

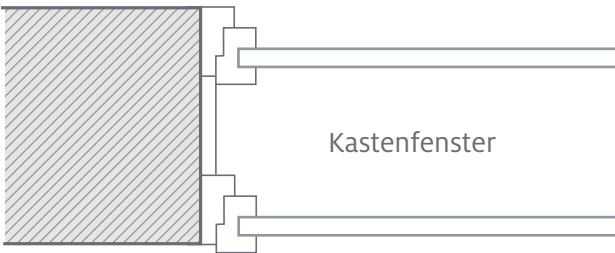
# PLANFenster

Energetische Sanierungsansätze  
für historische Fenster

## Apartment Troi

Sanierung der Kastenfenster  
durch Austausch der Verglasungen  
und Einfräsen einer Dichtung

## Allgemeine Informationen

Fenstertypologie		
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 innere & äußere Verglasung
Denkmalgeschützt	Nein	
Adresse	Runkelsteiner Straße, 2, 39100 Bozen	
Baujahr   Sanierung	1920er   2018	
Beschreibung	Das Mehrparteienhaus wurde ursprünglich als eines von vielen Wohngebäuden für die große Anzahl an Eisenbahnbauern errichtet, die zu dieser Zeit nach Bozen kamen.	
Bauherr	Alexandra Troi	
Planer	Pobitzer & Tengler Architekten	
Fensterbauer	Tischlerei Plankl	

## Fenstersanierung

Sanierungsziel	Energetische Sanierung; Beseitigung von Luftundichtigkeiten aufgrund verzogener Fensterflügel
Denkmalpflegerische Vorgaben	Kein Denkmalschutz
Sanierungsmethode	Austausch der inneren Verglasung gegen Isolierverglasung; Austausch der äußeren Verglasung gegen VSG-Verglasung
Denkmalkompatibilität	Erhaltung des historischen Fensterrahmens; Erhaltung des Wolfsrachen im Stulpbereich

	ALTBESTAND	SANIERUNG
Fenstertyp	Kastenfenster	Kastenfenster
Verglasung	Innen: einfach Außen: einfach	Innen: 2-Fach-Isolierverglasung Außen: VSG-Verglasung
Sonnenschutz	Klappläden	Klappläden

## Nähere Beschreibung der Fensterlösung

<b>Beschreibung der Bauart und Materialien</b>	Lärche; Außen: Rundbogenfenster; Quersprossen; VSG-Verglasung; Innen: Isolierverglasung; Edelstahlabstandhalter
<b>Beschreibung der Arbeitsschritte</b>	Ausbau der Fensterflügel; Restaurierung Fensterstock (bauseits); Entkitten; Sprossen innen entfernen; Oberflächen behandeln; Glasfalz tiefer fräsen; Silikondichtung in Stockfalz und Wolfsrachen fräsen; Isolierverglasung mit Aufdopplung Rahmen innen einbauen; Wetterschenkel erneuern; VSG-Verglasung außen einbauen; Beschläge nachstellen; verzogene Flügel begradigen; neu Verkitten; Montage

THERM. DATEN IM DETAIL	ALTBESTAND	SANIERUNG
$U_w [\frac{W}{m^2K}] (1,24 \times 1,48m)$	2,39	1,05
$U_g [\frac{W}{m^2K}]$	5,78/5,78	1,10/5,68
$U_f [\frac{W}{m^2K}]$	1,66/1,76	1,35/1,82
$g_{Glas}$	0,71	0,5
$\Psi_g [\frac{W}{mK}]$	–	0,031
$\Psi_{gb} [\frac{W}{mK}]$	0,005	0,004
Luftdichtheit	Keine Dichtung	Einfache Dichtung

## Evaluierung

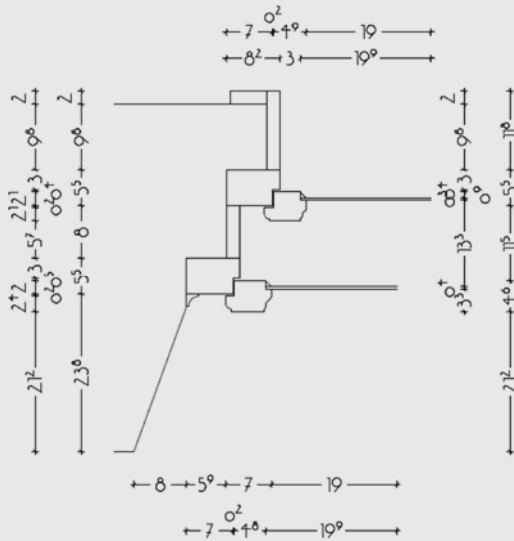
<b>ENERGETISCH</b>	
<b>Energiebilanz</b>	$495 \frac{kWh}{a}$ Energieeinsparung
<b>DENKMALPFLEGERISCH</b>	
<b>Bewertung Denkmalamt</b>	+ Erhaltung Rahmen inklusive Profilen & Proportionen + Erhaltung Wolfsrachen + Erhaltung Kastenfenster – Austausch hist. Verglasung

## Innovationen

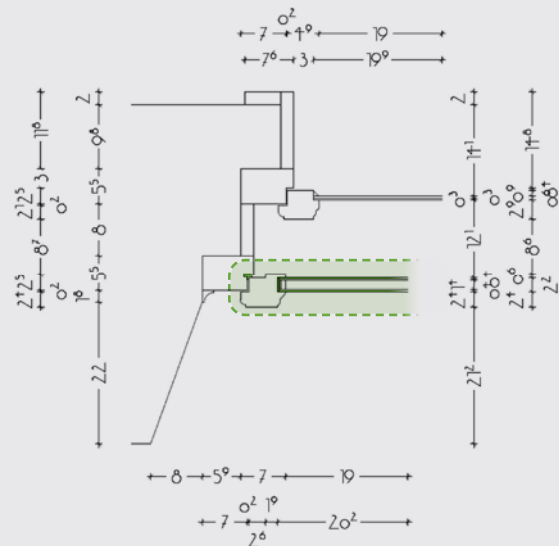
Sanierung eines Fensters mit Wolfsrachen. Erhaltung von stark verzogenen Fensterrahmen.

## Detailzeichnungen

### Schnitt **Altbestand**



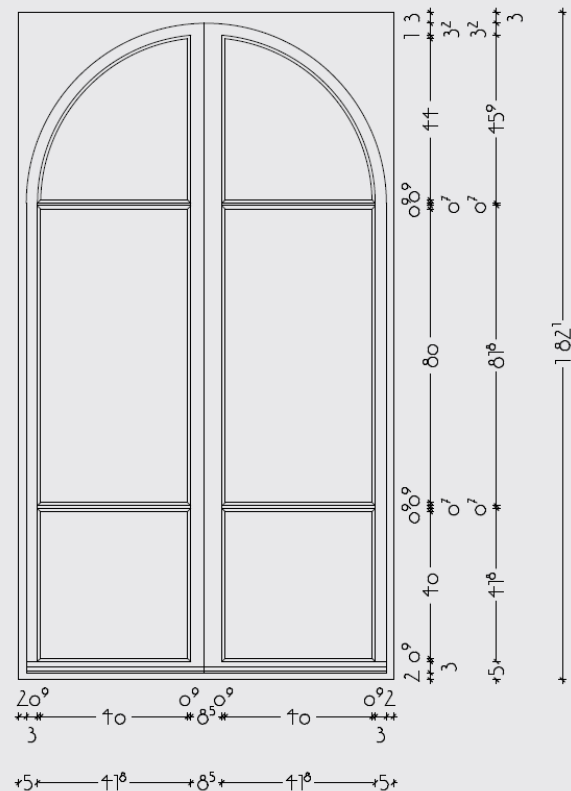
## Schnitt Sanierung



Innenfenster



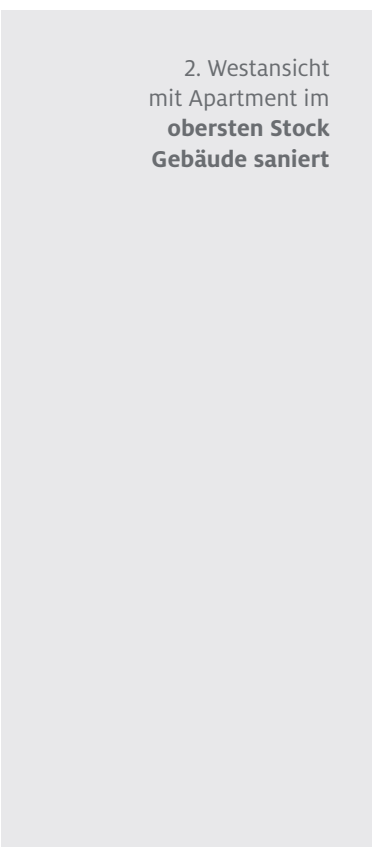
Aussenfenster



# Fotodokumentation Baustelle/Details



1. Südansicht  
Gesamtgebäude saniert



2. Westansicht  
mit Apartment im  
obersten Stock  
Gebäude saniert





## Fotodokumentation Baustelle/Details



3. Innenansicht  
**Außenfenster**

4. Innenansicht  
**Innenfenster**

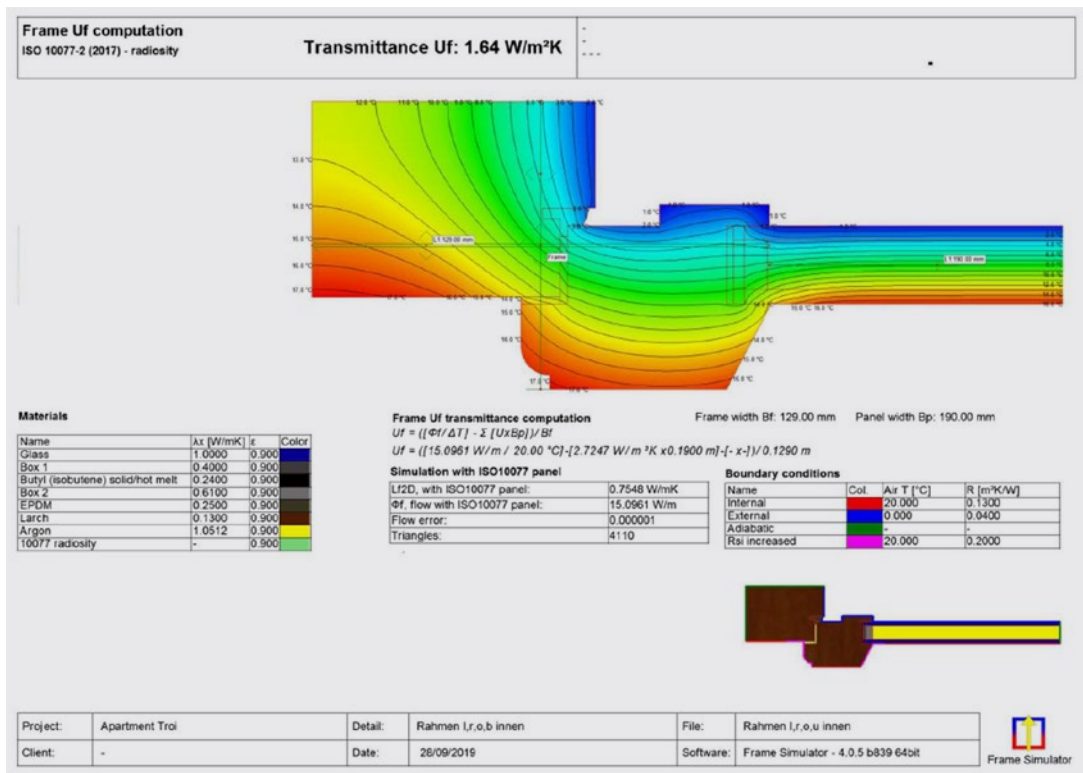


5. Wolfsrachen  
**mit Dichtung**

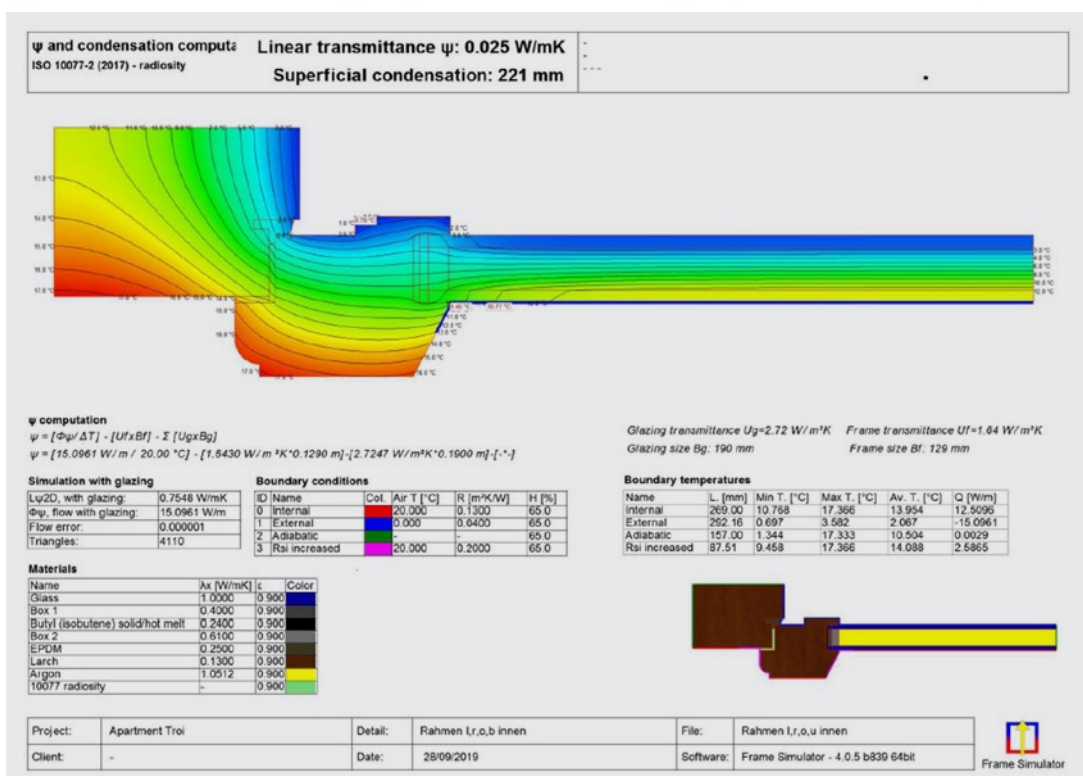
6. Wolfsrachen  
**Gegenstück**



## Simulationsergebnisse Sanierung

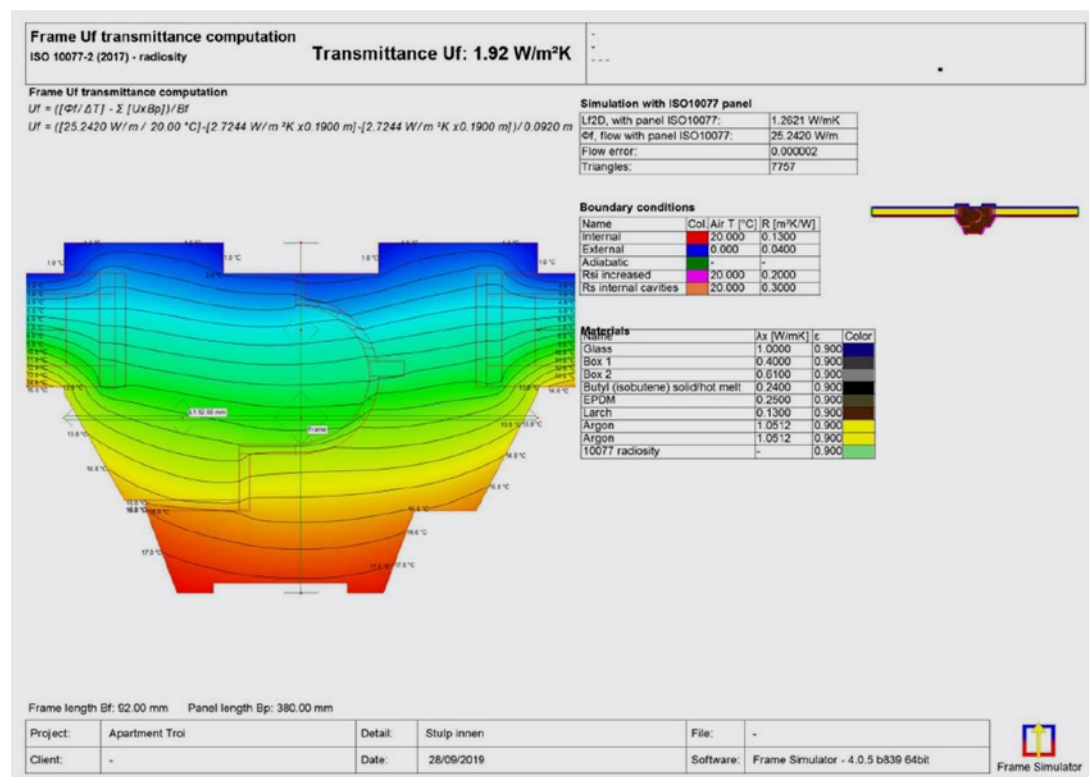


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens  $U_f$   
(Rahmen seitlich und oben - innerer Fensterflügel nach Sanierung)

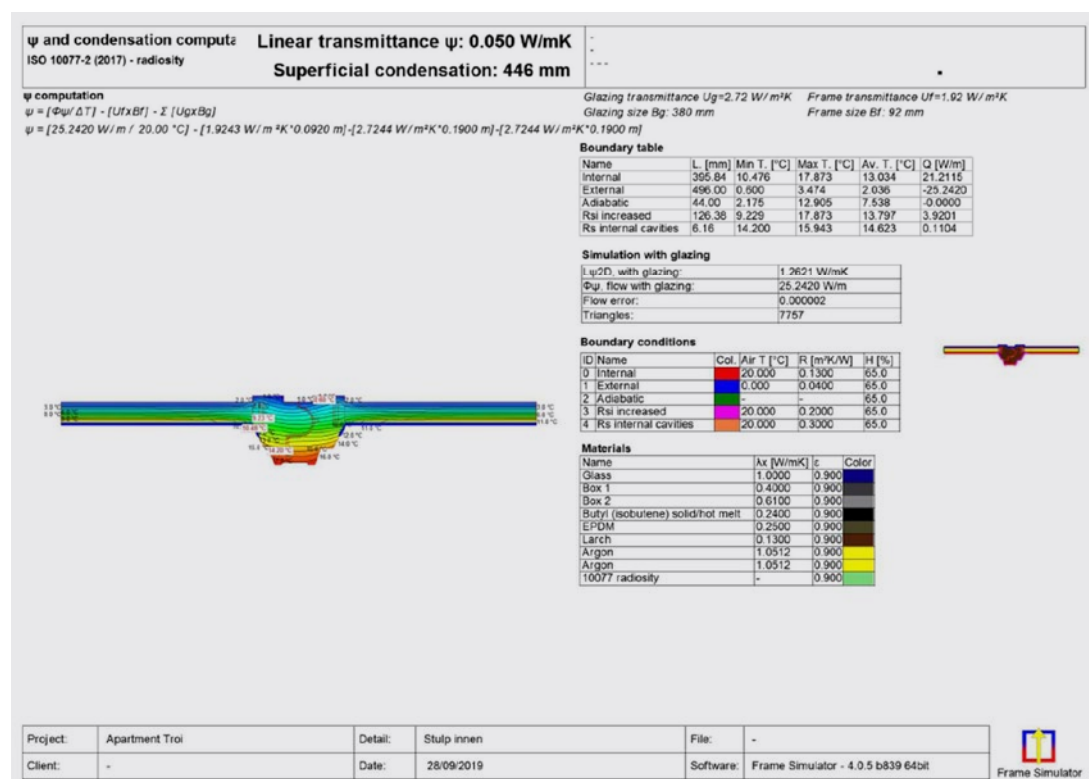


Berechnung des längen-  
bezogenen Wärmedurch-  
gangskoeffizienten des  
Randverbundes  
(Rahmen seitlich und  
oben - innerer Fensterflü-  
gel nach Sanierung)

# Simulationsergebnisse Sanierung



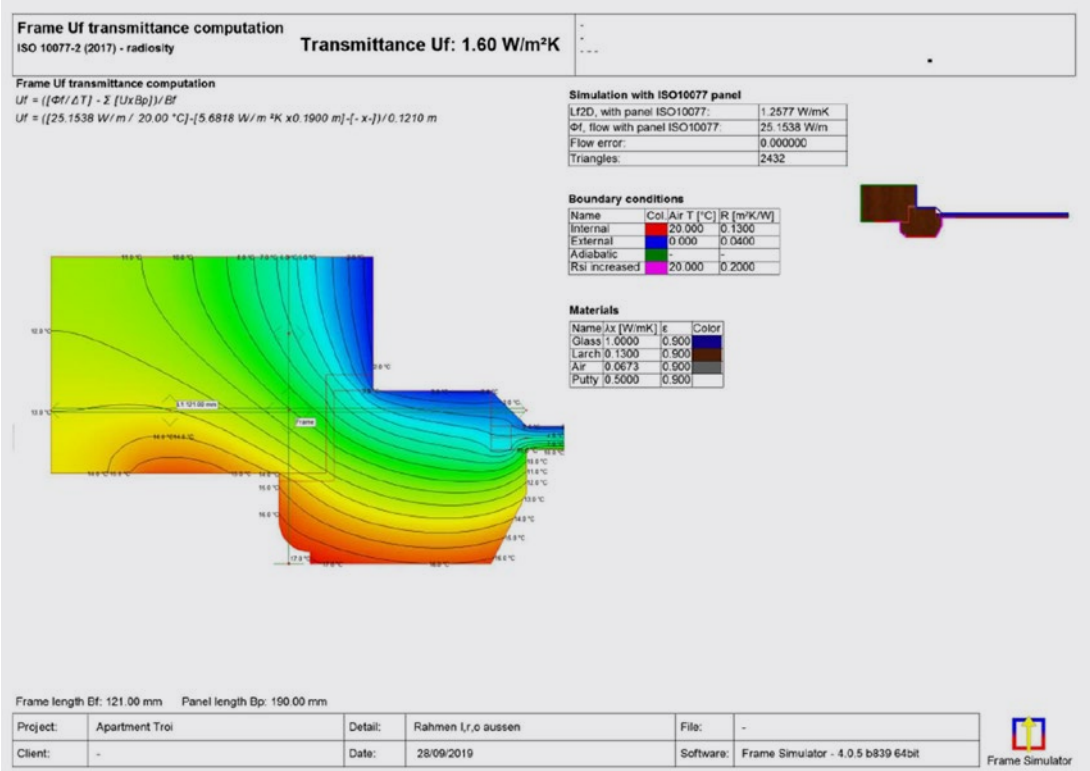
Berechnung  
des Wärmedurchgang-  
koeffizienten des  
Rahmens Uf  
(Stulp - innerer Fenster-  
flügel nach Sanierung)



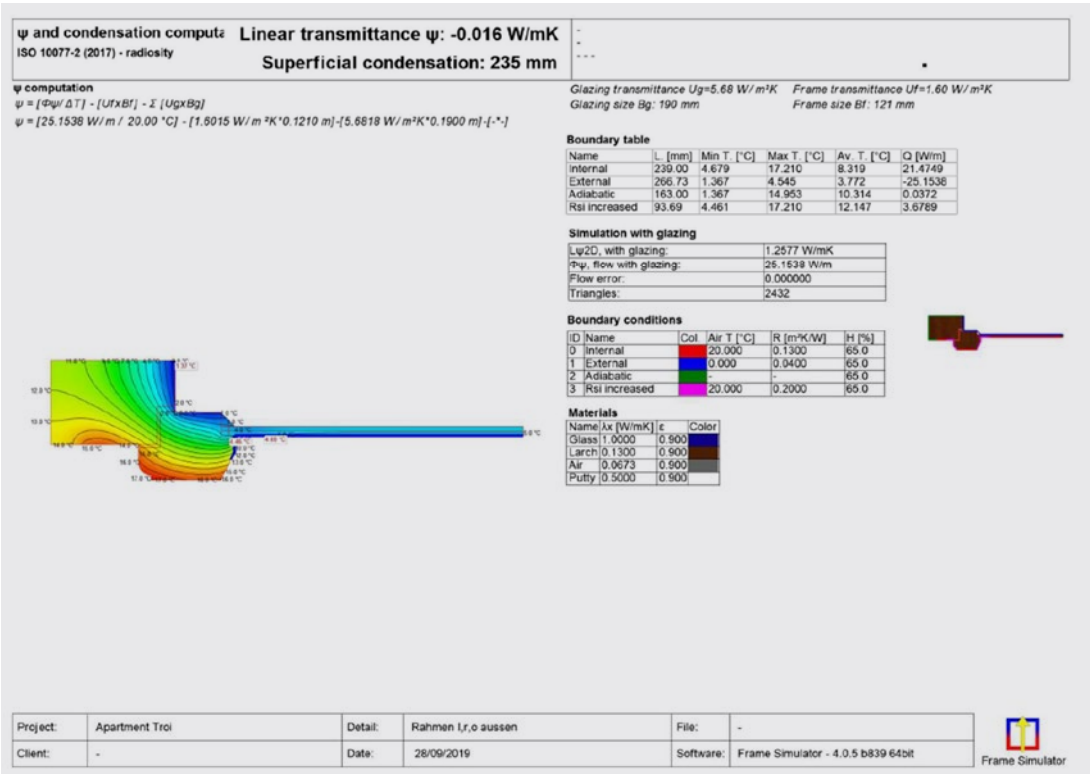
Berechnung des längen-  
bezogenen Wärmedurch-  
gangskoeffizienten des  
Randverbundes  
(Stulp - innerer Fenster-  
flügel nach Sanierung)



# Simulationsergebnisse Sanierung

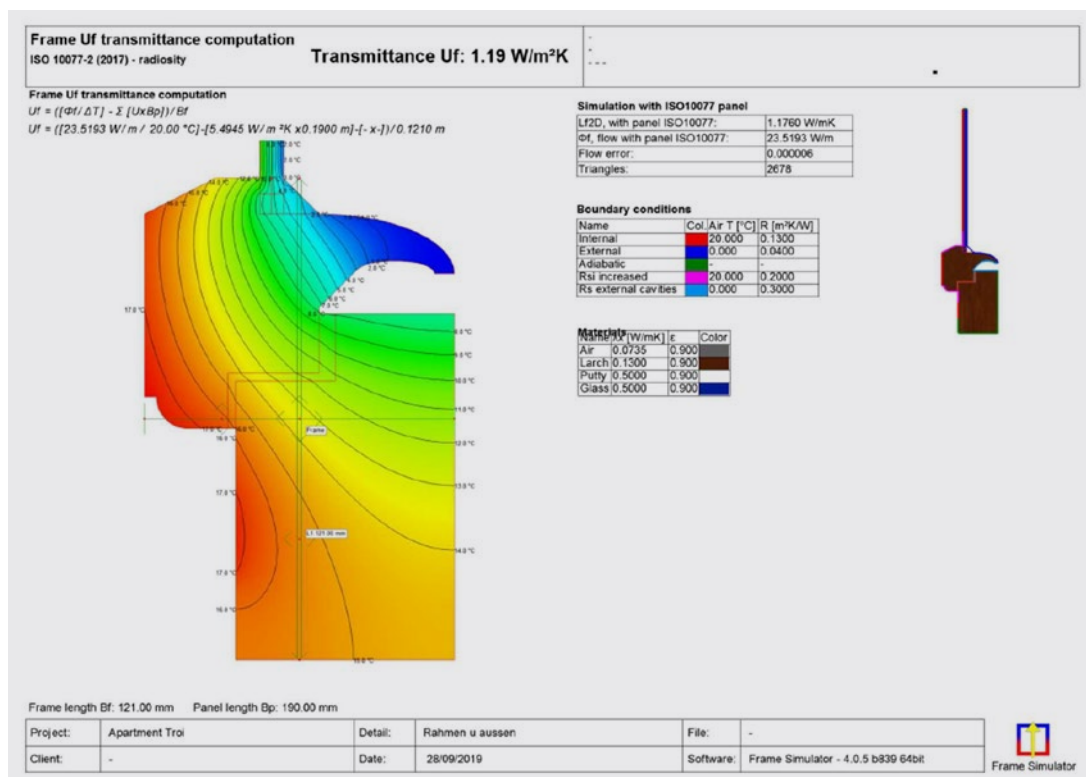


Berechnung  
des Wärmedurchgangs-  
koeffizienten  
des Rahmens Uf  
(Rahmen seitlich und  
oben - äußerer Fenster-  
flügel nach Sanierung)

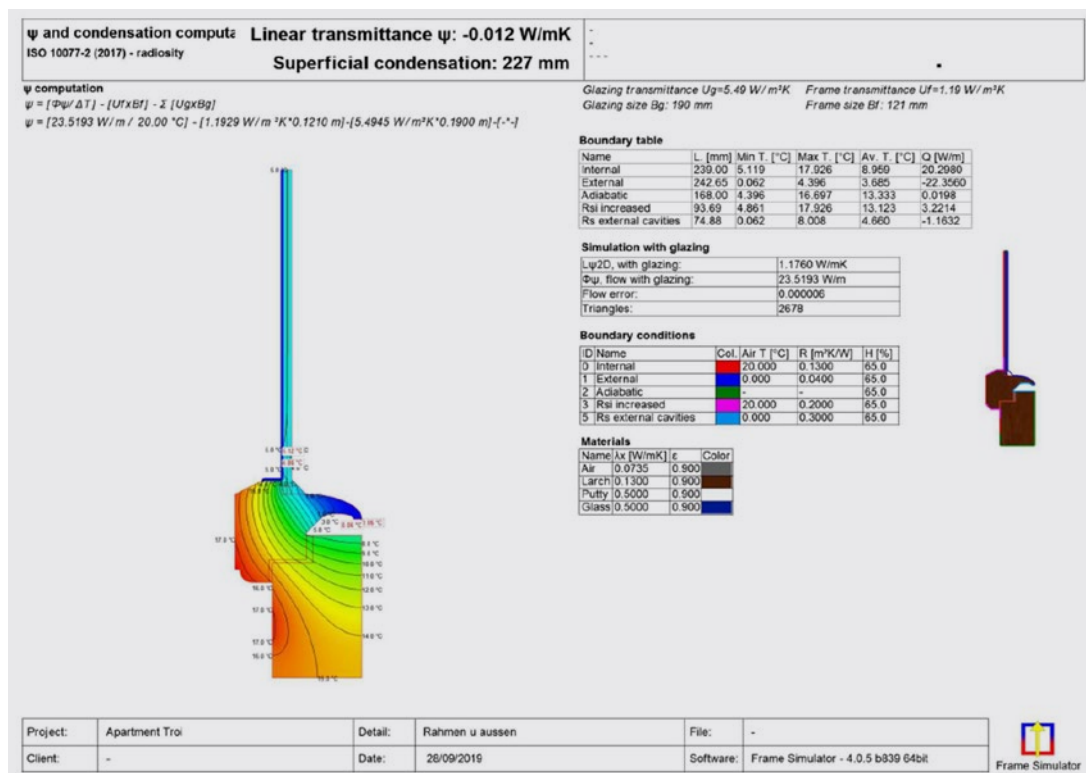


Berechnung  
des längenbezogene  
Wärmedurchgangskoeff-  
zienten  
des Randverbundes  
(Rahmen seitlich und  
oben - äußerer Fensterflü-  
gel nach Sanierung)

# Simulationsergebnisse Sanierung

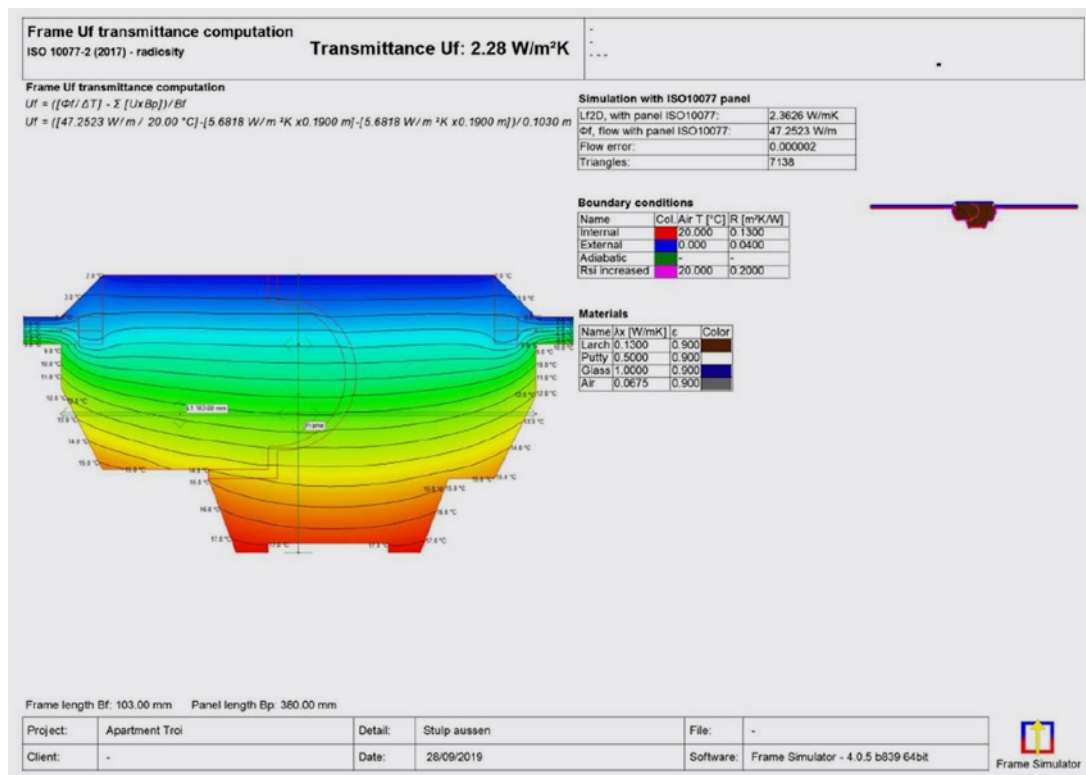


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf  
 (Rahmen unten - äußerer Fensterflügel nach Sanierung)

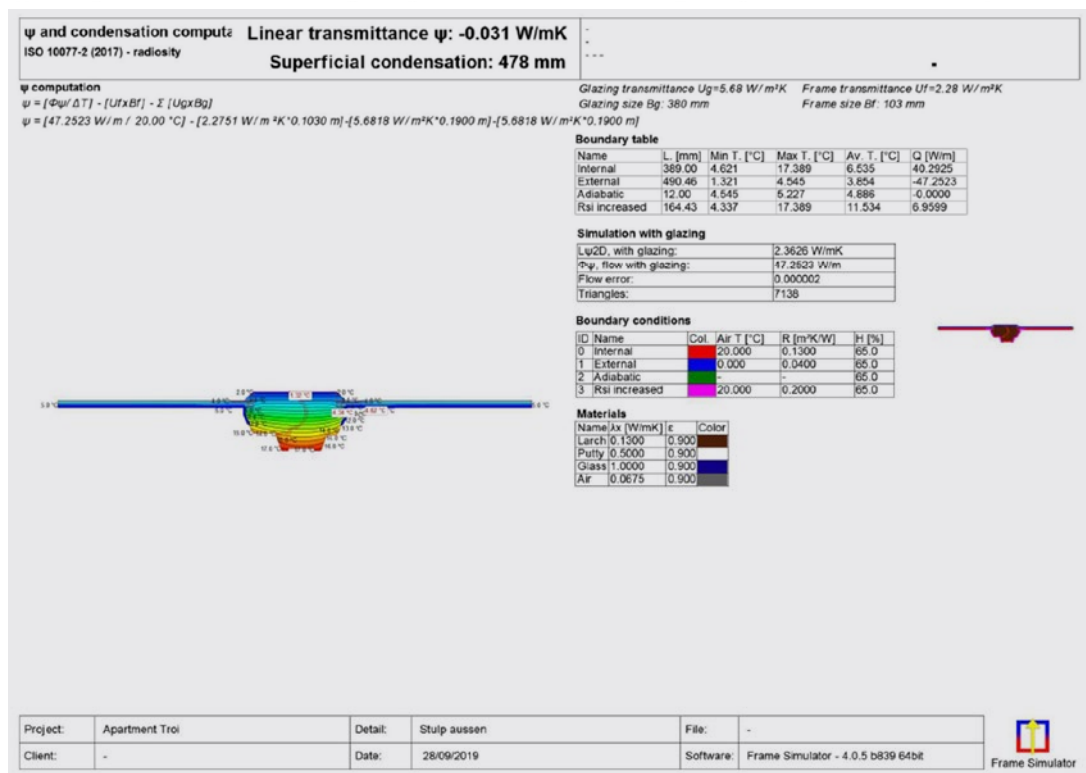


Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Randverbundes  
 (Rahmen unten - äußerer Fensterflügel nach Sanierung)

# Simulationsergebnisse Sanierung

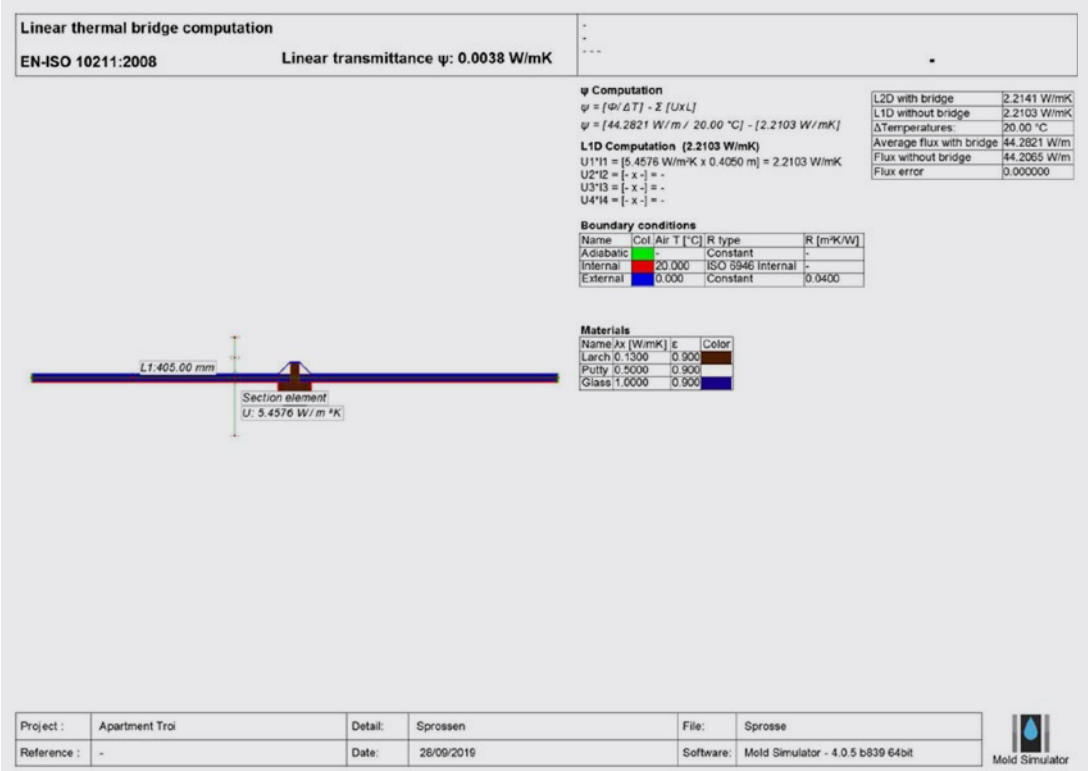


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf (Stulp - äußerer Fensterflügel nach Sanierung)



Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Randverbundes (Stulp - äußerer Fensterflügel nach Sanierung)

# Simulationsergebnisse Sanierung



Berechnung des längen-  
bezogenen Wärmedurch-  
gangskoeffizienten  
des Randverbundes  
(Sprosse - äußerer Fens-  
terflügel nach Sanierung)

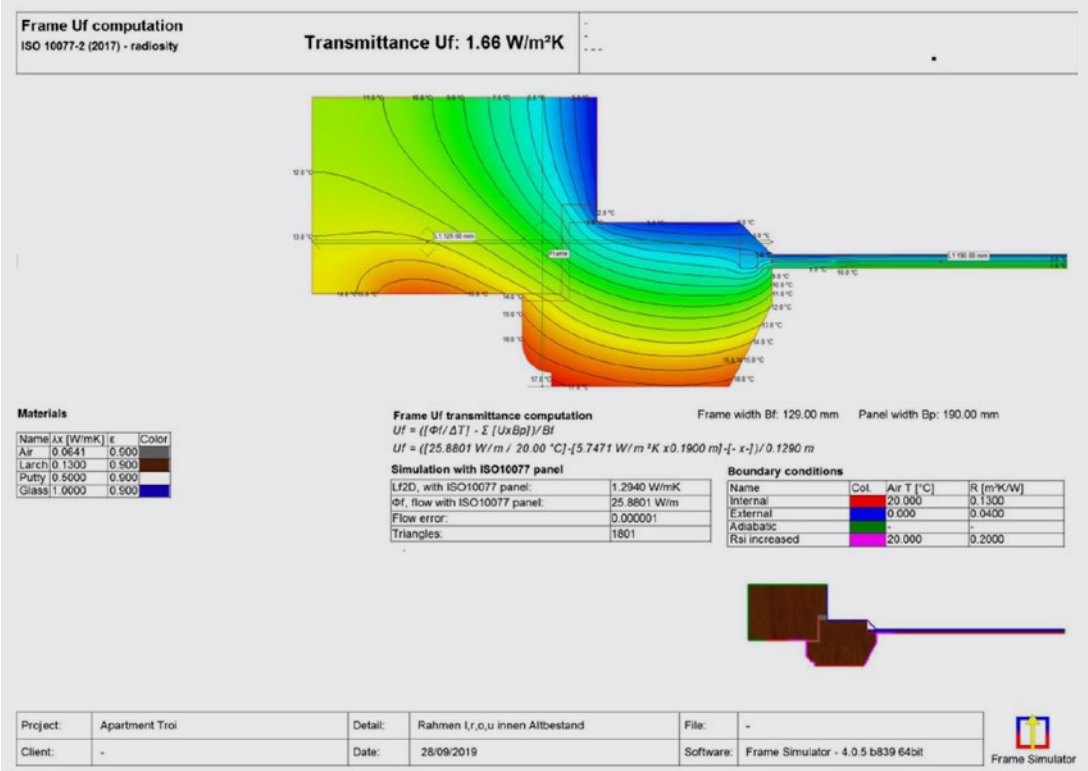


# Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten für Verbundfenster ( $U_w$ -Wert) - Sanierung

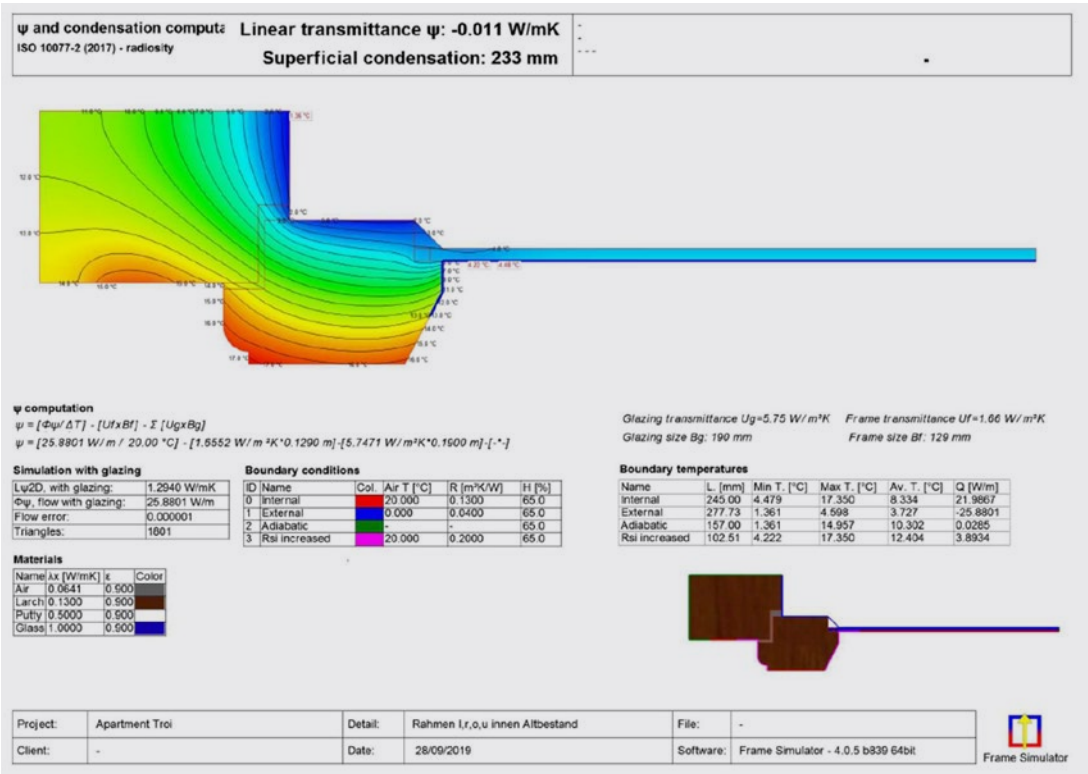
<b>inneres Fenster</b>		<b><math>U_{w,1} = 1,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></b>		aus Angaben berechnet	
thermische Daten					
	U-Wert Direkteingabe	$U_{w,1} =$	W/(m <sup>2</sup> K)	(falls bekannt)	
	Glas	$U_{g,1} =$	1,10 W/(m <sup>2</sup> K)		
	Rahmen	$U_{f,1} =$	1,75 W/(m <sup>2</sup> K)		
	Randverbund	$\Psi_{g,1} =$	0,03 W/(mK)		
	Sprosse	$\Psi_{gb,1} =$	W/(mK)		
Abmessungen					
Gesamtfenster	Brutto-Außenmaß	$A_{w,1} =$	1,96 m <sup>2</sup>	$b_{w,1} =$	1,96 m
lichte Glasflächen	Scheibe 1	$A_{g1,1} =$	1,53 m <sup>2</sup>	$b_{g1,1} =$	1,53 m
	Scheibe 2	$A_{g2,1} =$	0,00 m <sup>2</sup>	$b_{g2,1} =$	m
	Scheibe 3	$A_{g3,1} =$	0,00 m <sup>2</sup>	$b_{g3,1} =$	m
	Scheibe 4	$A_{g4,1} =$	0,00 m <sup>2</sup>	$b_{g4,1} =$	m
Rahmenfläche		$A_{f,1} =$	0,43 m <sup>2</sup>		
Glasumfang		$l_{g,1} =$	6,91 lfm		
Sprossenlänge		$l_{gb,1} =$	lfm		
<b>äußeres Fenster</b>		<b><math>U_{w,2} = 4,82 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></b>		aus Angaben berechnet	
thermische Daten					
	U-Wert Direkteingabe	$U_{w,2} =$	W/(m <sup>2</sup> K)	(falls bekannt)	
	Glas	$U_{g,2} =$	5,68 W/(m <sup>2</sup> K)		
	Rahmen	$U_{f,2} =$	1,82 W/(m <sup>2</sup> K)		
	Randverbund	$\Psi_{g,2} =$	0,00 W/(mK)		
	Sprosse	$\Psi_{gb,2} =$	0,00 W/(mK)		
Abmessungen					
Gesamtfenster	Brutto-Außenmaß	$A_{w,2} =$	1,66 m <sup>2</sup>	$b_{w,2} =$	1,66 m
lichte Glasflächen	Scheibe 1	$A_{g1,2} =$	1,29 m <sup>2</sup>	$b_{g1,2} =$	1,29 m
	Scheibe 2	$A_{g2,2} =$	0,00 m <sup>2</sup>	$b_{g2,2} =$	m
	Scheibe 3	$A_{g3,2} =$	0,00 m <sup>2</sup>	$b_{g3,2} =$	m
	Scheibe 4	$A_{g4,2} =$	0,00 m <sup>2</sup>	$b_{g4,2} =$	m
Rahmenfläche		$A_{f,2} =$	0,37 m <sup>2</sup>		
Glasumfang		$l_{g,2} =$	4,58 lfm		
Sprossenlänge		$l_{gb,2} =$	0,17 lfm		
<b>U-Wert Gesamtfenster</b>		<b><math>U_w = 1,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></b>			

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

# Simulationsergebnisse Altbestand

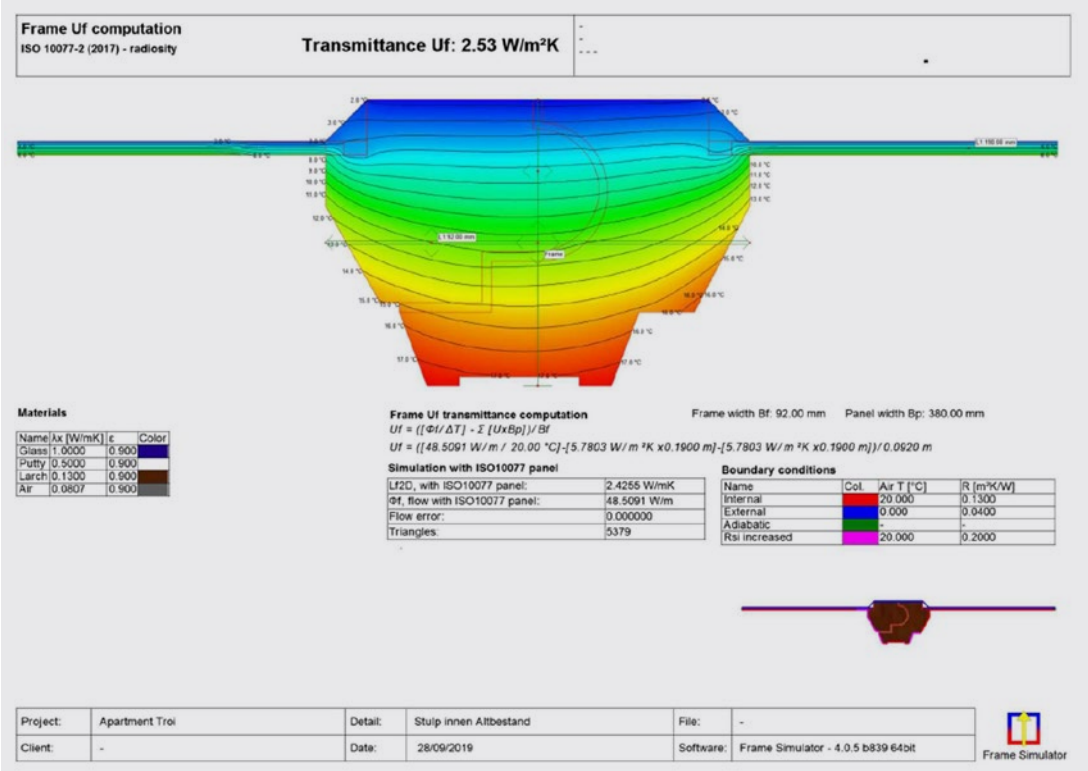


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf  
(Rahmen seitlich und oben - innerer Fensterflügel vor Sanierung)

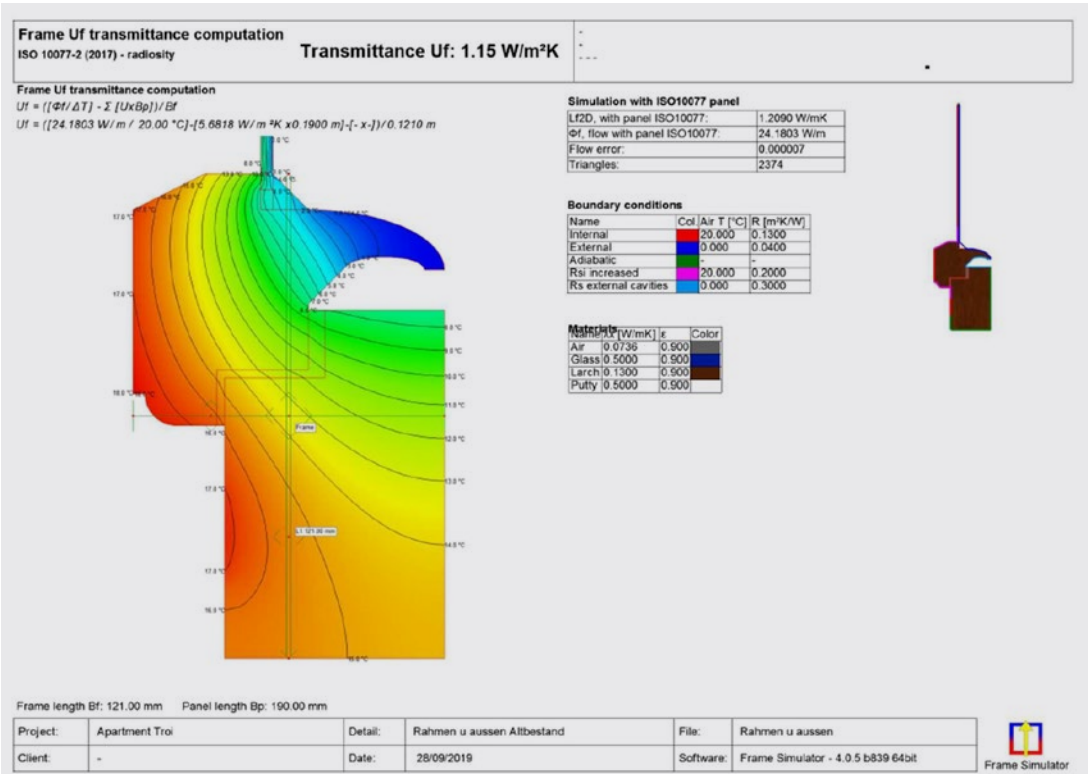


Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten des Randverbundes  
(Rahmen seitlich und oben - innerer Fensterflügel vor Sanierung)

# Simulationsergebnisse Altbestand

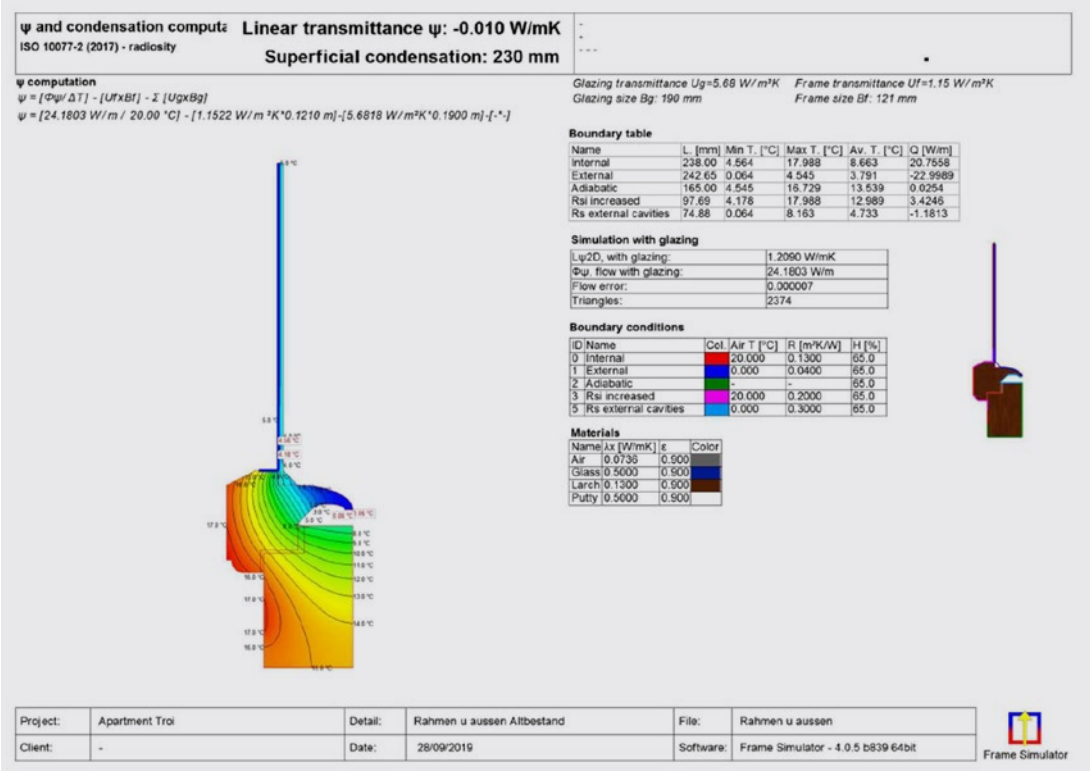


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf (Stulp - innere Fensterflügel vor Sanierung)

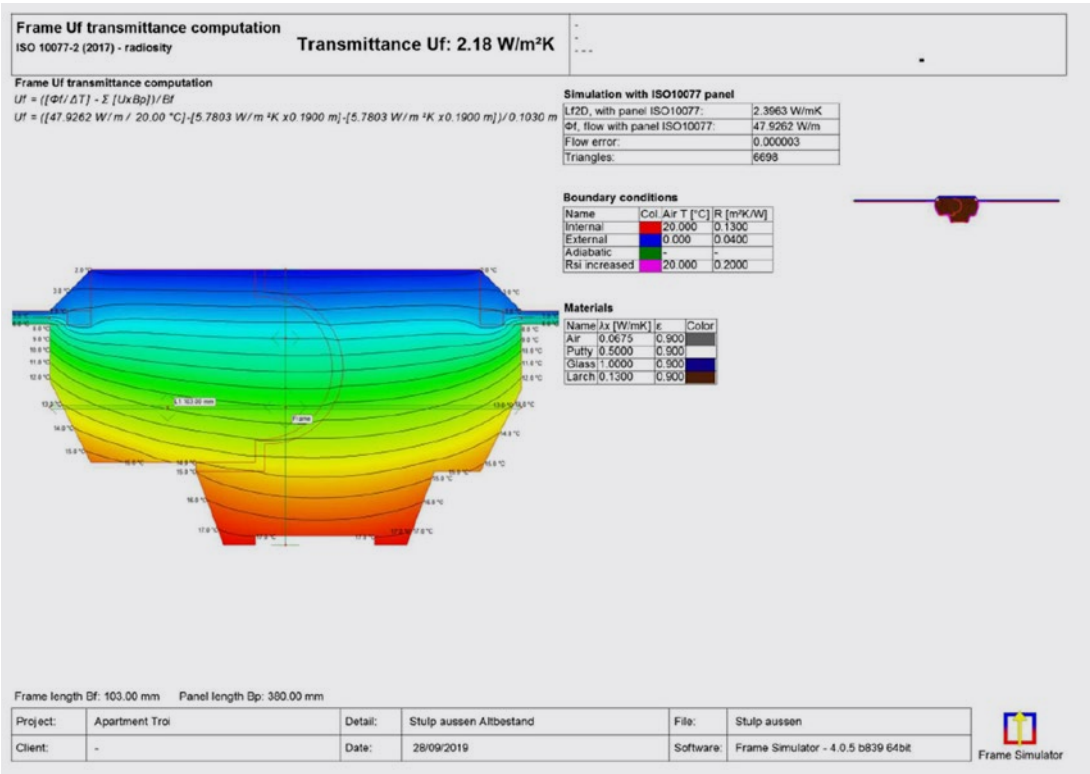


Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens Uf (Rahmen unten - äußerer Fensterflügel vor Sanierung)

# Simulationsergebnisse Altbestand



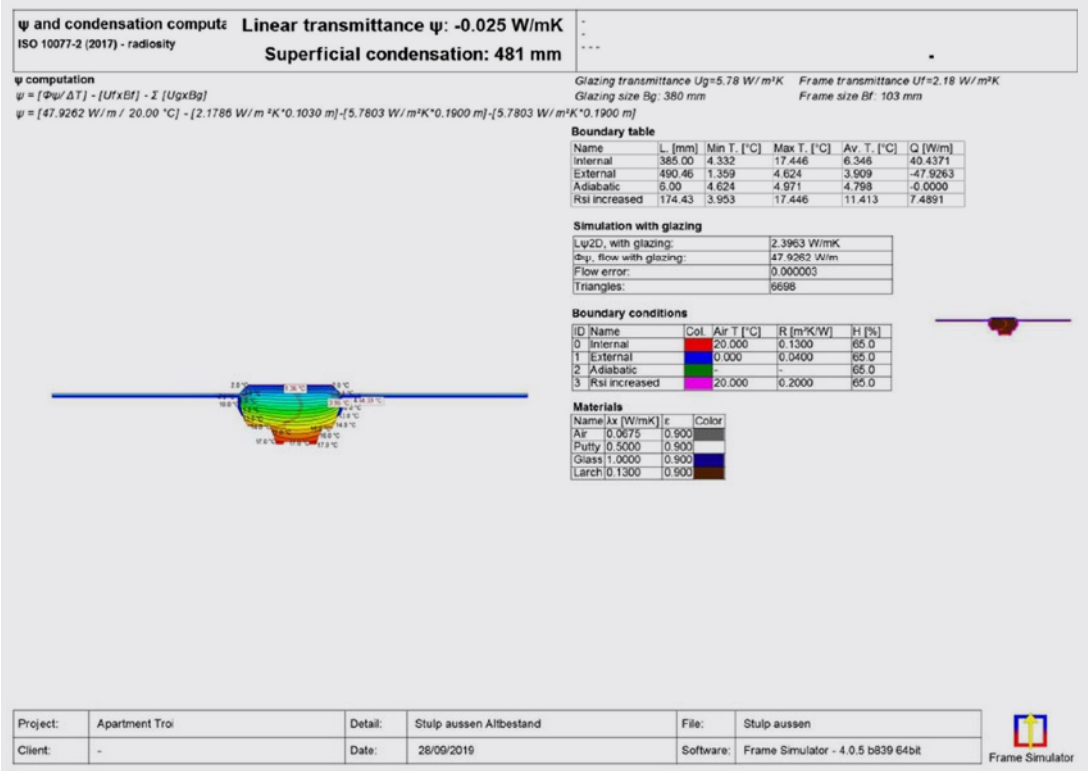
Berechnung des längen-  
bezogenen Wärmedurch-  
gangskoeffizienten des  
Randverbundes  
(Rahmen unten -  
äußerer Fensterflügel  
vor Sanierung)



Berechnung des Wärme-  
durchgangskoeffizienten  
des Rahmens Uf  
(Stulp - äußere Fenster-  
flügel vor Sanierung)



# Simulationsergebnisse Altbestand



# Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten für das Kastenfenster (U<sub>w</sub>-Wert) - Altbestand

<b>inneres Fenster</b>		<b>U<sub>w,1</sub> = 4,88 W/(m²K)</b>		aus Angaben berechnet	
thermische Daten					
	U-Wert Direkteingabe	U <sub>w,1</sub> =	W/(m²K)	(falls bekannt)	
	Glas	U <sub>g,1</sub> =	5,78 W/(m²K)		
	Rahmen	U <sub>r,1</sub> =	1,66 W/(m²K)		
	Randverbund	Ψ <sub>g,1</sub> =	0,00 W/(mK)		
	Sprosse	Ψ <sub>g<sup>b</sup>,1</sub> =	0,01 W/(mK)		
Abmessungen					
Gesamtfenster	Brutto-Außenmaß	A <sub>w,1</sub> =	1,96 m²	b <sub>w,1</sub> =	1,96 m
lichte Glasflächen	Scheibe 1	A <sub>g1,1</sub> =	1,53 m²	b <sub>g1,1</sub> =	1,53 m
	Scheibe 2	A <sub>g2,1</sub> =	0,00 m²	b <sub>g2,1</sub> =	m
	Scheibe 3	A <sub>g3,1</sub> =	0,00 m²	b <sub>g3,1</sub> =	m
	Scheibe 4	A <sub>g4,1</sub> =	0,00 m²	b <sub>g4,1</sub> =	m
Rahmenfläche	A <sub>r,1</sub> =	0,43 m²			
Glasumfang	l <sub>g,1</sub> =	6,91 lfm			
Sprossenlänge	l <sub>g<sup>b</sup>,1</sub> =	0,17 lfm			
<b>Fensterzwischenraum</b>		<b>R<sub>i</sub> = 0,18 m²K/W</b>			
	Scheibenabstand	s <sub>1,2</sub> =	13,3 cm		
<b>äußeres Fenster</b>		<b>U<sub>w,2</sub> = 4,90 W/(m²K)</b>		aus Angaben berechnet	
thermische Daten					
	U-Wert Direkteingabe	U <sub>w,2</sub> =	W/(m²K)	(falls bekannt)	
	Glas	U <sub>g,2</sub> =	5,78 W/(m²K)		
	Rahmen	U <sub>r,2</sub> =	1,82 W/(m²K)		
	Randverbund	Ψ <sub>g,2</sub> =	0,00 W/(mK)		
	Sprosse	Ψ <sub>g<sup>b</sup>,2</sub> =	0,00 W/(mK)		
Abmessungen					
Gesamtfenster	Brutto-Außenmaß	A <sub>w,2</sub> =	1,66 m²	b <sub>w,2</sub> =	1,66 m
lichte Glasflächen	Scheibe 1	A <sub>g1,2</sub> =	1,29 m²	b <sub>g1,2</sub> =	1,29 m
	Scheibe 2	A <sub>g2,2</sub> =	0,00 m²	b <sub>g2,2</sub> =	m
	Scheibe 3	A <sub>g3,2</sub> =	0,00 m²	b <sub>g3,2</sub> =	m
	Scheibe 4	A <sub>g4,2</sub> =	0,00 m²	b <sub>g4,2</sub> =	m
Rahmenfläche	A <sub>r,2</sub> =	0,37 m²			
Glasumfang	l <sub>g,2</sub> =	4,58 lfm			
Sprossenlänge	l <sub>g<sup>b</sup>,2</sub> =	0,17 lfm			
<b>U-Wert Gesamtfenster</b>		<b>U<sub>w</sub> = 2,39 W/(m²K)</b>			

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

# Überschlägige energetische Bilanzierung der Fenstersanierung

Standort:	<div>Abtei</div> <div>Ahrntal</div> <div>Aldein</div> <div>Alquand</div> <div>Altrei</div> <div>Andrian</div> <div>Auer</div> <div>Barbian</div> <div>Bozen</div>	Klimadaten für den Standort:	Bozen	
		jährliche Heiztage	HT <sub>12</sub> = 179 d/a	Standardwerte ClimaHaus
		durchschnittliche Außentemperatur am Heiztag	θ <sub>a</sub> = 4,7 °C	
		Normaußen- temperatur für die Heizperiode	θ <sub>ne</sub> = -15 °C	
Ausrichtung:	<div>Horizontal</div> <div>Süd</div> <div>Südost/Südwest</div> <div>Ost/West</div> <div>Nordost/Nordwest</div> <div>Nord</div>	Verschattung	k <sub>V</sub> = 0,90 –	Anpassung der Standardwerte möglich
		nicht senkrechter Lichteinfall	k <sub>R</sub> = 0,90 –	
		Verschmutzung	k <sub>S</sub> = 0,98 –	
		Ausnutzungsgrad	η <sub>M</sub> = 0,95 –	
Vorhanden:	Fensterfläche brutto	A <sub>W,v</sub> = 3,32 m²	Transmissionswärmeverluste	Q <sub>T,v</sub> = 521 kW h/a
	Wärmedurchgangskoeffizient	U <sub>W,v</sub> = 2,39 W/(m²K)	Strahlungswärmeverluste	Q <sub>R,v</sub> = 54 kW h/a
	Gesamtenergiedurchlassgrad	g <sub>G,v</sub> = 0,71 –	solare Gewinne	Q <sub>S,v</sub> = 445 kW h/a
	Verglasung			
	Rahmenanteil	η <sub>F,v</sub> = 22 %		Q <sub>bil,v</sub> = 129 kWh/a jährlicher Verlust
Saniert	Fensterfläche brutto	A <sub>W,s</sub> = 3,32 m²	Transmissionswärmeverluste	Q <sub>T,s</sub> = 229 kW h/a
	Wärmedurchgangskoeffizient	U <sub>W,s</sub> = 1,05 W/(m²K)	Strahlungswärmeverluste	Q <sub>R,s</sub> = 24 kW h/a
	Gesamtenergiedurchlassgrad	g <sub>G,s</sub> = 0,50 –	solare Gewinne	Q <sub>S,s</sub> = 337 kW h/a
	Verglasung			
	Rahmenanteil	η <sub>F,s</sub> = 22 %		Q <sub>bil,s</sub> = 84 kWh/a jährlicher Gewinn
		Gesamtbilanz für die Fenstersanierung Q <sub>bil,ges</sub> = 184 kWh/a jährliche Einsparung		
Solare Gewinne des opaken Rahmenanteils bleiben bei der Berechnung unberücksichtigt				

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

Standort:	<div>Abtei</div> <div>Ahrental</div> <div>Aldein</div> <div>Alquand</div> <div>Altrei</div> <div>Andrian</div> <div>Auer</div> <div>Barbian</div> <div>Bozen</div>	Klimadaten für den Standort:	Bozen	
		jährliche Heiztage	HT <sub>12</sub> = 179 d/a	Standardwerte ClimaHaus
		durchschnittliche Außentemperatur am Heiztag	θ <sub>e</sub> = 4,7 °C	
		Normaußen- temperatur für die Heizperiode	θ <sub>ne</sub> = -15 °C	
Ausrichtung:	<div>Horizontal</div> <div>Süd</div> <div>Südost/Südwest</div> <div>Ost/West</div> <div>Nordost/Nordwest</div> <div>Nord</div>	Verschattung	k <sub>V</sub> = 0,90 –	Anpassung der Standardwerte möglich
		nicht senkrechter Lichteinfall	k <sub>R</sub> = 0,90 –	
		Verschmutzung	k <sub>S</sub> = 0,98 –	
		Ausnutzungsgrad	η <sub>M</sub> = 0,95 –	
Vorhanden:	Fensterfläche brutto	A <sub>W,v</sub> = 3,32 m²	Transmissionswärmeverluste	Q <sub>T,v</sub> = 521 kW h/a
	Wärmedurchgangskoeffizient	U <sub>W,v</sub> = 2,39 W/(m²K)	Strahlungswärmeverluste	Q <sub>R,v</sub> = 54 kW h/a
	Gesamtenergiedurchlassgrad	g <sub>G,v</sub> = 0,71 -	solare Gewinne	Q <sub>S,v</sub> = 677 kW h/a
	Verglasung			
	Rahmenanteil	η <sub>F,v</sub> = 22 %		Q <sub>bil,v</sub> = 102 kW h/a jährlicher Gewinn
Saniert	Fensterfläche brutto	A <sub>W,s</sub> = 3,32 m²	Transmissionswärmeverluste	Q <sub>T,s</sub> = 229 kW h/a
	Wärmedurchgangskoeffizient	U <sub>W,s</sub> = 1,05 W/(m²K)	Strahlungswärmeverluste	Q <sub>R,s</sub> = 24 kW h/a
	Gesamtenergiedurchlassgrad	g <sub>G,s</sub> = 0,50 -	solare Gewinne	Q <sub>S,s</sub> = 512 kW h/a
	Verglasung			
	Rahmenanteil	η <sub>F,s</sub> = 22 %		Q <sub>bil,s</sub> = 260 kW h/a jährlicher Gewinn
		Gesamtbilanz für die Fenstersanierung Q <sub>bil,ges</sub> = 127 kW h/a jährliche Einsparung		
Solare Gewinne des opaken Rahmenanteils bleiben bei der Berechnung unberücksichtigt				

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