Co-funded by the European Union

UK Research and Innovation

Window retrofit Task 2.5 – Musterfenster Moser



FuturHist

Musterfenster: Wiener Kastenfenster

1940/50er Jahre, Südtirol



1. Messung des Uw-Werts in der Klimakammer MFL



1. Messung des Uw-Werts in der Klimakammer MFL



Figure 1. Window installed in the Multifunctional Façade Lab: External side (SX) and internal side (DX)

1. Messung des Uw-Werts in der Klimakammer MFL

ID	Method	Reference norm	Sample (configuration)	Test Condition (Set)	Test Dates (Duration)	Test Lab
1A	Determination of thermal transmittance by the hot-box method	EN ISO 12567-1:2010 with variations[2]	Original Window Interior sash sealed with tape	T_e = 2 °C T_i = 22 °C $V_{air\ e}$ = 3 m/s $V_{air\ i}$ < 3 m/s	8-11/5/25 (79h)	MFL
2A	Determination of thermal transmittance by the hot-box method	EN ISO 12567-1:2010 with variations[2]	Original Window - Exterior and interior sash sealed with tape	T_e = 2 °C T_i = 22 °C $V_{air\ e}$ = 3 m/s $V_{air\ i}$ < 3 m/s	12-15/5/25 (71h)	MFL

ID	Method	Reference norm	Sample (configuration)	Test Condition (Set)	Test Dates (Duration)	Test Lab
2C	Determination of thermal transmittance by the hot-box method	EN ISO 12567-1:2010 with variations[2]	Refurbished Window - Exterior and interior sash sealed with tape Repaired	T_e = 2 °C T_i = 22 °C $V_{air\ e}$ = 3 m/s $V_{air\ i}$ < 3 m/s	27-30/1/26 (73h)	MFL

1. Messung des Uw-Werts in der Klimakammer MFL

Ergebnisse Bestandsfenster

Test T1A – Bestandsfenster mit Innenflügel luftdicht verklebt

U_m	**Measured thermal transmittance**	**W/(m²K)**	**1.81**
Δum	**Estimated uncertainty of the measurement**	**W/(m²K)**	**0.19**
$R_{(s,t),st}$		m²K/W	0.17
U_{st}	Standardized	W/(m²K)	1.72
U_w	**Normalized**	**W/(m²K)**	**1.7**

Test T2A – Bestandfenster Innen- und Außenflügel luftdicht verklebt

U_m	**Measured thermal transmittance**	**W/(m²K)**	**1.77**
Δum	**Estimated uncertainty of the measurement**	**W/(m²K)**	**0.18**
$R_{(s,t),st}$		m²K/W	0.17
U_{st}	Standardized	W/(m²K)	1.69
U_w	**Normalized**	**W/(m²K)**	**1.7**

1. Messung des Uw-Werts in der Klimakammer MFL

Ergebnisse saniertes Fenster mit Vakuumverglasung Fineo 6 in den Innenflügeln

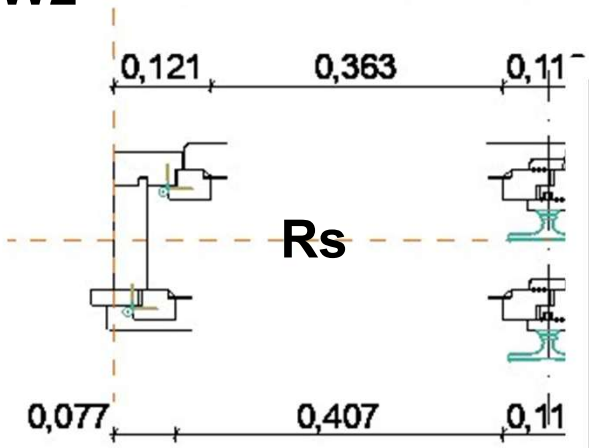
Test T2C – Saniertes Fenster Innen- und Außenflügel luftdicht verklebt

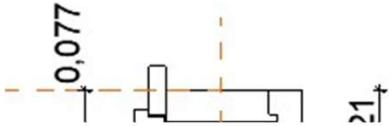
U_m	Measured thermal transmittance	W/(m²K)	1.01
Δu_m	Estimated uncertainty of the measurement	W/(m²K)	0.13
$R_{(s,t),st}$		m²K/W	0.17
U_{st}	Standardized	W/(m²K)	0.98
U_W	Normalized	W/(m²K)	1.0

2. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Ergebnisse Bestandsfenster + saniertes Fenster

W2

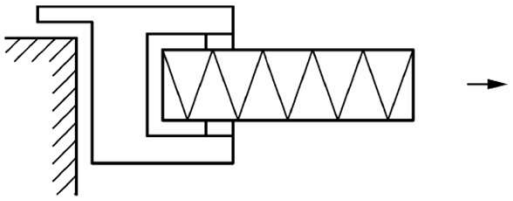




Dicke des Luftraums	Wärmedurchlasswiderstand R_s $m^2 \cdot K/W$				
	einseitige Beschichtung mit normalem Emissionsgrad von:				beide Seiten unbeschichtet
mm	0,1	0,2	0,4	0,8	
6	0,211	0,191	0,163	0,132	0,127
9	0,299	0,259	0,211	0,162	0,154
12	0,377	0,316	0,247	0,182	0,173
15	0,447	0,364	0,276	0,197	0,186
50	0,406	0,336	0,260	0,189	0,179

Bei breiten Luftschichten, z. B. in Kastenfenstern oder Türen, ergibt die Berechnung nach ISO 10292 (oder Punkt 1 in Tabelle C.1) keine korrekten Werte. Für solche Fälle werden detaillierte Gleichungen in ISO 15099 angegeben, oder es können andere Berechnungsverfahren oder Messungen angewendet werden.

W1



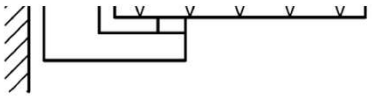


Bild 1 — Behandlung von Profilen mit Erweiterungen (Z-förmig)

2. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Ergebnisse Bestandsfenster



Materials list

Name	Type	Cavity type	λx [W/mK]	λy [W/mK]	ε	Qperm [g/m²]	Color
10077 radiosity	Cavity	10077 radiosity	-	-	0.900	500.000	
Norway spruce	Standard		0.1100	0.1100	0.900	500.000	
Putty	Standard		0.5000	0.5000	0.900	500.000	
Soda lime glass	Standard		1.0000	1.0000	0.900	500.000	

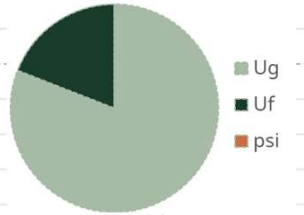
Boundary list

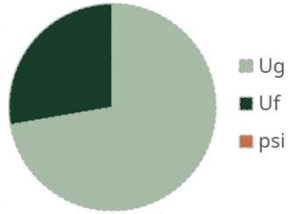
ID	Name	Col.	Air T [°C]	Boundary T [°C]	R type	R [m²K/W]	H [%]	Flow rate [W/m²]
0	Internal		20.000	-	Constant	0.1300	65.0	0.000
1	External		0.000	-	Constant	0.0400	65.0	0.000
2	Adiabatic		-	0.000	Constant	-	65.0	0.000
3	Increased Rsi		20.000	-	Constant	0.2000	65.0	0.000

2. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Ergebnisse Bestandsfenster

	Cut half, cut Z-shape							
	Bestandsfenster							
	Wärmeleitfähigkeit Holz 0.11; Rs 0.179							
	INNERE FENSTEREBENE	**FLÄCHEN**	**PROPORT. GLAS/RAHMEN**	**Uf/Ug**	**Psi**	**Uw-Wert W1/W2**	**Uw Wert**	**MFL-Test Ergebnis**
F1a	Seitlicher Rahmen innen	0.096		1.717	-0.006	4.097	**1.852**	**1,7/1,7**
F2a	Stulp innen	0.070		1.716	-0.014			
F3a	Rahmen oben innen	0.083		1.717	-0.006			
F4a	Rahmen unten innen	0.086		1.735	-0.003			
F5a	Sprosse innen	0.023	42%	1.930	-0.009			
G1a	Verglasung	0.485	58%	5.814				
		0.844						
	ÄUSSERE FENSTEREBENE							
F6b	Seitlicher Rahmen innen	0.130		1.717	-0.006	3.486		
F7b	Stulp innen	0.060		1.716	-0.014			
F8b	Rahmen oben innen	0.131		1.717	-0.006			
F9b	Rahmen unten innen	0.134		1.735	-0.003			
F10b	Sprosse innen	0.020	56%	1.930	-0.009			
G1b	Verglasung	0.369	44%	5.814				
		0.844						





FuturHist eurac research

2. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Sanierung mit Vakuumverglasung Fineo 6 (6.7 mm / Ug 0.7 W/(m²K))

Austausch der Einfachverglasung in der inneren Fensterebene:

- Ausglasen
- Leichte Vergrößerung Kittfalz (Falz Bestand 10/10 mm):
  - Falztiefe: 4-6 mm nachfräsen
  - Falzbreite: 1-2 mm nachfräsen
  - Falz neu: 11,5/15 mm
- 1 mm Dreieck-Fase-Dichtstoff von Ramsauer weiß in den Falz
- Fineo einlegen
- Aussen mit Dreieckfasen Dichtstoff Ramsauer Weiß einkitten
- Innen Versiegelung mit Silikon Ramsauer Neutral 120 weiß

Glaseinstand Fineo: 7 mm
(dies ergibt einen größeren Kantenabstand als 2-3 mm -> 4,5 mm)





FuturHist

eurac research

2. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Ergebnisse saniertes Fenster mit Ug 0,7 W/(m²K) lt. techn. Datenblatt Fineo



Materials list

Name	Type	Cavity type	λx [W/mK]	λy [W/mK]	ε	Qperm [g/m²]	Color
10077 radiosity	Cavity	10077 radiosity	-	-	0.900	500.000	
Lambda equ. vacuum	Standard		0.0006	0.0006	0.900	500.000	
Silicone pure	Standard		0.3500	0.3500	0.900	500.000	
Soda lime glass	Standard		1.0000	1.0000	0.900	500.000	
White spruce	Standard		0.1300	0.1300	0.900	500.000	

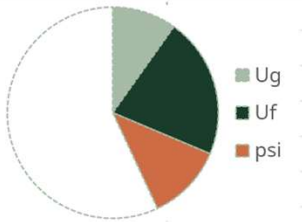
Boundary list

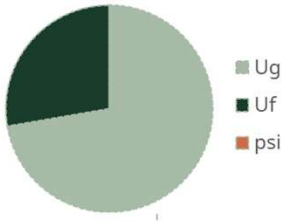
ID	Name	Col.	Air T [°C]	Boundary T [°C]	R type	R [m²K/W]	H [%]	Flow rate [W/m²]
0	Internal		20.000	-	Constant	0.1300	65.0	0.000
1	External		0.000	-	Constant	0.0400	65.0	0.000
2	Adiabatic		-	0.000	Constant	-	65.0	0.000
3	Increased Rsi		20.000	-	Constant	0.2000	65.0	0.000

2. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Ergebnisse saniertes Fenster mit Ug 0,7 lt. techn. Datenblatt Fineo

	Cut half, cut Z-shape							
	Saniertes Fenster mit VIG Fineo 6 mit Ug 0.7							
	Wärmeleitfähigkeit Holz 0.11; Rs 0.22							
	INNERE FENSTEREBENE	**FLÄCHEN**	**PROPORT. GLAS/RAHMEN**	**Uf/Ug**	**Psi**	**Uw-Wert W1/W2**	**Uw Wert**	**MFL-Test Ergebnis**
F1a	Seitlicher Rahmen innen	0.096		2.060	0.074	1.764	**1.106**	**1.0**
F2a	Stulp innen	0.070		1.925	0.136			
F3a	Rahmen oben innen	0.083		2.012	0.070			
F4a	Rahmen unten innen	0.086		2.034	0.071			
F5a	Sprosse innen	0.023	42%	2.973	0.149			
G1a	Verglasung	0.485	58%	0.701				
		0.844						
	ÄUSSERE FENSTEREBENE							
F6b	Seitlicher Rahmen innen	0.130		1.717	-0.006	3.486		
F7b	Stulp innen	0.060		1.716	-0.014			
F8b	Rahmen oben innen	0.131		1.717	-0.006			
F9b	Rahmen unten innen	0.134		1.735	-0.003			
F10b	Sprosse innen	0.020	56%	1.930	-0.009			
G1b	Verglasung	0.369	44%	5.814				
		0.844						

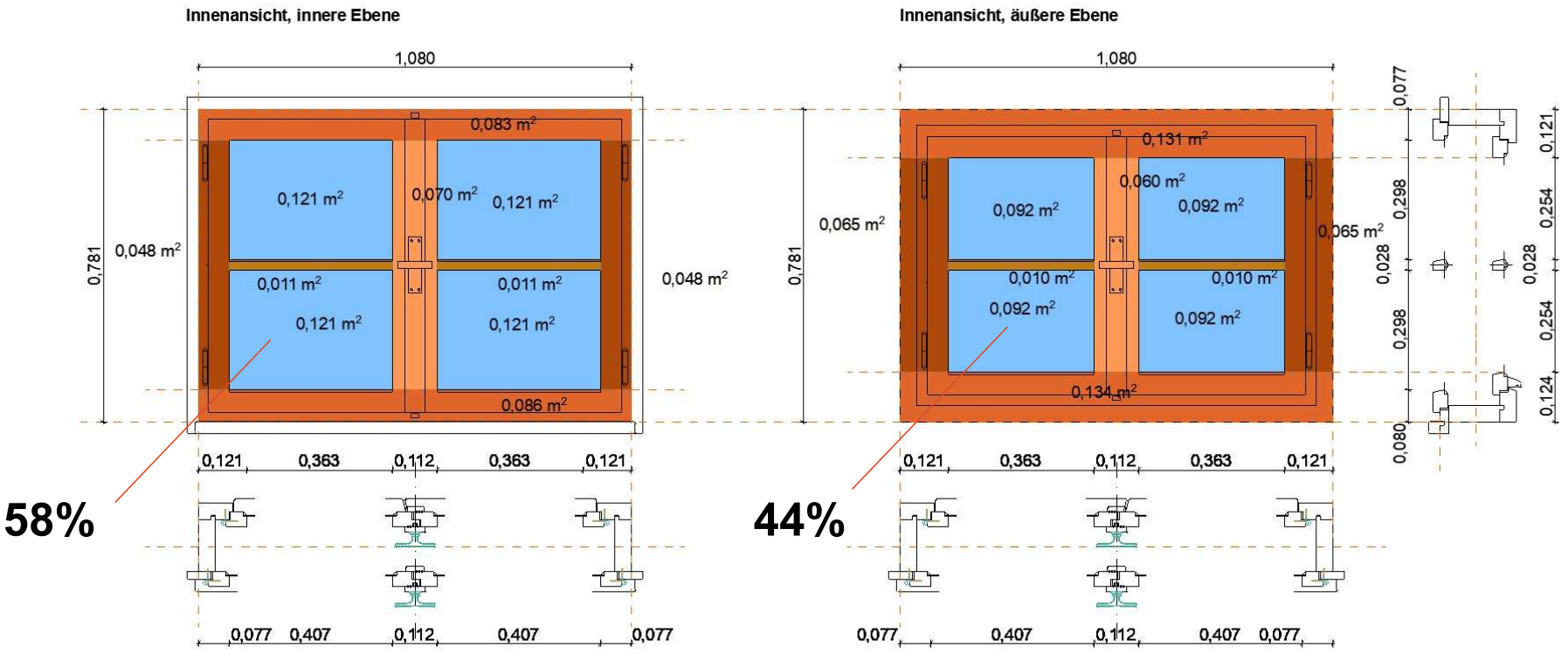




FuturHist eurac research

2. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Ergebnisse saniertes Fenster mit Ug 0,7 lt. techn. Datenblatt Fineo



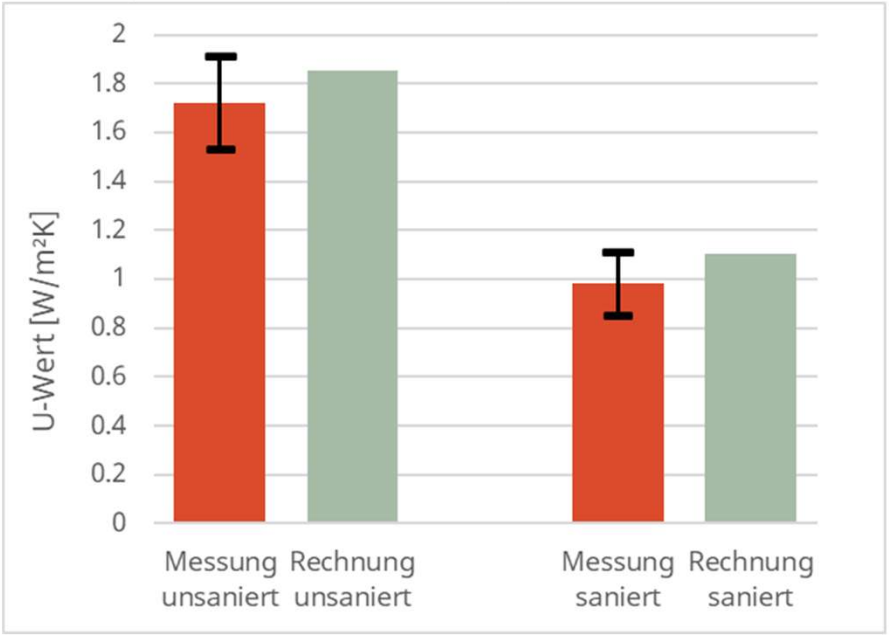
FuturHist

eurac research

Vergleich Messung – Berechnung U-Wert

Ergebnisse Bestandsfenster und saniertes Fenster mit Berücksichtigung Messunsicherheit

	MFL-Test Ergebnis	Messunsicherheit	Berechnung n. EN ISO 10077	Berechnung n. EN ISO 10077
Bestandsfenster			*Holz Wärmeleitfähigkeit 0.11*	*Holz Wärmeleitfähigkeit 0.11*
Innenflügel luftdicht verklebt	**1.7**	± 0.19	**1.9**	1.852
Innen- und Außenflügel luftdicht verklebt	**1.7**	± 0.18		
Saniertes Fenster mit VIG Fineo 6 mit Ug 0.7				
Innen- und Außenflügel luftdicht verklebt	**1.0**	± 0.13	**1.1**	1.106



FuturHist

eurac research

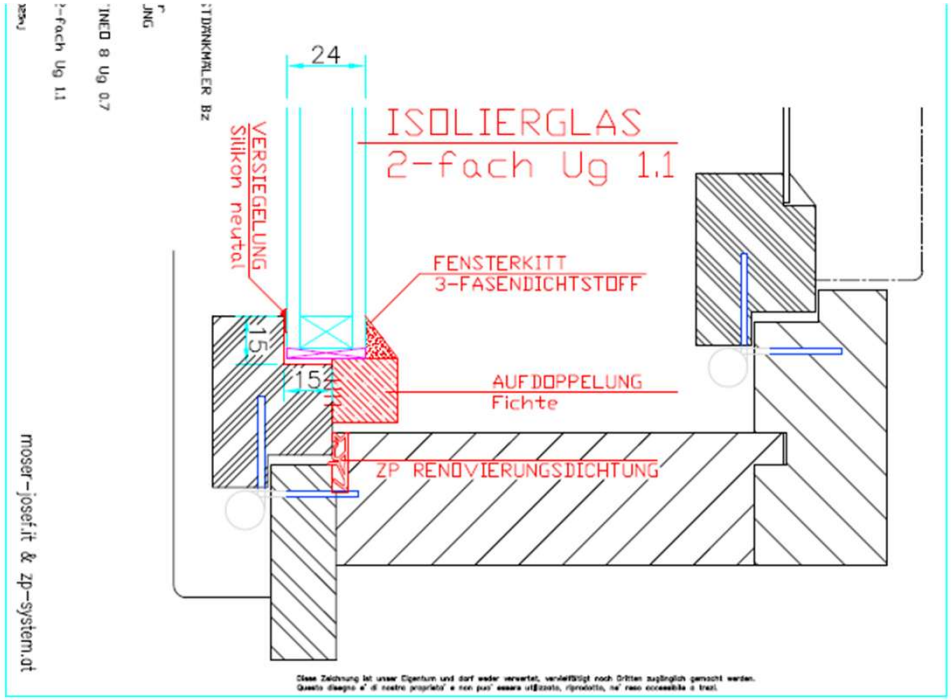
3. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Alternative Sanierung mit Isolierverglasung (4 LowE/16 Ar/4 mm / Ug 1.1 W/(m²K))

Austausch der Einfachverglasung in der inneren Fensterebene:

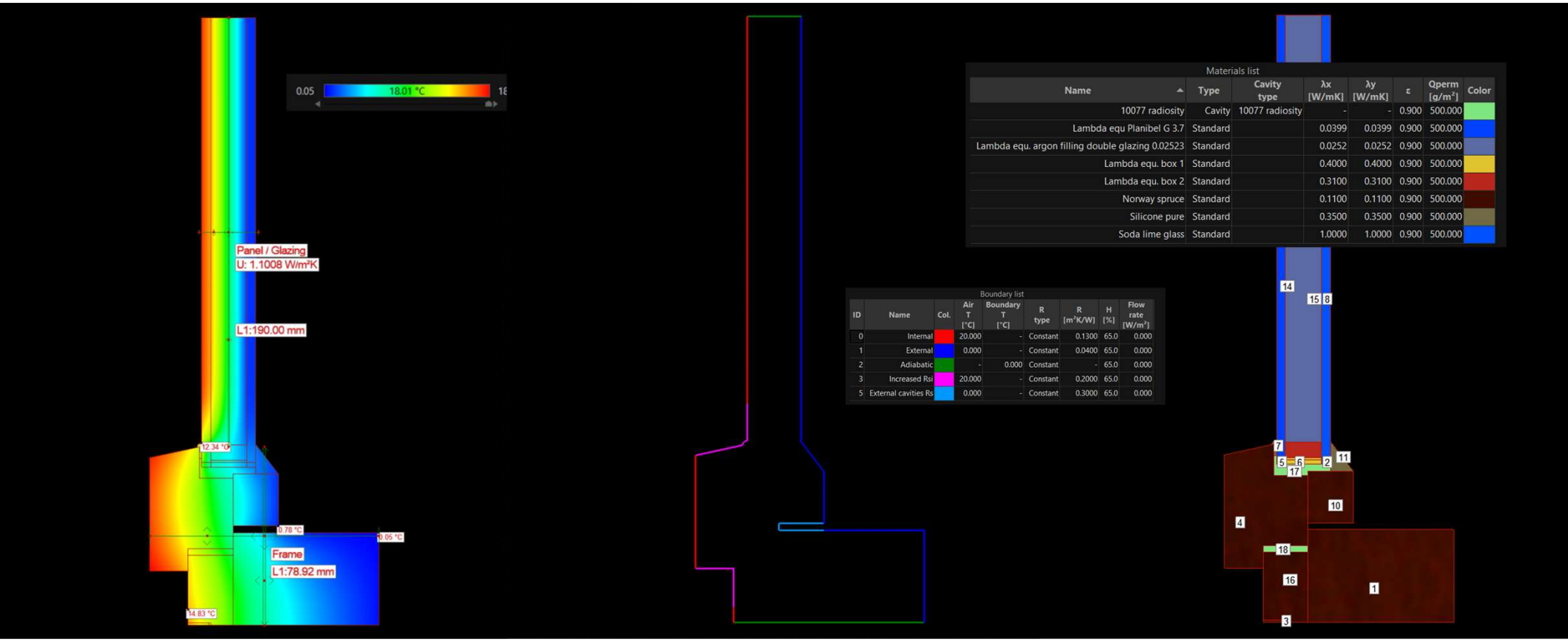
- Ausglasen
- Aufdoppelung Fichte 20*20 mm
- Vergrößerung Kittfalz (Falz Bestand 10/10 mm):
  Falz neu: 15/15 mm
- Isolierverglasung einlegen
- Aussen mit Dreieckfasen Dichtstoff Ramsauer Weiß einkitten
- Innen Versiegelung mit Silikon Ramsauer Neutral 120 weiß

- Simulation ohne umlaufende Dichtung



3. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Ergebnisse saniertes Fenster mit Ug 1.1 W/(m²K) lt. techn. Datenblatt Isolierverglasung



Materials list

Name	Type	Cavity type	λx [W/mK]	λy [W/mK]	ε	Qperm [g/m²]	Color
10077 radiosity	Cavity	10077 radiosity	-	-	0.900	500.000	
Lambda equ Planibel G 3.7	Standard		0.0399	0.0399	0.900	500.000	
Lambda equ. argon filling double glazing 0.02523	Standard		0.0252	0.0252	0.900	500.000	
Lambda equ. box 1	Standard		0.4000	0.4000	0.900	500.000	
Lambda equ. box 2	Standard		0.3100	0.3100	0.900	500.000	
Norway spruce	Standard		0.1100	0.1100	0.900	500.000	
Silicone pure	Standard		0.3500	0.3500	0.900	500.000	
Soda lime glass	Standard		1.0000	1.0000	0.900	500.000	

Boundary list

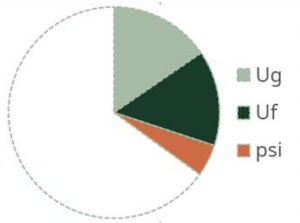
ID	Name	Col.	Air T [°C]	Boundary T [°C]	R type	R [m²K/W]	H [%]	Flow rate [W/m²]
0	Internal		20.000	-	Constant	0.1300	65.0	0.000
1	External		0.000	-	Constant	0.0400	65.0	0.000
2	Adiabatic		-	0.000	Constant	-	65.0	0.000
3	Increased Rsi		20.000	-	Constant	0.2000	65.0	0.000
5	External cavities Rs		0.000	-	Constant	0.3000	65.0	0.000

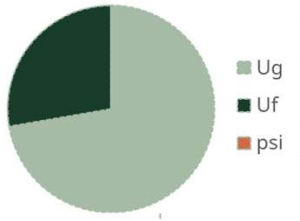
FuturHist eurac research

3. Berechnung des Uw-Werts nach EN ISO 10077-1 und 2

Ergebnisse saniertes Fenster mit Ug 1.1 W/(m²K) lt. techn. Datenblatt Isolierverglasung

	Cut half, cut Z-shape						
	Saniertes Fenster mit Isolierverglasung Ug 1.1						
	Wärmeleitfähigkeit Holz 0.11; Rs 0.21						
	INNERE FENSTEREBENE	**FLÄCHEN**	**PROPORT. GLAS/RAHMEN**	**Uf/Ug**	**Psi**	**Uw-Wert W1/W2**	**Uw Wert**
F1a	Seitlicher Rahmen innen	0.096		1.529	0.040	1.462	**0.989**
F2a	Stulp innen	0.070		1.434	0.040		
F3a	Rahmen oben innen	0.083		1.526	0.040		
F4a	Rahmen unten innen	0.086		1.514	0.040		
F5a	Sprosse innen		40%		0.040		
G1a	Verglasung	0.508	60%	1.101			
		0.844					
	ÄUSSERE FENSTEREBENE						
F6b	Seitlicher Rahmen innen	0.130		1.717	-0.006	3.486	
F7b	Stulp innen	0.060		1.716	-0.014		
F8b	Rahmen oben innen	0.131		1.717	-0.006		
F9b	Rahmen unten innen	0.134		1.735	-0.003		
F10b	Sprosse innen	0.020	56%	1.930	-0.009		
G1b	Verglasung	0.369	44%	5.814			
		0.844					

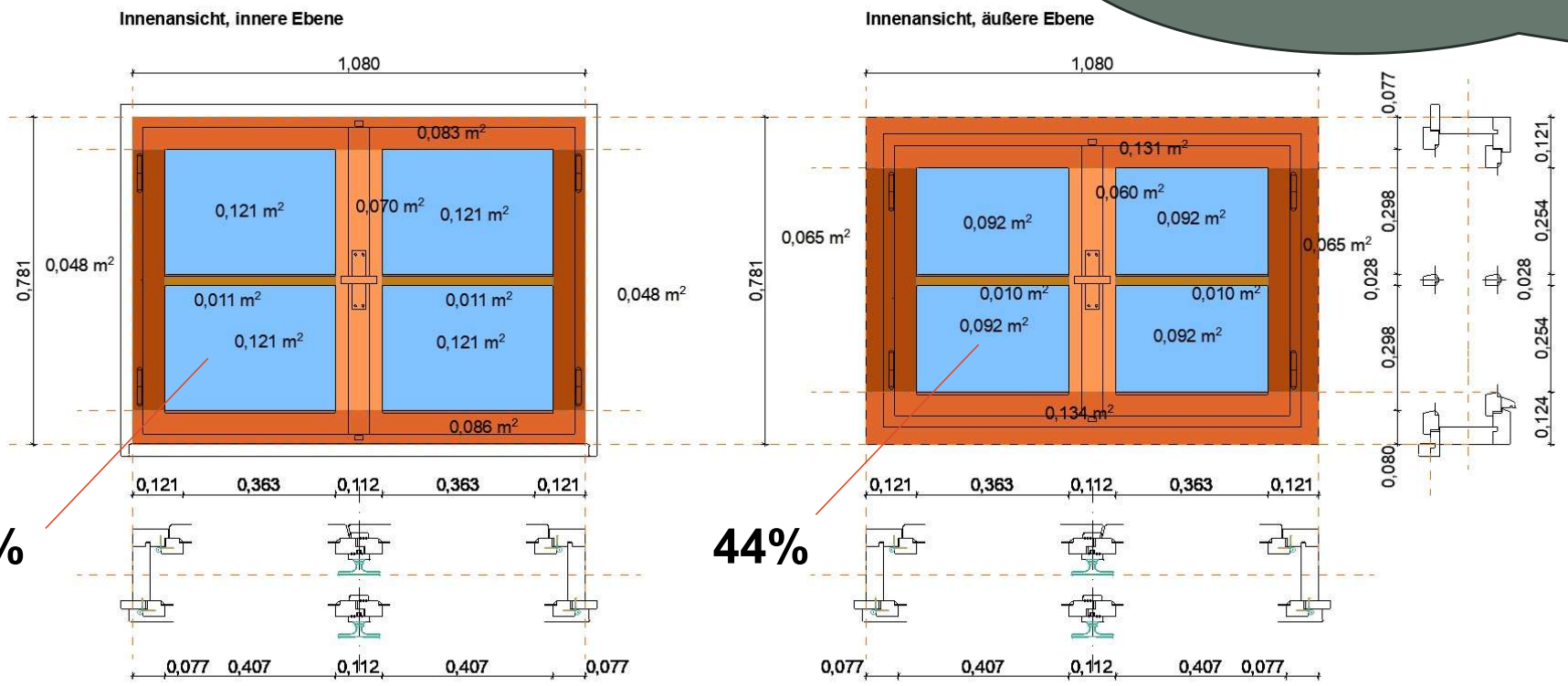




FuturHist eurac research

4. Varianten für höheren Glasanteil

Das untersuchte Fenster ist eher klein, der Rahmen stark.
→ Glasanteil außen 44%
→ resp. Rahmenanteil 56%



FuturHist eurac research

4. Varianten für höheren Glasanteil

Ergebnisse Bestandsfenster

Kastenfenster unsaniert

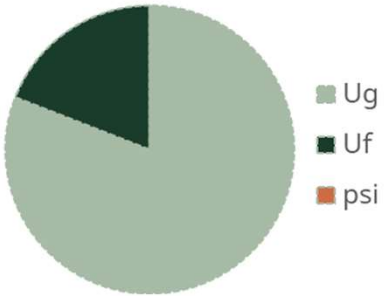
U_w [W/m²K]	1.9	für Glasanteil	58%/44%

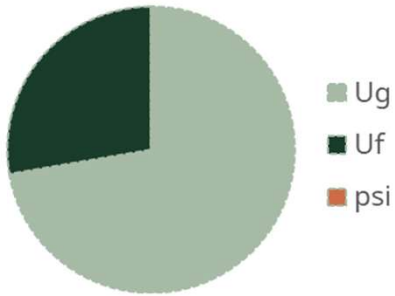
Innere Flügel – 58% Glasanteil

U_w [W/m²K]	4.1	
U_g [W/m²K]	5.8	81%
U_f [W/m²K]	1.9	19%
Ψ [W/mK]	0	0%

Äußere Flügel – 44% Glasanteil

U_w [W/m²K]	3.5	
U_g [W/m²K]	5.8	72%
U_f [W/m²K]	1.7	28%
Ψ [W/mK]	0	0%

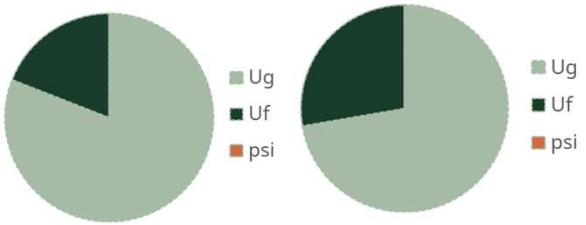




FuturHist eurac research

4. Varianten für höheren Glasanteil

Ergebnisse Bestandsfenster – bei größerem Glasanteil



Kastenfenster unsaniert

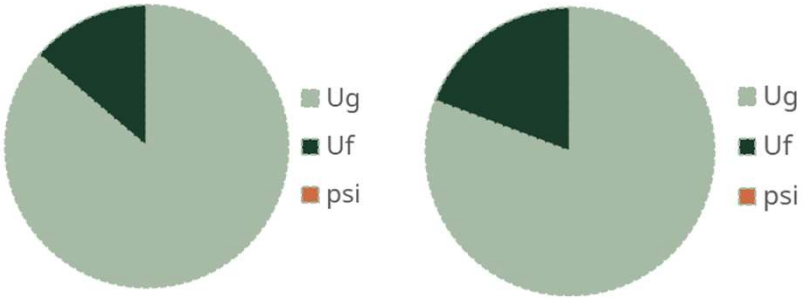
U_w [W/m²K]	1.9	für Glasanteil	58%/44%
U_w [W/m²K]	2.1	für Glasanteil	**66%/55%**

Innere Flügel – 66% Glasanteil

U_w [W/m²K]	4.5	
U_g [W/m²K]	5.8	86%
U_f [W/m²K]	1.8	14%
Ψ [W/mK]	0	0%

Äußere Flügel – 55% Glasanteil

U_w [W/m²K]	4.0	
U_g [W/m²K]	5.8	81%
U_f [W/m²K]	1.7	19%
Ψ [W/mK]	0	0%



Kastenfenster unsaniert

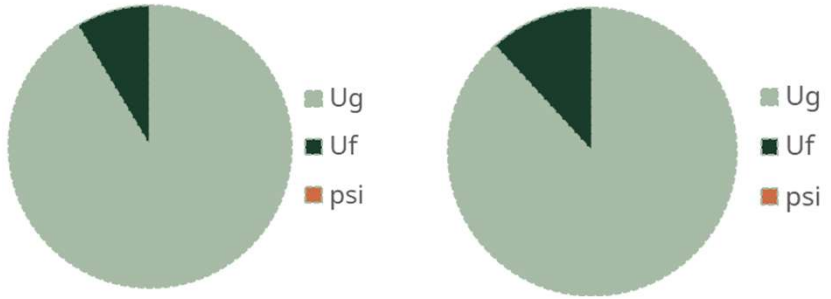
U_w [W/m²K]	1.9	für Glasanteil	58%/44%
U_w [W/m²K]	2.1	für Glasanteil	66%/55%
U_w [W/m²K]	2.3	für Glasanteil	**77%/69%**

Innere Flügel – 77% Glasanteil

U_w [W/m²K]	4.9	
U_g [W/m²K]	5.8	91%
U_f [W/m²K]	1.9	9%
Ψ [W/mK]	0	0%

Äußere Flügel – 69% Glasanteil

U_w [W/m²K]	4.5	
U_g [W/m²K]	5.8	88%
U_f [W/m²K]	1.7	12%
Ψ [W/mK]	0	0%



FuturHist eurac research

4. Varianten für höheren Glasanteil

Ergebnisse saniertes Fenster mit Ug 0,7 lt. techn. Datenblatt Fineo

Kastenfenster saniert mit Vakuumglas

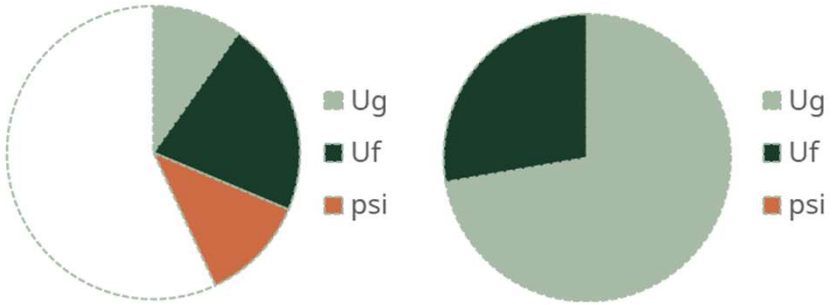
U_w [W/m²K]	1.11	für Glasanteil	58%/44%

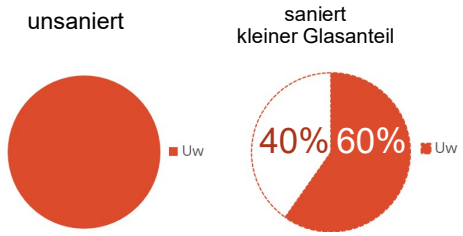
Innere Flügel – 55% Glasanteil

U_w [W/m²K]	1.77	
U_g [W/m²K]	0.70	23%
U_f [W/m²K]	2.07	50%
Ψ [W/mK]	0.096	27%

Äußere Flügel – 44% Glasanteil

U_w [W/m²K]	3.4	
U_g [W/m²K]	5.8	72%
U_f [W/m²K]	1.7	28%
Ψ [W/mK]	0	0%





FuturHist eurac research

4. Varianten für höheren Glasanteil

Ergebnisse saniertes Fenster mit Ug 0,7 lt. techn. Datenblatt Fineo – bei größerem Glasanteil

Kastenfenster saniert mit Vakuumglas

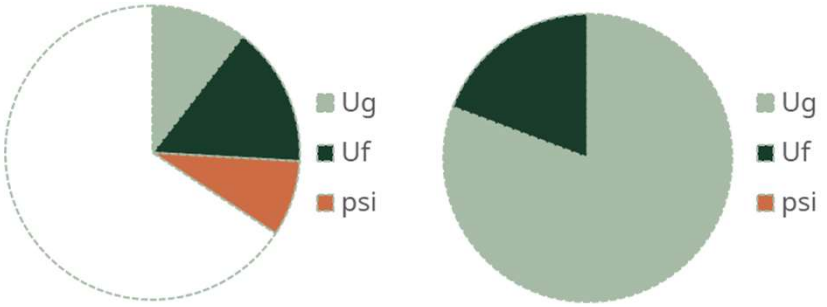
U_w [W/m²K]	1.11	für Glasanteil 58%/44%
U_w [W/m²K]	1.04	für Glasanteil **66%/55%**
U_w [W/m²K]	0.96	für Glasanteil **77%/69%**

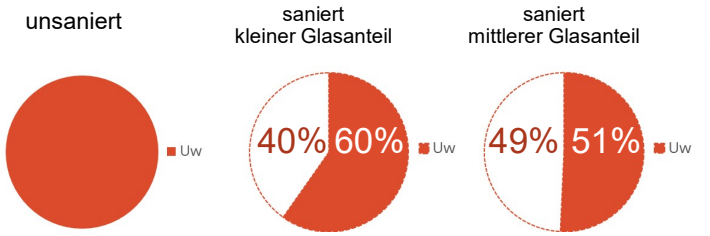
Innere Flügel – 66% Glasanteil

U_w [W/m²K]	1.52	
U_g [W/m²K]	0.70	31%
U_f [W/m²K]	2.05	45%
Ψ [W/mK]	0.095	24%

Äußere Flügel – 55% Glasanteil

U_w [W/m²K]	4.0	
U_g [W/m²K]	5.8	81%
U_f [W/m²K]	1.7	19%
Ψ [W/mK]	0	0%





FuturHist

eurac research

4. Varianten für höheren Glasanteil

Ergebnisse saniertes Fenster mit Ug 0,7 lt. techn. Datenblatt Fineo – bei größerem Glasanteil

Kastenfenster saniert mit Vakuumglas

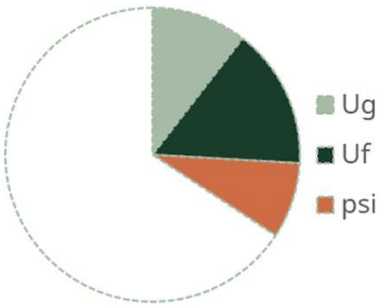
U_w [W/m²K]	1.11	für Glasanteil	58%/44%
U_w [W/m²K]	1.04	für Glasanteil	**66%/55%**
U_w [W/m²K]	0.96	für Glasanteil	**77%/69%**

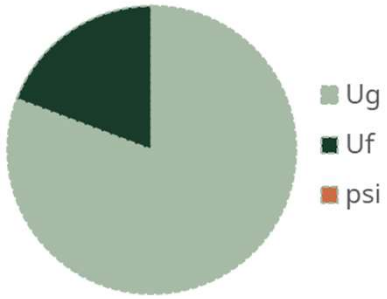
Innere Flügel – 66% Glasanteil

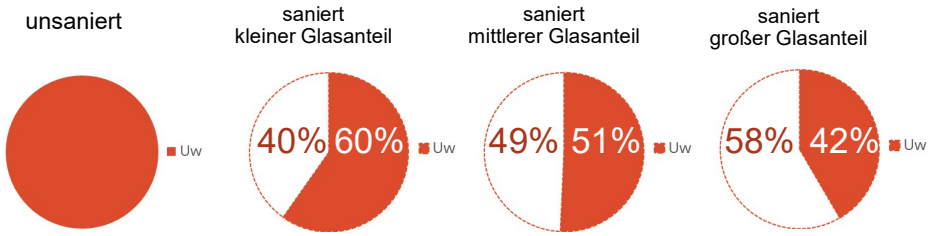
U_w [W/m²K]	1.52	
U_g [W/m²K]	0.70	31%
U_f [W/m²K]	2.05	45%
Ψ [W/mK]	0.095	24%

Äußere Flügel – 55% Glasanteil

U_w [W/m²K]	4.0	
U_g [W/m²K]	5.8	81%
U_f [W/m²K]	1.7	19%
Ψ [W/mK]	0	0%





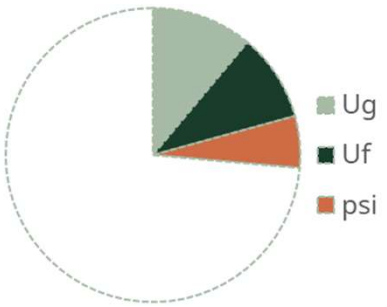


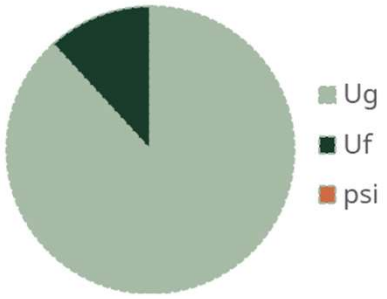
Innere Flügel – 77% Glasanteil

U_w [W/m²K]	1.29	
U_g [W/m²K]	0.70	42%
U_f [W/m²K]	2.08	37%
Ψ [W/mK]	0.096	21%

Äußere Flügel – 69% Glasanteil

U_w [W/m²K]	4.5	
U_g [W/m²K]	5.8	88%
U_f [W/m²K]	1.7	12%
Ψ [W/mK]	0	0%

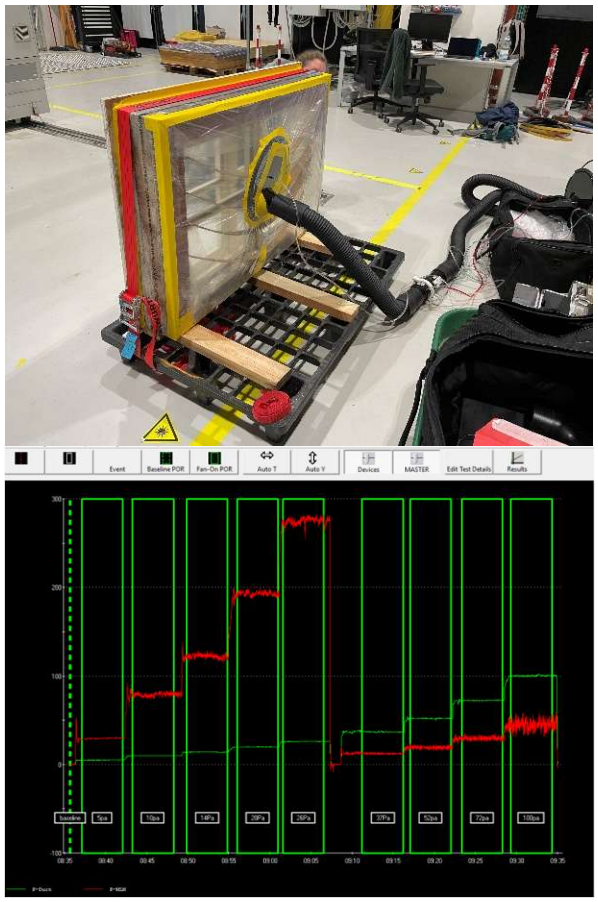




FuturHist eurac research

5. Luftdichtigkeitsmessung





unsaniert

nur Außenflügel	30.5	m³/h
nur Innenflügel	40.1	m³/h
Kastenfenster	22.5	m³/h

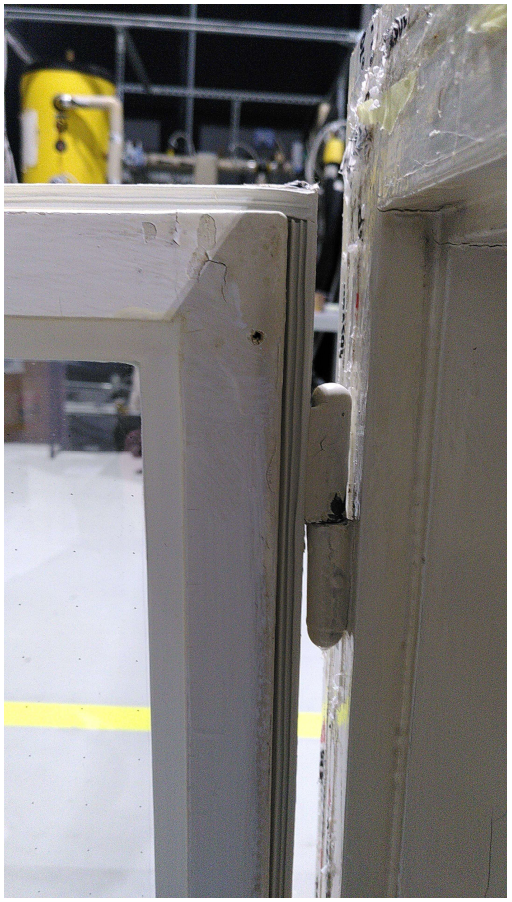
Vakuumglas eingesetzt

nur Außenflügel	28.0	m³/h	~
nur Innenflügel	43.5	m³/h	~
Kastenfenster	22.1	m³/h	=

Der Austausch der Verglasung im inneren Flügel hat keinen Einfluss auf die Luftdichtigkeit

FuturHist eurac research

5. Luftdichtigkeitsmessung







unsaniert

nur Außenflügel	30.5	m³/h
nur Innenflügel	40.1	m³/h
Kastenfenster	22.5	m³/h

Vakuumglas eingesetzt

nur Außenflügel	28.0	m³/h	~
nur Innenflügel	43.5	m³/h	~
Kastenfenster	22.1	m³/h	=

Versuch mit (DIY) Dichtung

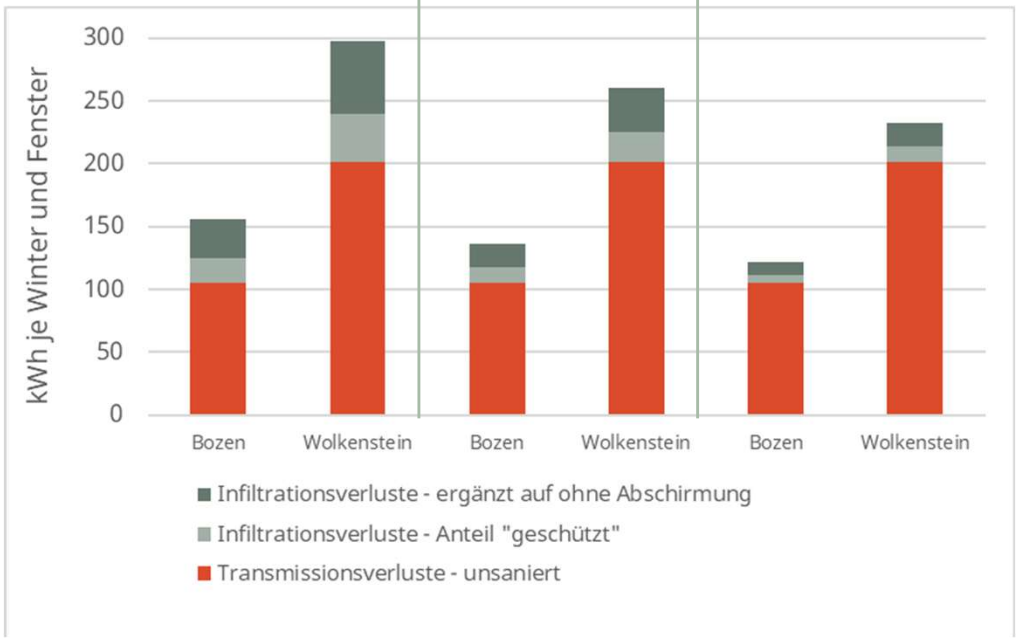
Kastenfenster Dichtung von OBI	7.2	m³/h
Kastenfenster mit traditioneller schwedischer Dichtung	13.8	m³/h

FuturHist eurac research

5. Luftdichtigkeitsmessung

Energieverluste durch Infiltration – in Bozen (B) und Wolkenstein (W)

	ohne Dichtung B	ohne Dichtung W	"traditionell" B	"traditionell" W	Standard-Dichtung B	Standard-Dichtung W	
ungeschützt	50	96	31	59	16	31	kWh je Winter
geschützt	20	39	12	24	6	12	kWh je Winter



unsaniert

nur Außenflügel	30.5	m³/h
nur Innenflügel	40.1	m³/h
Kastenfenster	22.5	m³/h

Vakuumglas eingesetzt

nur Außenflügel	28.0	m³/h	~
nur Innenflügel	43.5	m³/h	~
Kastenfenster	22.1	m³/h	=

Versuch mit (DIY) Dichtung

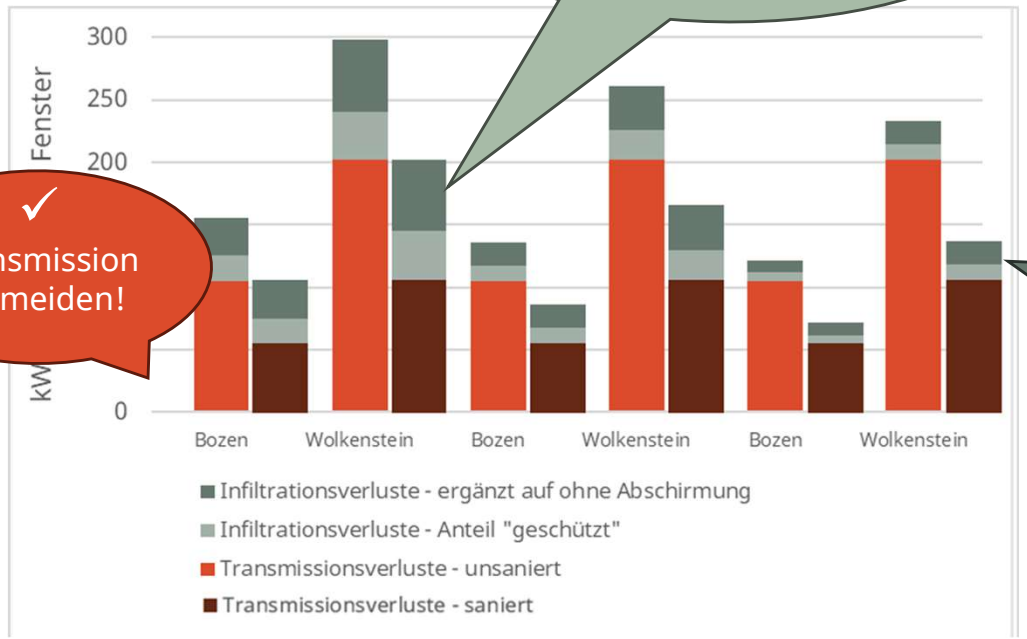
Kastenfenster Dichtung von OBI	7.2	m³/h
Kastenfenster mit traditioneller schwedischer Dichtung	13.8	m³/h

5. Luftdichtigkeitsmessung

Energieverluste durch Infiltration – in Bozen (B) und Wolkenstein (W)

	ohne Dichtung B	ohne Dichtung W	"traditionell" B	Standard-Dichtung	
ungeschützt	50	96			kWh Winter
geschützt	20	39			kWh je Winter

Beim sanierten Fenster liegen die Infiltrationsverluste gleichauf mit den Transmissionsverlusten



✓ Transmission vermeiden!

Lüften – besser gezielt?

➔ Kastenfenster klar besser
➔ einzelne Ebenen ähnlich, eher besser als andere Einfachfenster
➔ mit professioneller Dichtung besser

nur Außenflügel	30.5	m³/h
nur Innenflügel	40.1	m³/h
Kastenfenster	22.5	m³/h

Vakuumglas eingesetzt

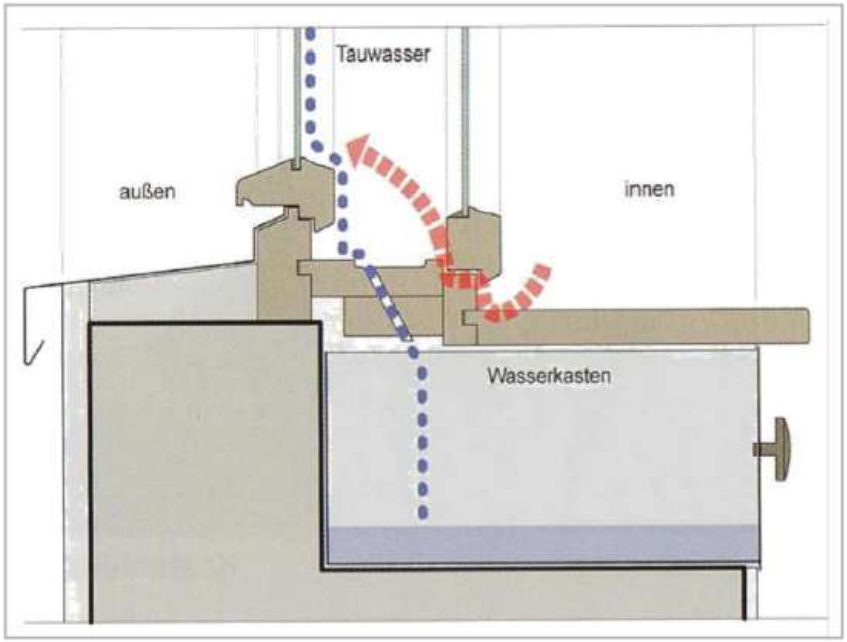
nur Außenflügel	28.0	m³/h	~
nur Innenflügel	43.5	m³/h	~
Kastenfenster	22.1	m³/h	=

…such mit (DIY) Dichtung

…tenfenster Dichtung von OBI	7.2	m³/h	↓
Kastenfenster mit traditioneller schwedischer Dichtung	13.8	m³/h	↓

5. Luftdichtigkeitsmessung

Tauwasser innen an den äußeren Scheibe



Huckfeldt/Wenk (Hrsg.): Holzfenster (2009)

Das Phänomen, das schon aus historischen Gebäuden bekannt ist, wird mit verbesserter innerer Verglasung noch relevanter:

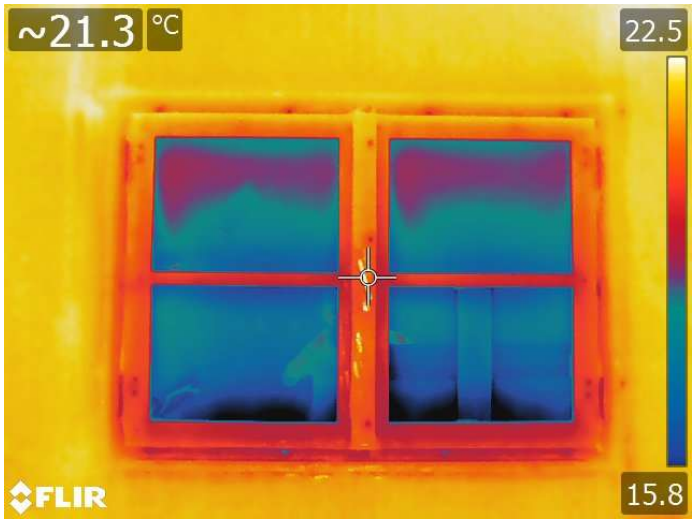
Wenn warme Luft aus dem Raum – angenommen 20°C und 50% – in den nun deutlich kalten Zwischenraum strömt und abkühlt, fällt Tauwasser aus.

Deshalb sollte der innere Fensterflügel dichter als der äußere sein.

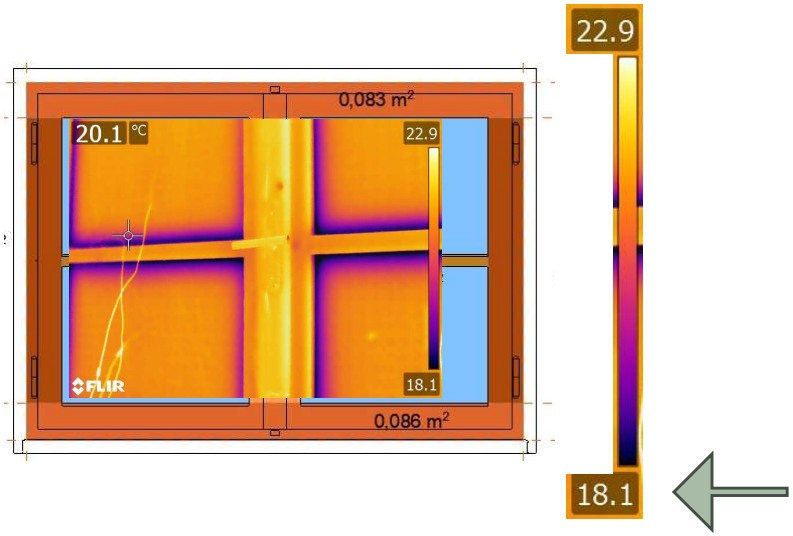


6. Oberflächentemperatur und Behaglichkeit

unsaniert



mit Vakuumglas

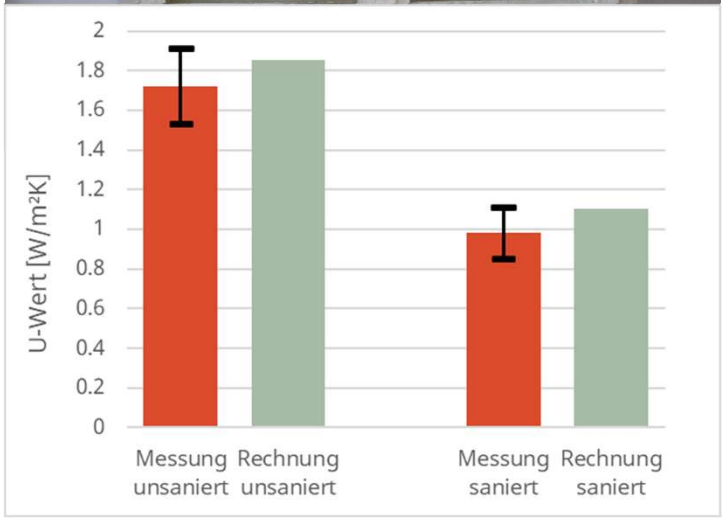


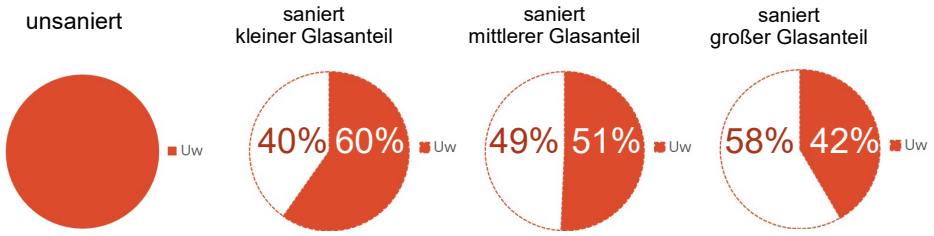
- Beim sanierten Fenster haben Rahmen und Glasfläche dieselbe Temperatur
- Sogar die Temperatur an der Wärmebrücke ist beim Vakuumglas höher als die Tempertur der Glasfläche beim unsanierten Fenster
- Höhere Oberflächentemperatur bedeutet weniger „Kaltluftabfall“ – es zieht nicht mehr vom Fenster in den Raum hinein
- Wir empfinden einen Mittelwert aus Luft- und Oberflächentemperatur

7. Überblick









	unsaniert	saniert		
U_w [W/m²K]	1.9	1.11	für Glasanteil	58%/44%
U_w [W/m²K]	2.1	1.04	für Glasanteil	66%/55%
U_w [W/m²K]	2.3	0.96	für Glasanteil	77%/69%

FuturHist eurac research