuge einer Sanierung in den 50er/60er Jahren des letzten Jahrhunderts durch Kastenfenster ersetzt, die keine erhaltenswerten Aspekte besitzen. Die übrigen originalen Fenster werden auf eine andere, weniger invasive Weise restauriert.	
Bauherr	Stiftung Südtiroler Sparkasse	
Planer (Prototyp)	Franz Freundorfer	
Fensterbauer (Prototyp)	Tischlerei Kranz (www.kastenfenster.at)	

Fenstersanierung

Sanierungsziel	Energetische Sanierung; optische Anpassung an originale Fenster; Verbesserung der Luftdichtheit	
Denkmalpflegerische Vorgaben	Die in den 1950er Jahren eingebauten Kastenfenster sollen durch optisch an die originalen Fenster angepasste neue Fenster mit 2 Flügeln, einem Oberlicht, Sprossen und den gleichen Proportionen ersetzt werden. Wenn möglich soll auch die Optik einer historischen Einfachverglasung wiederhergestellt werden. Die Abmessungen der Fensteröffnungen sind dabei zu erhalten.	
Sanierungsmethode	Austausch der bestehenden Fenster. Es wird ein denkmalkompatibles hochenergieeffizientes Fenster entwickelt und ein Prototyp eingebaut. Die äußere Fensterebene des entwickelten Verbundfensters soll die historische Optik (Unterteilung, Proportionen, historische Verglasung) wiedererlangen, die innere Fensterebene soll als 3-Scheiben-Verglasung mit Passivhausstandard ausgeführt werden.	
Denkmalkompatibilität	Wiederherstellung der hist. Optik des Gebäudes	

	ALTBESTAND	SANIERUNG
Fenstertyp	Kastenfenster	Verbundfenster
Verglasung	einfach	Innen: Dünne 3-Scheiben-Verglasung Außen: Scheibe außen mit hist. Optik (2-8-2-8-2-25-4mm)
Sonnenschutz	bestehende Holzfensterläden	bestehende Holzfensterläden

Nähere Beschreibung der Fensterlösung

Beschreibung der Bauart und Materialien	Verwenden von sehr dünnen Scheiben, um die Konstruktion filigran zu halten. Verwenden eines Holzrahmens, um den Denkmalwert zu erhalten.
Beschreibung der Arbeitsschritte	Austausch der Fensterkonstruktion. In diesem Fall wurde nur ein Fenster durch den Prototyp ersetzt.

THERM. DATEN IM DETAIL	ALTBESTAND	SANIERUNG
$U_w [\frac{W}{m^2K}] (1,24 \times 1,48m)$	2,21	0,89
$U_g [\frac{W}{m^2K}]$	5,75/5,75	0,57
$U_f [\frac{W}{m^2K}]$	2,40/2,14	1,22
g_{Glas}	0,71	0,44
$\Psi_g [\frac{W}{mK}]$	Einfachverglasung	0,026
$\Psi_{gb} [\frac{W}{mK}]$	Einfachverglasung	0,010
Luftdichtheit	Keine Dichtung	2-fache Dichtung

Evaluierung

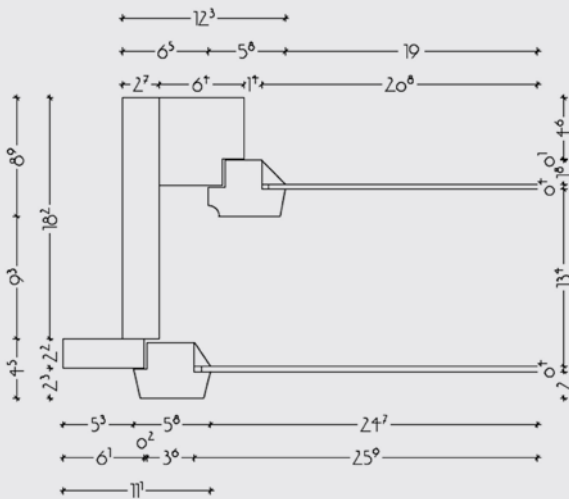
ENERGETISCH	
Energiebilanz	3112 $\frac{kWh}{a}$ Energieeinsparung
DENKMALPFLEGERISCH	
Bewertung Denkmalamt	+ Wiederherstellung historische Optik der Fenster + Dreifachverglasung mit extra dünnen Scheiben – Verbundfenster statt Kastenfenster

Innovationen

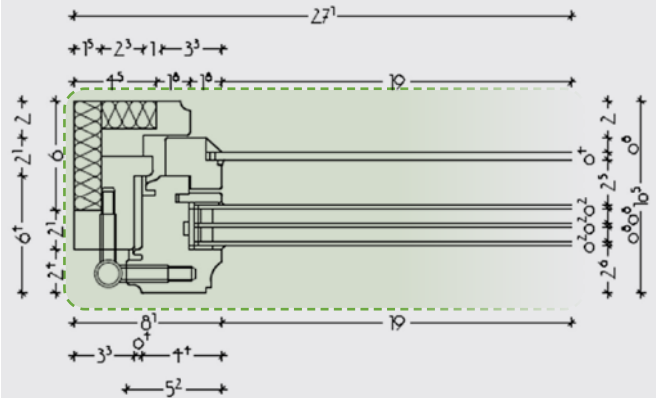
Verwenden einer 3-Scheiben-Verglasung mit zusätzlicher vierter Außenscheibe zur Wiederherstellung der historischen Optik.

Detailzeichnungen

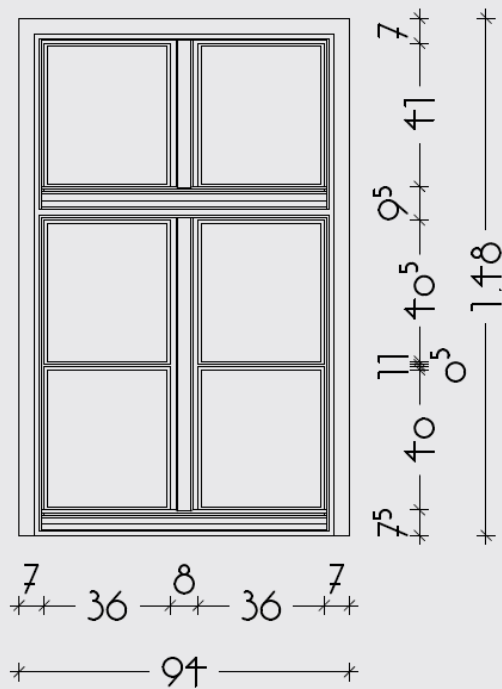
Schnitt **Altbestand**



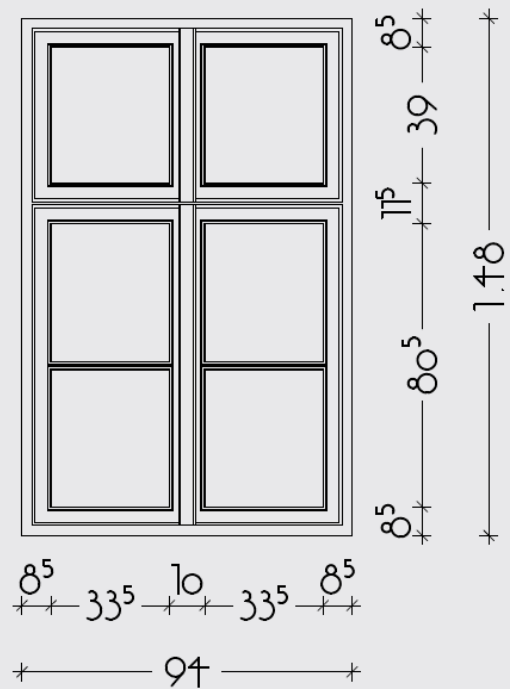
Schnitt **Sanierung Prototyp**



Innenansicht



Aussenansicht



Fotodokumentation Baustelle/Details



1



2

1. Gebäude

Altbestand 1958

Quelle: www.fotobolzano.com

2. Gebäude

Altbestand 2011



3

3. Außenansicht
Altbestand
Kastenfenster
der 50er/60er
Jahre



4

4. Außenansicht
Prototyp
Verbundfenster



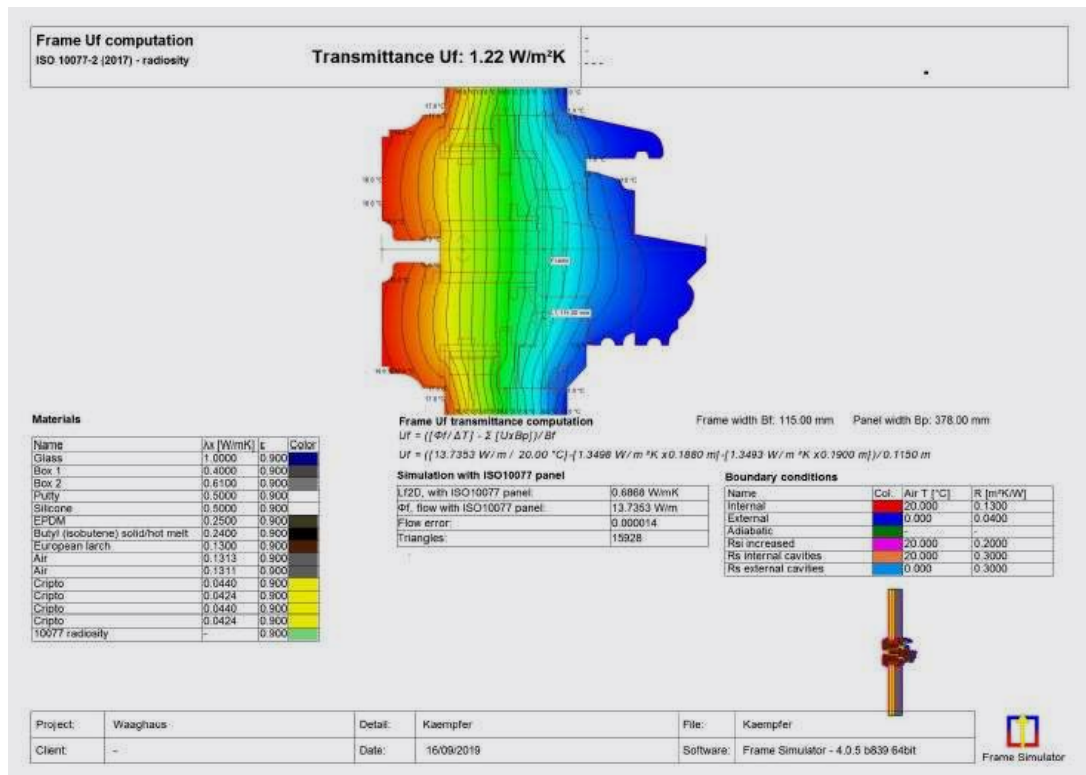
5

5. Detail

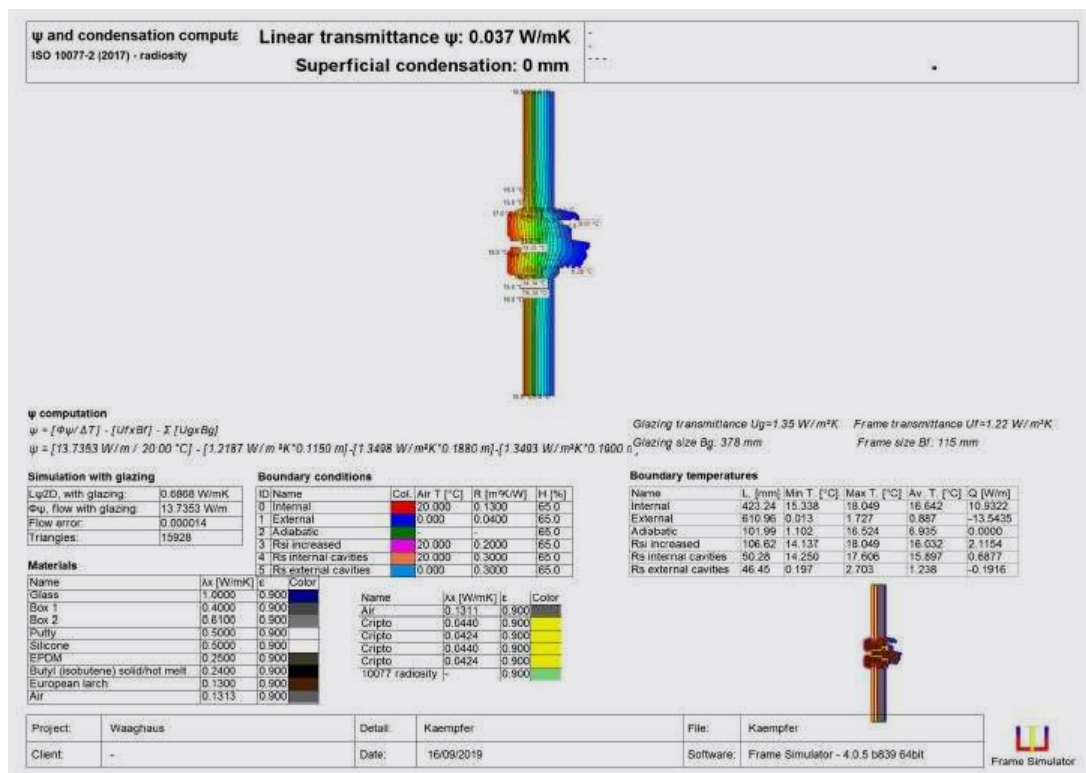
Prototyp

Verbundfenster

Simulationsergebnisse Sanierung

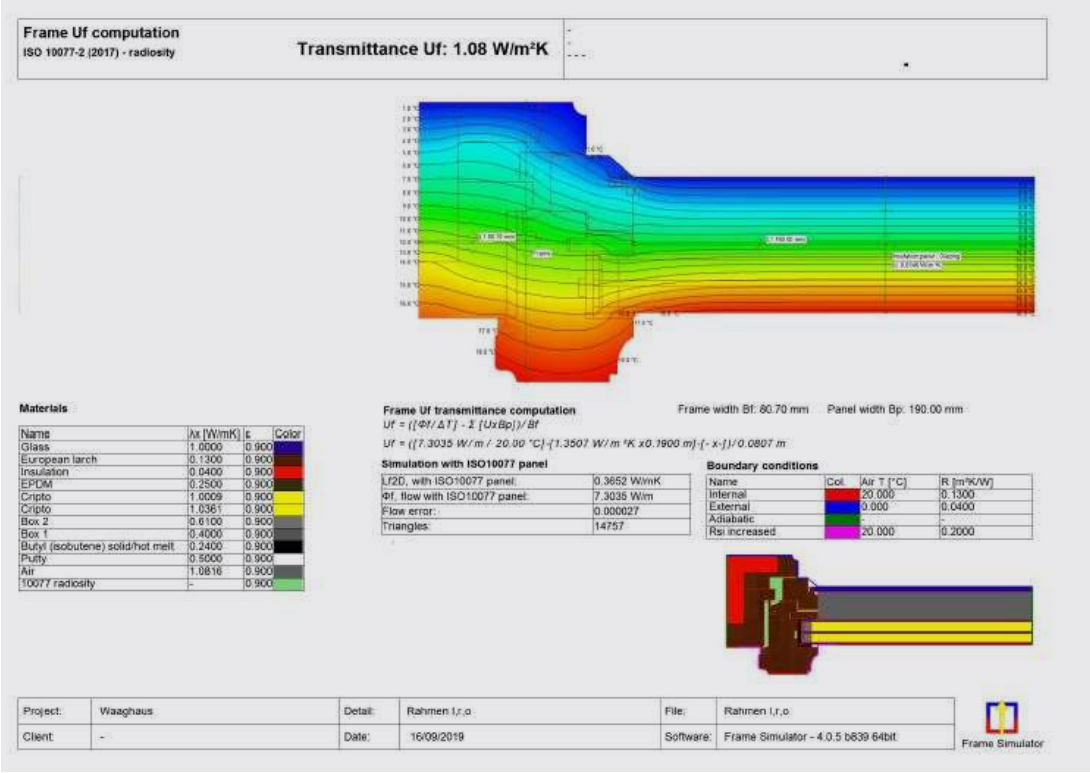


Berechnung des
Wärmedurchgangs-
koeffizienten des
Rahmens Uf (Kämpfer)

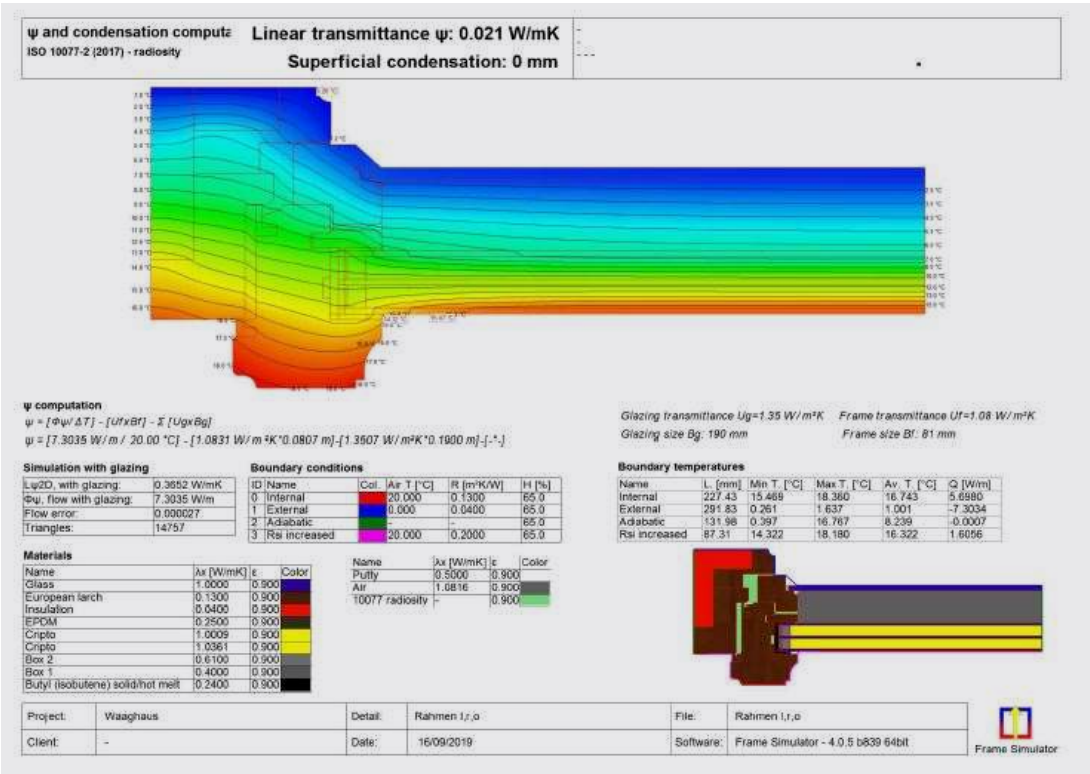


Berechnung des
längenbezogenen
Wärmedurchgangs-
koeffizienten des
Randverbundes
(Kämpfer)

Simulationsergebnisse Sanierung

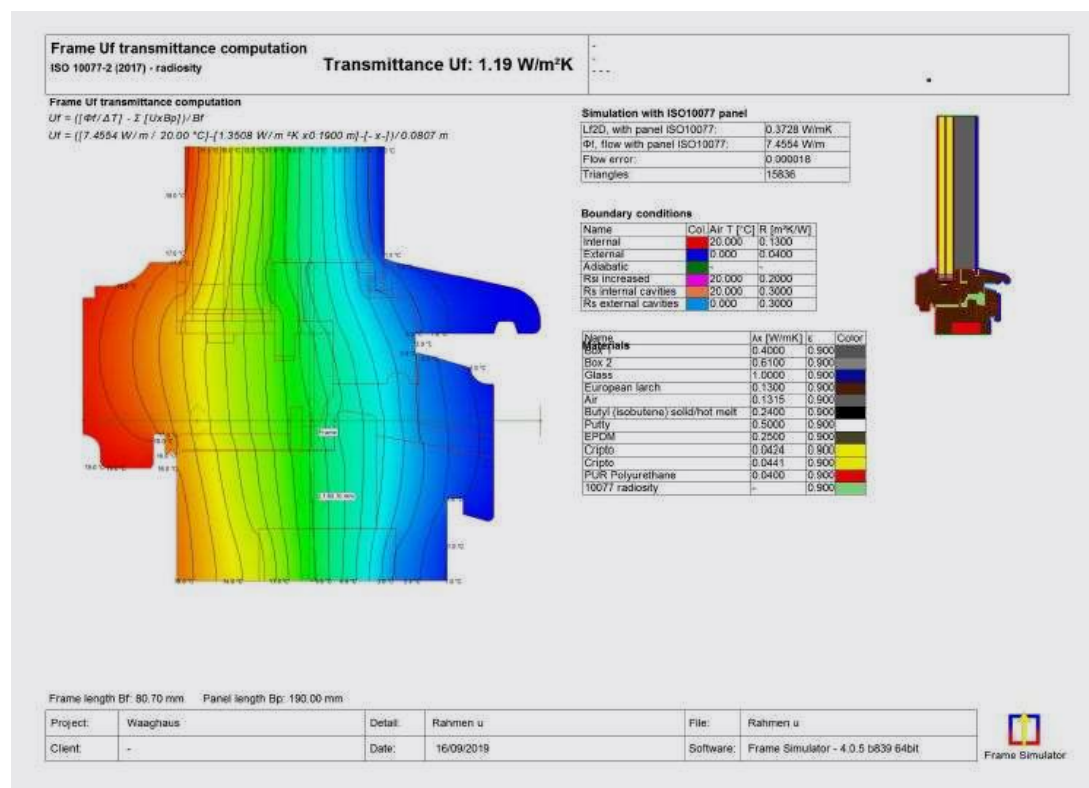


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf (seitlich und oben)



Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Randverbundes (seitlich und oben)

Simulationsergebnisse Sanierung

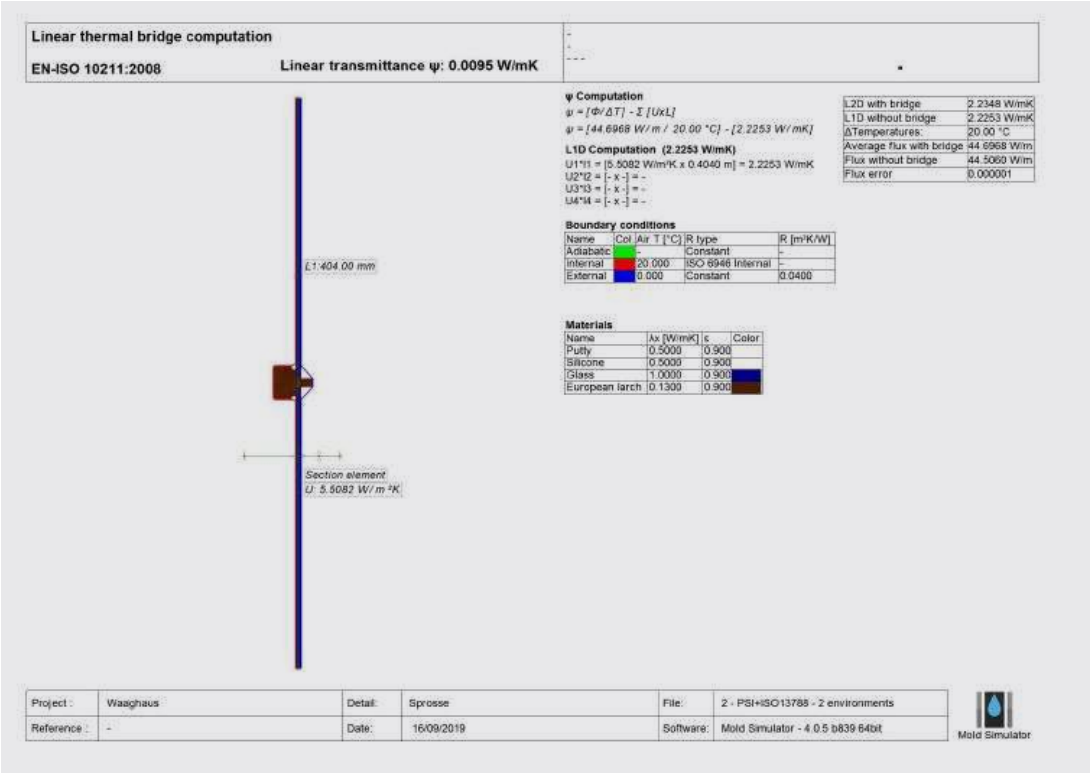


Berechnung des
Wärmedurchgangs-
koeffizienten des
Rahmens Uf
(unten)

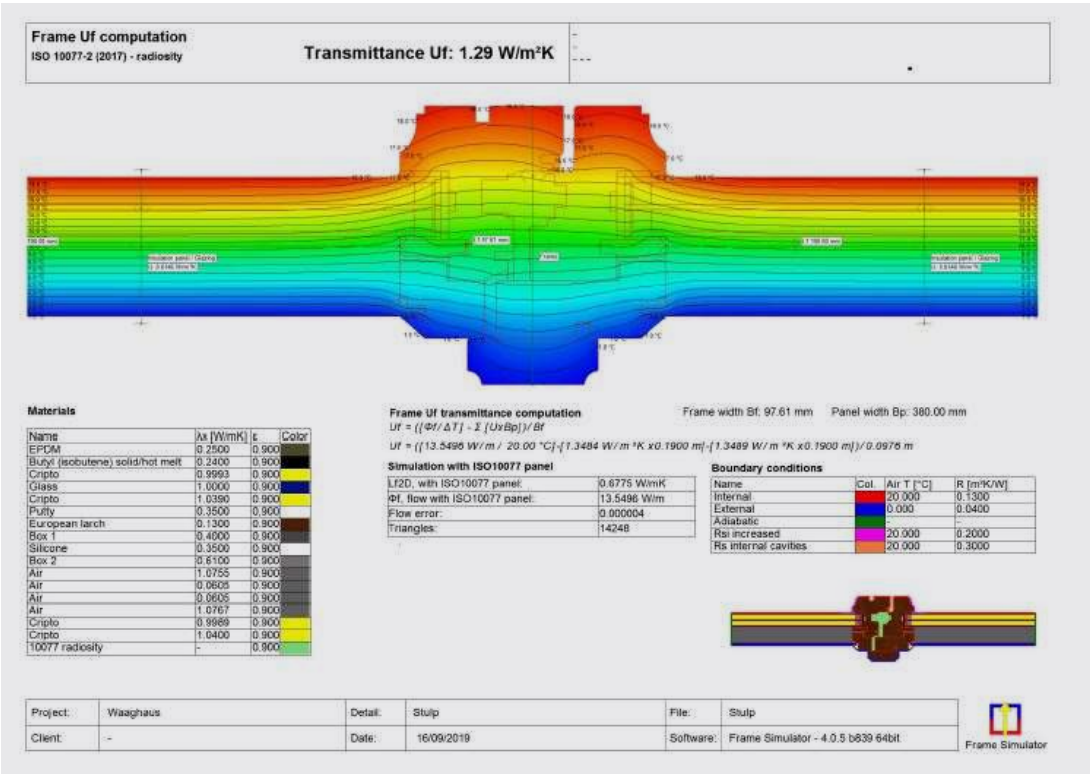


Berechnung des
längenbezogenen
Wärmedurchgangs-
koeffizienten des
Randverbundes
(unten)

Simulationsergebnisse Sanierung

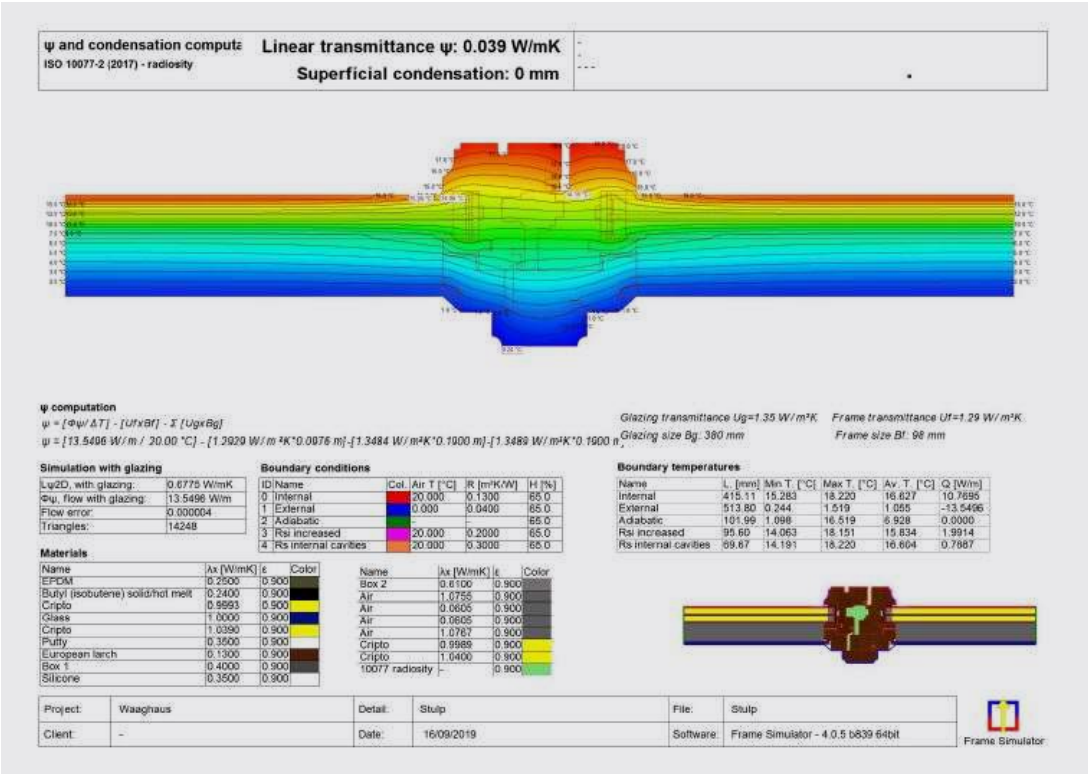


Berechnung des
längenbezogenen
Wärmedurchgangs-
koeffizienten der
Sprossen



Berechnung des
Wärmedurchgangs-
koeffizienten des
Rahmens Uf
(Stulp)

Simulationsergebnisse Sanierung



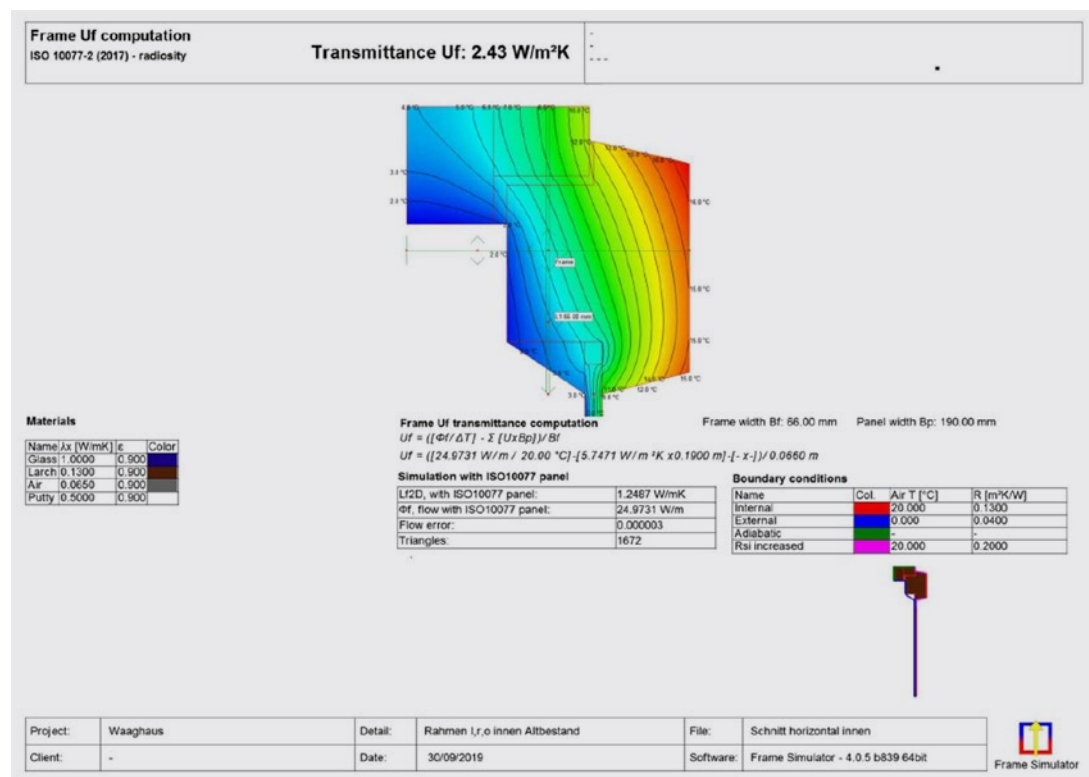
Berechnung des
längenbezogenen
Wärmedurchgangs-
koeffizienten des
Randverbundes
(Stulp)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten für das Verbundfenster (U_w -Wert) - Sanierung

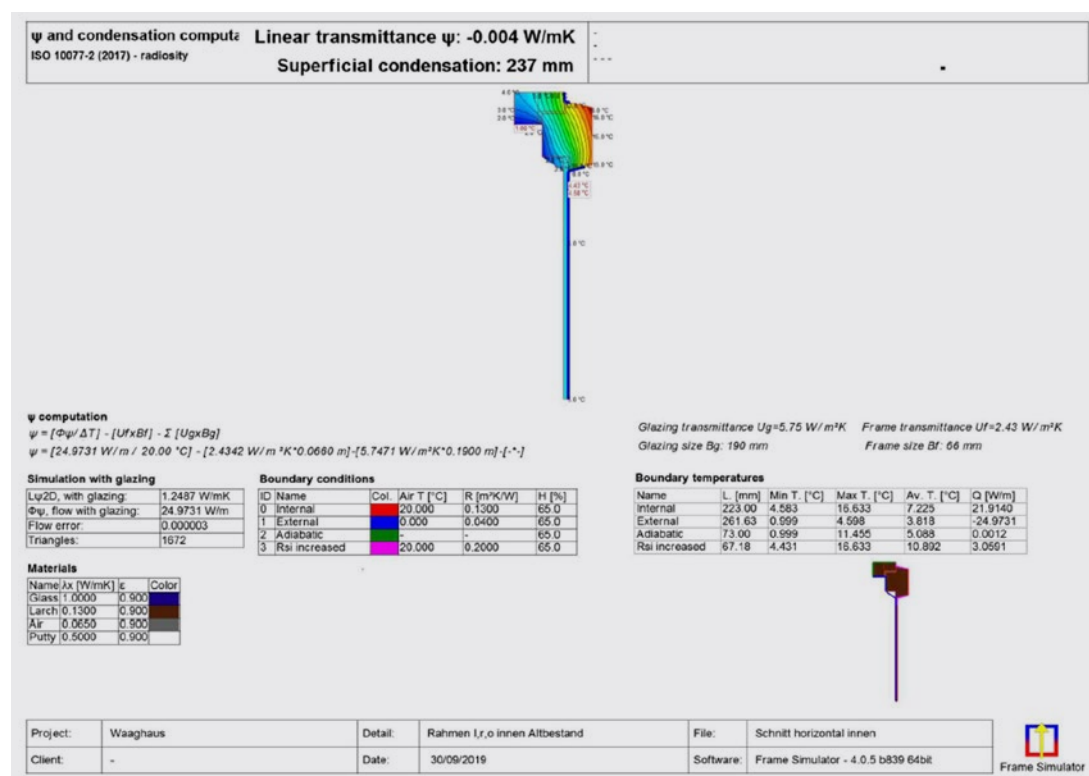
Gesamtfenster					
thermische Daten		Rahmen	$U_f = 1,22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		
		Randverbund	$\Psi_g = 0,03 \text{ W/(mK)}$		
Abmessungen		Brutto-Außenmaß	$A_w = 1,40 \text{ m}^2$	$b_w = 1,4 \text{ m}$	$h_w = 1 \text{ m}$
lichte Glasflächen (inkl. Sprossen)		$A_{g,ges} = 0,88 \text{ m}^2$			
	Scheibe 1	$A_{g1} = 0,88 \text{ m}^2$	$b_{g1} = 0,88 \text{ m}$	$h_{g1} = 1 \text{ m}$	
	Scheibe 2	$A_{g2} = 0,00 \text{ m}^2$	$b_{g2} = \text{ m}$	$h_{g2} = \text{ m}$	
	Scheibe 3	$A_{g3} = 0,00 \text{ m}^2$	$b_{g3} = \text{ m}$	$h_{g3} = \text{ m}$	
	Scheibe 4	$A_{g4} = 0,00 \text{ m}^2$	$b_{g4} = \text{ m}$	$h_{g4} = \text{ m}$	
Rahmenfläche		$A_f = 0,52 \text{ m}^2$			
Glasumfang		$l_g = 5,43 \text{ lfm}$			
innere Glasscheibe			$U_{g,korr,1} = 0,57 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	keine Sprossen vorhanden	
thermische Daten		U-Wert Glas	$U_{g,1} = 0,57 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		
		Sprosse	$\Psi_{gb,1} = \text{ W/(m}^2\text{K)}$		
Abmessungen		Sprossenlänge	$l_{gb,1} = \text{ lfm}$		
äußere Glasscheibe			$U_{g,korr,2} = 5,81 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Sprossen berücksichtigt	
thermische Daten		U-Wert Glas	$U_{g,2} = 5,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		
		Sprosse	$\Psi_{gb,2} = 0,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		
Abmessungen		Sprossenlänge	$l_{gb,2} = 5,43 \text{ lfm}$		
Scheibenzwischenraum			$R_s = 0,18 \text{ m}^2\text{K/W}$		
		Scheibenabstand	$s_{1,2} = 2,5 \text{ cm}$		
Emissionsgrad der Scheibenoberflächen im Scheiben-zwischenraum		innere Scheibe äußere Scheibe	$\varepsilon_1 = \text{ } \quad \varepsilon_2 = \text{ }$	für unbeschichtete Scheiben ist keine Eingabe notwendig!	
U-Wert Gesamtfenster			$U_w = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		

Berechnung des
Wärmedurchgangs-
koeffizienten des
Fensters mit dem U-Wert
Berechnungstool von
PlanFenster

Simulationsergebnisse - Altbestand

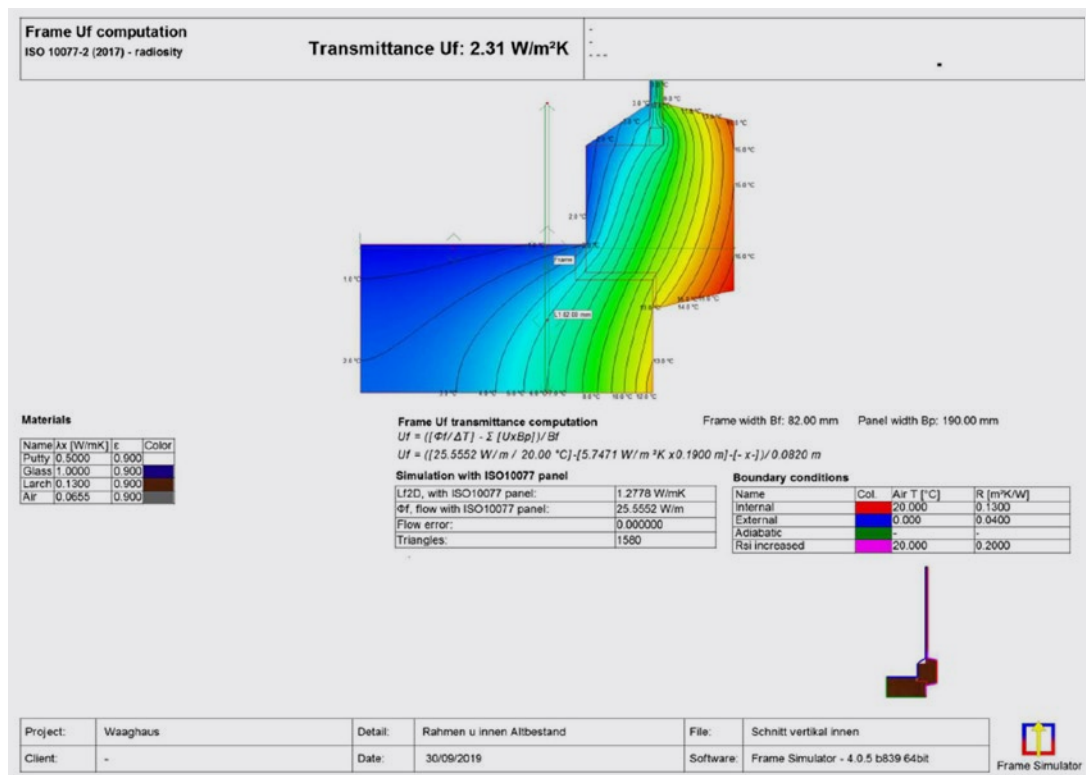


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf (Rahmen seitlich und oben - innerer Fensterflügel)

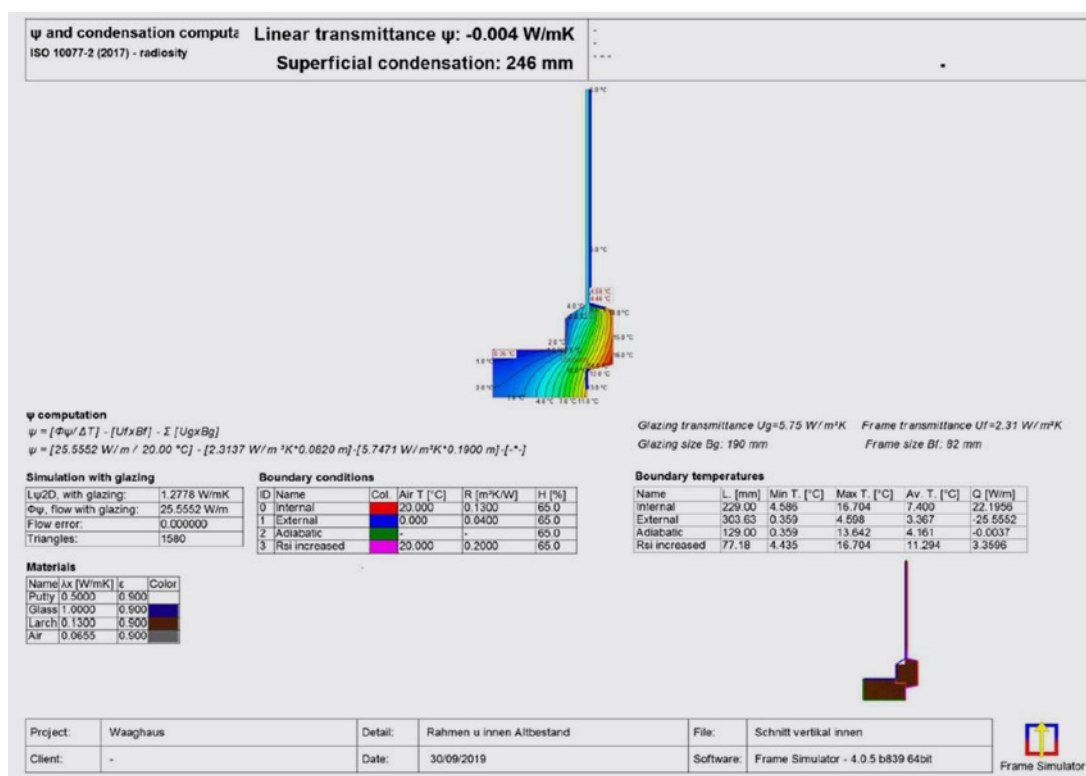


Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Randverbundes (Rahmen seitlich und oben - innerer Fensterflügel)

Simulationsergebnisse Altbestand

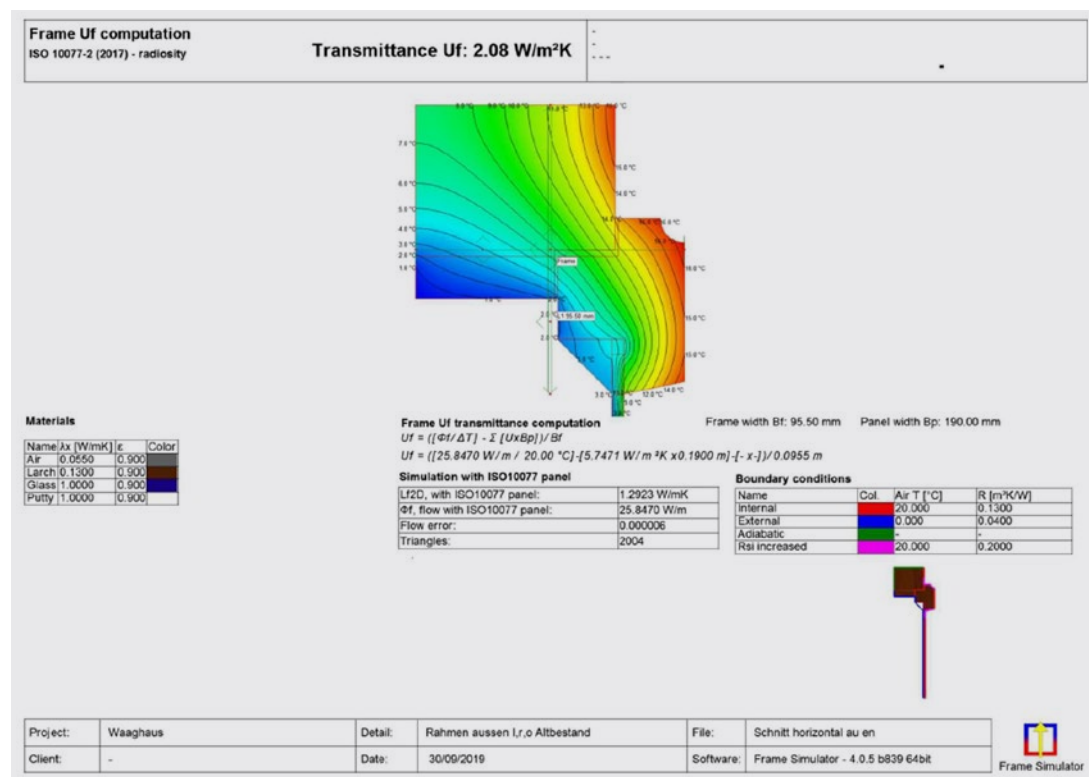


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf (Rahmen unten - innerer Fensterflügel)

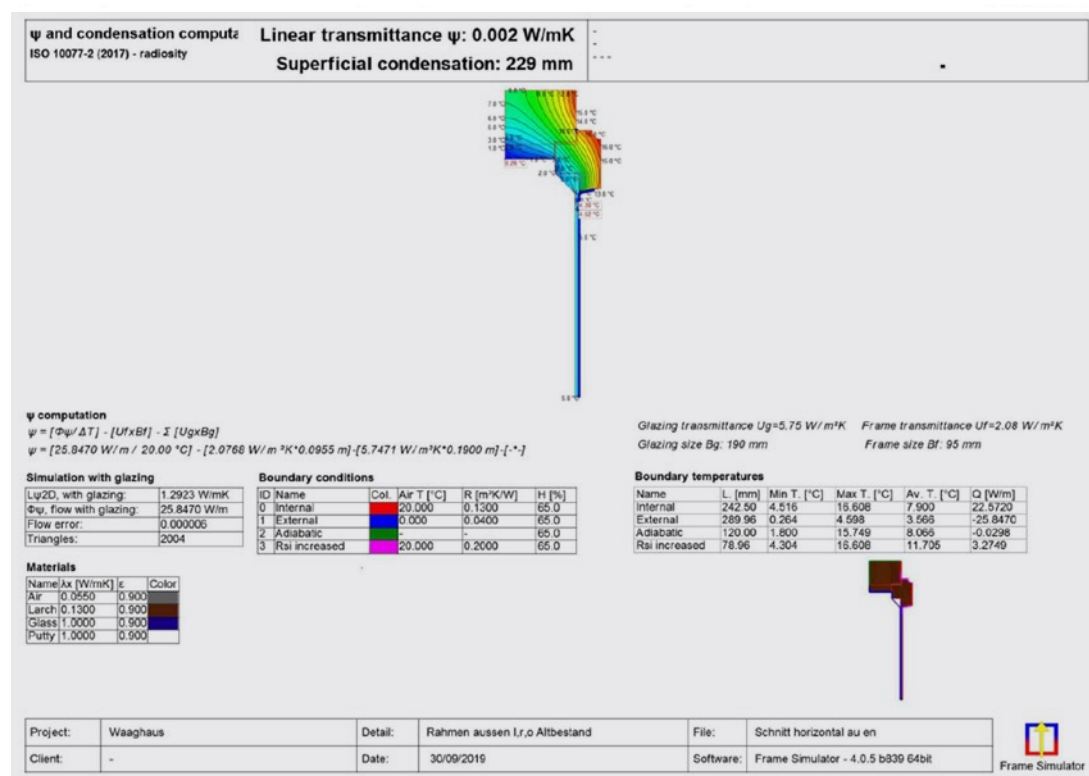


Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Randverbundes (Rahmen unten - innerer Fensterflügel)

Simulationsergebnisse Altbestand

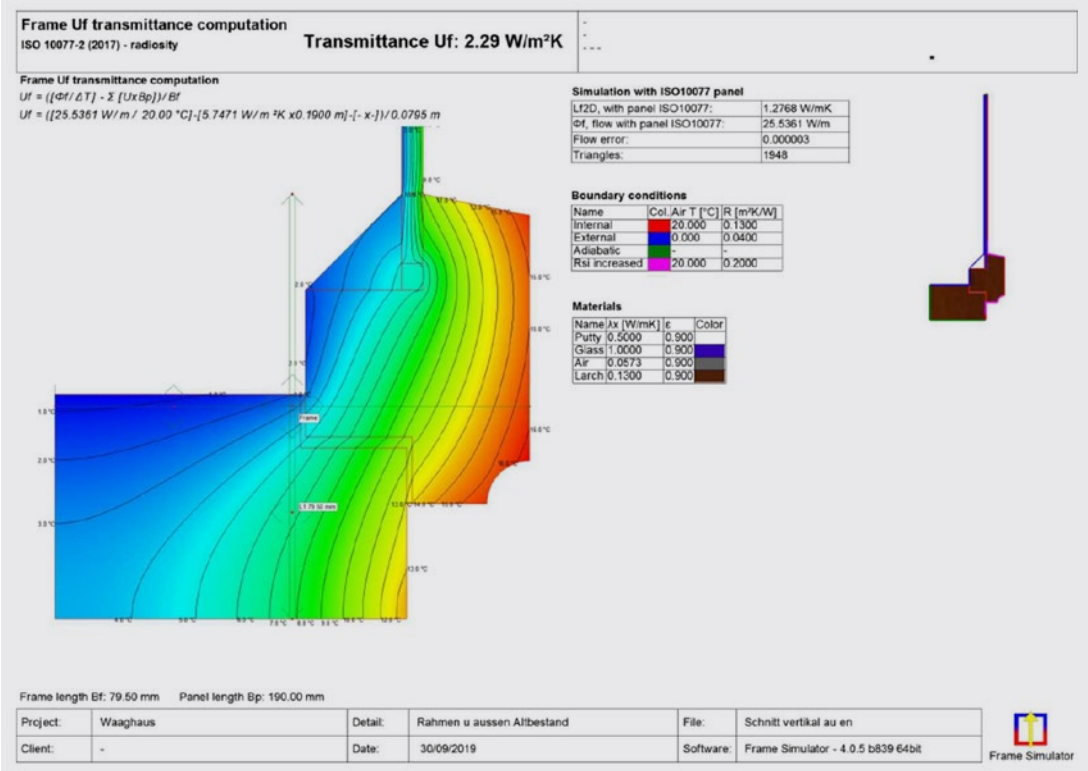


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf (Rahmen seitlich und oben - äußerer Fensterflügel)

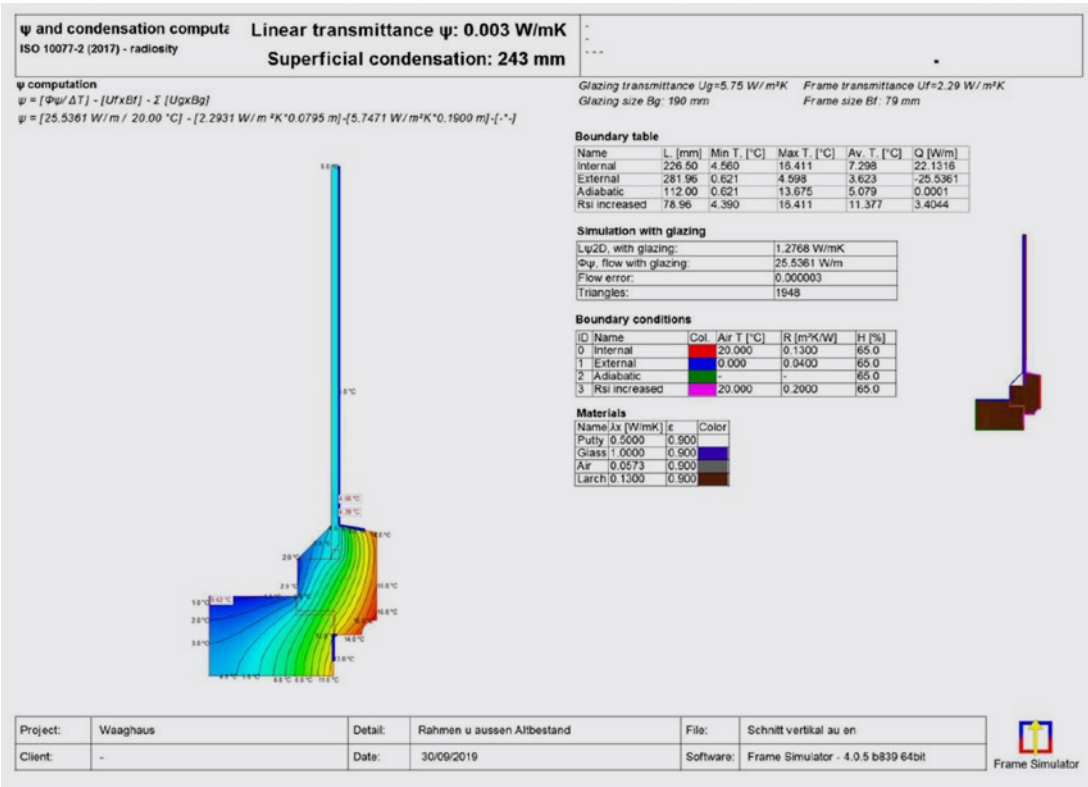


Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Randverbundes (Rahmen seitlich und oben - äußerer Fensterflügel)

Simulationsergebnisse Altbestand



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf (Rahmen unten - äußerer Fensterflügel)



Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Randverbundes (Rahmen unten - äußerer Fensterflügel)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten für das Verbundfenster (U_w-Wert) - Altbestand

inneres Fenster		U_{w,1} = 4,56 W/(m²K)		aus Angaben berechnet	
thermische Daten					
	U-Wert Direkteingabe	U _{w,1} =	W/(m²K)	(falls bekannt)	
	Glas	U _{g,1} =	5,75 W/(m²K)		
	Rahmen	U _{r,1} =	2,40 W/(m²K)		
	Randverbund	Ψ _{g,1} =	W/(mK)		
	Sprosse	Ψ _{gb,1} =	W/(mK)		
Abmessungen					
Gesamtfenster	Brutto-Außenmaß	A _{w,1} =	1,52 m²	b _{w,1} =	1,52 m
lichte Glasflächen					
	Scheibe 1	A _{g1,1} =	0,98 m²	b _{g1,1} =	0,98 m
	Scheibe 2	A _{g2,1} =	0,00 m²	b _{g2,1} =	m
	Scheibe 3	A _{g3,1} =	0,00 m²	b _{g3,1} =	m
	Scheibe 4	A _{g4,1} =	0,00 m²	b _{g4,1} =	m
	Rahmenfläche	A _{r,1} =	0,54 m²		
	Glasumfang	l _{g,1} =	3,96 lfm		
	Sprossenlänge	l _{gb,1} =	lfm		
Fensterzwischenraum					
	Scheibenabstand	R _s =	0,18 m²K/W		
		s _{1,2} =	13,4 cm		
äußeres Fenster		U_{w,2} = 4,47 W/(m²K)		aus Angaben berechnet	
thermische Daten					
	U-Wert Direkteingabe	U _{w,2} =	W/(m²K)	(falls bekannt)	
	Glas	U _{g,2} =	5,75 W/(m²K)		
	Rahmen	U _{r,2} =	2,14 W/(m²K)		
	Randverbund	Ψ _{g,2} =	W/(mK)		
	Sprosse	Ψ _{gb,2} =	W/(mK)		
Abmessungen					
Gesamtfenster	Brutto-Außenmaß	A _{w,2} =	1,52 m²	b _{w,2} =	1,52 m
lichte Glasflächen					
	Scheibe 1	A _{g1,2} =	0,98 m²	b _{g1,2} =	0,98 m
	Scheibe 2	A _{g2,2} =	0,00 m²	b _{g2,2} =	m
	Scheibe 3	A _{g3,2} =	0,00 m²	b _{g3,2} =	m
	Scheibe 4	A _{g4,2} =	0,00 m²	b _{g4,2} =	m
	Rahmenfläche	A _{r,2} =	0,54 m²		
	Glasumfang	l _{g,2} =	3,96 lfm		
	Sprossenlänge	l _{gb,2} =	lfm		
U-Wert Gesamtfenster		U_w = 2,21 W/(m²K)			

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters mit dem U-Wert Berechnungstool von PlanFenster

Überschlägige energetische Bilanzierung der Fenstersanierung

Standort:	Abtei Ahrntal Aldein Alquand Altret Andrian Auer Barbian Bozen	Klimadaten für den Standort:	Bozen	
		jährliche Heiztage	$HT_{12} = 179 \text{ d/a}$	Standardwerte ClimaHaus
		durchschnittliche Außentemperatur am Heiztag	$\theta_e = 4,7 \text{ °C}$	
		Normaußentemperatur für die Heizperiode	$\theta_{ne} = -15 \text{ °C}$	
Ausrichtung:	Horizontal Süd Südost/Südwest Ost/West Nordost/Nordwest Nord	Verschattung	$k_v = 0,90 -$	Anpassung der Standardwerte möglich
		nicht senkrechter Lichteinfall	$k_R = 0,90 -$	
		Verschmutzung	$k_S = 0,98 -$	
		Ausnutzungsgrad	$\eta_M = 0,95 -$	
Vorhanden:	Fensterfläche brutto Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung Rahmenanteil	$A_{W,V} = 16,72 \text{ m}^2$ $U_{W,V} = 2,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g_{G,V} = 0,71 -$ $\eta_{F,V} = 36 \%$	Transmissionswärmeverluste Strahlungswärmeverluste solare Gewinne	$Q_{T,V} = 2426 \text{ kWh/a}$ $Q_{R,V} = 249 \text{ kWh/a}$ $Q_{S,V} = 1141 \text{ kWh/a}$ $Q_{bil,V} = 1534 \text{ kWh/a}$ jährlicher Verlust
Saniert	Fensterfläche brutto Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung Rahmenanteil	$A_{W,S} = 15,64 \text{ m}^2$ $U_{W,S} = 0,89 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g_{G,S} = 0,44 -$ $\eta_{F,S} = 36 \%$	Transmissionswärmeverluste Strahlungswärmeverluste solare Gewinne	$Q_{T,S} = 914 \text{ kWh/a}$ $Q_{R,S} = 94 \text{ kWh/a}$ $Q_{S,S} = 701 \text{ kWh/a}$ $Q_{bil,S} = 307 \text{ kWh/a}$ jährlicher Verlust
Gesamtbilanz für die Fenstersanierung			$Q_{bil,ges} = 1072 \text{ kWh/a}$ jährliche Einsparung	
Solare Gewinne des opaken Rahmenanteils bleiben bei der Berechnung unberücksichtigt.				

Gesamtbilanz der Fenstersanierung mit dem Berechnungstool von PlanFenster (Fenster Nordseite)

Standort:	Abtei Ahrntal Aldein Alquand Altret Andrian Auer Barbian Bozen	Klimadaten für den Standort:	Bozen	
		jährliche Heiztage	$HT_{12} = 179 \text{ d/a}$	Standardwerte ClimaHaus
		durchschnittliche Außentemperatur am Heiztag	$\theta_e = 4,7 \text{ °C}$	
		Normaußentemperatur für die Heizperiode	$\theta_{ne} = -15 \text{ °C}$	
Ausrichtung:	Horizontal Süd Südost/Südwest Ost/West Nordost/Nordwest Nord	Verschattung	$k_v = 0,90 -$	Anpassung der Standardwerte möglich
		nicht senkrechter Lichteinfall	$k_R = 0,90 -$	
		Verschmutzung	$k_S = 0,98 -$	
		Ausnutzungsgrad	$\eta_M = 0,95 -$	
Vorhanden:	Fensterfläche brutto Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung Rahmenanteil	$A_{W,V} = 21,28 \text{ m}^2$ $U_{W,V} = 2,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g_{G,V} = 0,71 -$ $\eta_{F,V} = 36 \%$	Transmissionswärmeverluste Strahlungswärmeverluste solare Gewinne	$Q_{T,V} = 3088 \text{ kWh/a}$ $Q_{R,V} = 318 \text{ kWh/a}$ $Q_{S,V} = 2350 \text{ kWh/a}$ $Q_{bil,V} = 1055 \text{ kWh/a}$ jährlicher Verlust
Saniert	Fensterfläche brutto Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung Rahmenanteil	$A_{W,S} = 19,60 \text{ m}^2$ $U_{W,S} = 0,89 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g_{G,S} = 0,44 -$ $\eta_{F,S} = 36 \%$	Transmissionswärmeverluste Strahlungswärmeverluste solare Gewinne	$Q_{T,S} = 1145 \text{ kWh/a}$ $Q_{R,S} = 118 \text{ kWh/a}$ $Q_{S,S} = 1421 \text{ kWh/a}$ $Q_{bil,S} = 158 \text{ kWh/a}$ jährlicher Gewinn
Gesamtbilanz für die Fenstersanierung			$Q_{bil,ges} = 1013 \text{ kWh/a}$ jährliche Einsparung	
Solare Gewinne des opaken Rahmenanteils bleiben bei der Berechnung unberücksichtigt.				

Gesamtbilanz der Fenstersanierung mit dem Berechnungstool von PlanFenster (Fenster Ostseite)

Überschlägige energetische Bilanzierung der Fenstersanierung

Standort:	Abtei Ahrntal Aldein Alquand Altrei Andrian Auer Barbian Bozen	Klimadaten für den Standort:	Bozen	
		jährliche Heiztage	$HT_{12} = 179 \text{ d/a}$	
		durchschnittliche		
		Außentemperatur	$\theta_e = 4,7 \text{ °C}$	Standardwerte ClimaHaus
		am Heiztag		
		Norm außen-	$\theta_{ne} = -15 \text{ °C}$	
		temperatur für		
		die Heizperiode		
Ausrichtung:	Horizontal Süd Südost/Südwest Ost/West Nordost/Nordwest Nord	Verschattung	$k_v = 0,90 -$	Anpassung der Standardwerte möglich
		nicht senkrechter		
		Lichteinfall	$k_R = 0,90 -$	
		Verschmutzung	$k_S = 0,98 -$	
		Ausnutzungsgrad	$\eta_M = 0,95 -$	
Vorhanden:	Fensterfläche brutto Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung Rahmenanteil	$A_{W,v} = 12,16 \text{ m}^2$ $U_{W,v} = 2,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g_{G,v} = 0,71 -$ $\eta_{F,v} = 36 \%$	Transmissionswärmeverluste Strahlungswärmeverluste solare Gewinne	$Q_{T,v} = 1765 \text{ kWh/a}$ $Q_{R,v} = 181 \text{ kWh/a}$ $Q_{S,v} = 2041 \text{ kWh/a}$ $Q_{bil,v} = 95 \text{ kWh/a}$ jährlicher Gewinn
Saniert	Fensterfläche brutto Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung Rahmenanteil	$A_{W,s} = 11,20 \text{ m}^2$ $U_{W,s} = 0,89 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g_{G,s} = 0,44 -$ $\eta_{F,s} = 36 \%$	Transmissionswärmeverluste Strahlungswärmeverluste solare Gewinne	$Q_{T,s} = 654 \text{ kWh/a}$ $Q_{R,s} = 67 \text{ kWh/a}$ $Q_{S,s} = 1234 \text{ kWh/a}$ $Q_{bil,s} = 512 \text{ kWh/a}$ jährlicher Gewinn
Gesamtbilanz für die Fenstersanierung			$Q_{bil,ges} = 303 \text{ kWh/a}$ jährliche Einsparung	
Solare Gewinne des opaken Rahmenanteils bleiben bei der Berechnung unberücksichtigt.				

Gesamtbilanz der Fenstersanierung mit dem Berechnungstool von PlanFenster (Fenster Südseite)

Standort:	Abtei Ahrntal Aldein Alquand Altrei Andrian Auer Barbian Bozen	Klimadaten für den Standort:	Bozen	
		jährliche Heiztage	$HT_{12} = 179 \text{ d/a}$	
		durchschnittliche		
		Außentemperatur	$\theta_e = 4,7 \text{ °C}$	Standardwerte ClimaHaus
		am Heiztag		
		Norm außen-	$\theta_{ne} = -15 \text{ °C}$	
		temperatur für		
		die Heizperiode		
Ausrichtung:	Horizontal Süd Südost/Südwest Ost/West Nordost/Nordwest Nord	Verschattung	$k_v = 0,90 -$	Anpassung der Standardwerte möglich
		nicht senkrechter		
		Lichteinfall	$k_R = 0,90 -$	
		Verschmutzung	$k_S = 0,98 -$	
		Ausnutzungsgrad	$\eta_M = 0,95 -$	
Vorhanden:	Fensterfläche brutto Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung Rahmenanteil	$A_{W,v} = 15,20 \text{ m}^2$ $U_{W,v} = 2,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g_{G,v} = 0,71 -$ $\eta_{F,v} = 36 \%$	Transmissionswärmeverluste Strahlungswärmeverluste solare Gewinne	$Q_{T,v} = 2206 \text{ kWh/a}$ $Q_{R,v} = 227 \text{ kWh/a}$ $Q_{S,v} = 1679 \text{ kWh/a}$ $Q_{bil,v} = 754 \text{ kWh/a}$ jährlicher Verlust
Saniert	Fensterfläche brutto Wärmedurchgangskoeffizient Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung Rahmenanteil	$A_{W,s} = 14,00 \text{ m}^2$ $U_{W,s} = 0,89 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g_{G,s} = 0,44 -$ $\eta_{F,s} = 36 \%$	Transmissionswärmeverluste Strahlungswärmeverluste solare Gewinne	$Q_{T,s} = 818 \text{ kWh/a}$ $Q_{R,s} = 84 \text{ kWh/a}$ $Q_{S,s} = 1015 \text{ kWh/a}$ $Q_{bil,s} = 113 \text{ kWh/a}$ jährlicher Gewinn
Gesamtbilanz für die Fenstersanierung			$Q_{bil,ges} = 724 \text{ kWh/a}$ jährliche Einsparung	
Solare Gewinne des opaken Rahmenanteils bleiben bei der Berechnung unberücksichtigt.				

Gesamtbilanz der Fenstersanierung mit dem Berechnungstool von PlanFenster (Fenster Westseite)