

Wärmetechnisch-energetische Kriterien beim Fenster

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Was macht ein Gebäude energieeffizient ?

Fenster aus Sicht der Energie

- Energieeffizienz beim Bauen**
- thermische Gebäudehülle
 - Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

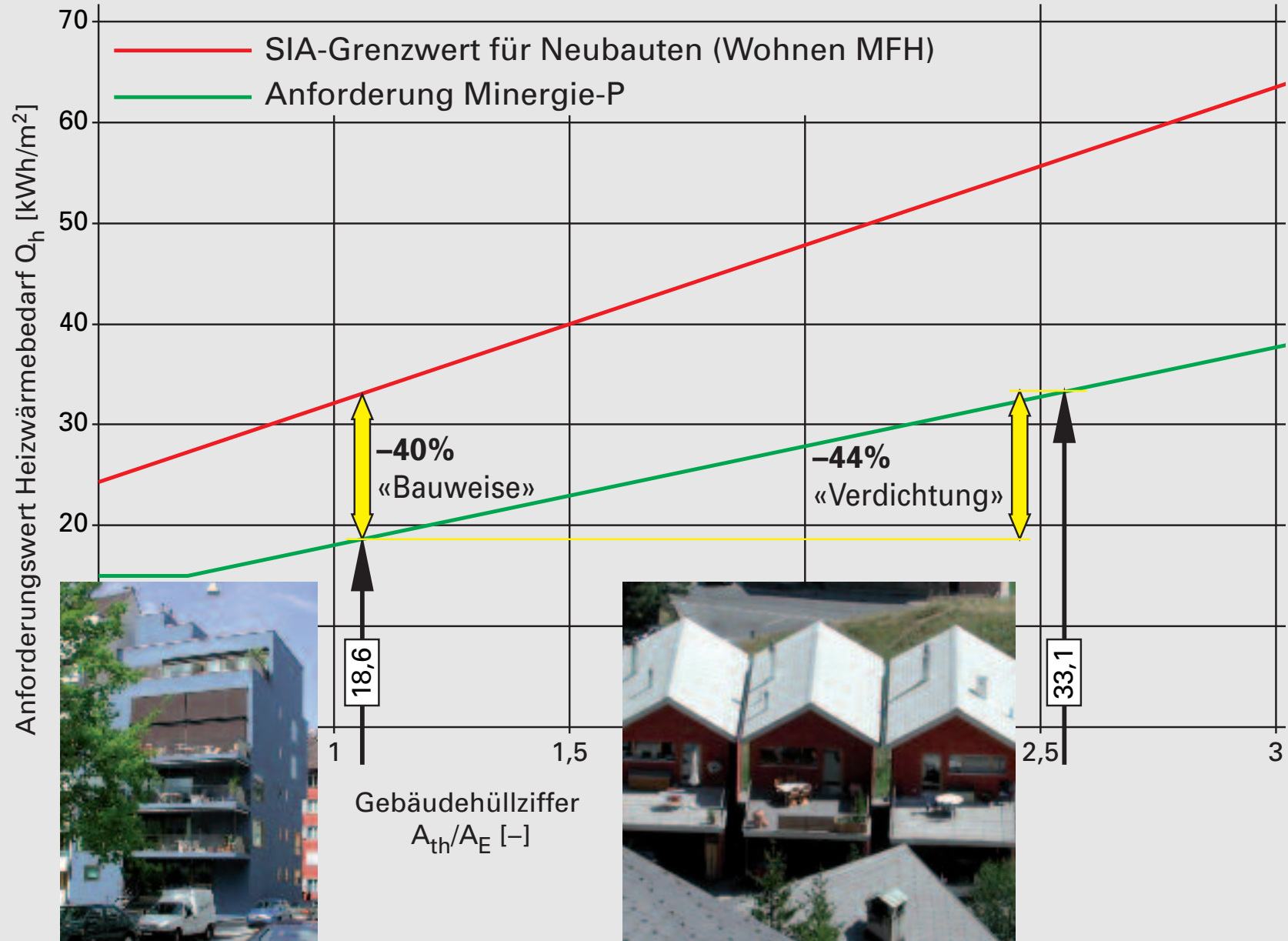
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Die thermische Gebäudehülle

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

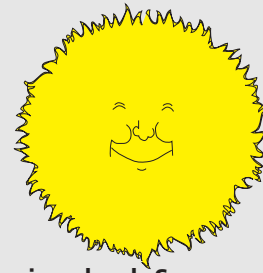
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Gewinn durch Sonneneinstrahlung:

- Fensterorientierung (Globalstrahlung)
- g-Wert (Energiedurchlassgrad)
- Beschattung und Verschmutzung

U-Wert etwa $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

U-Wert $0,1 \text{ bis } 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

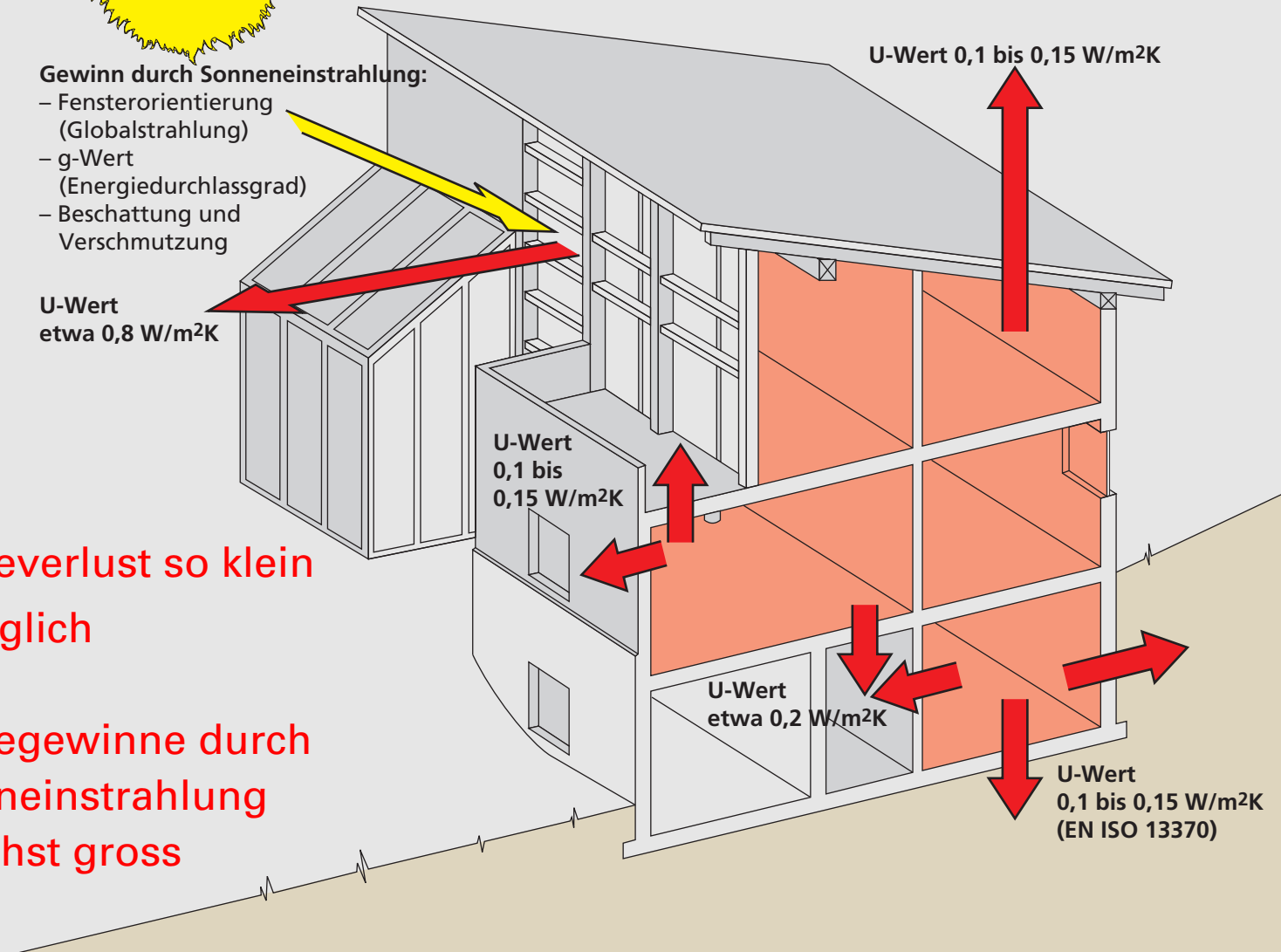
U-Wert $0,1 \text{ bis } 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

U-Wert etwa $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

U-Wert $0,1 \text{ bis } 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
(EN ISO 13370)

- Energieverlust so klein als möglich

- Energiegewinne durch Sonneneinstrahlung möglichst gross



Optimierungsstrategie

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

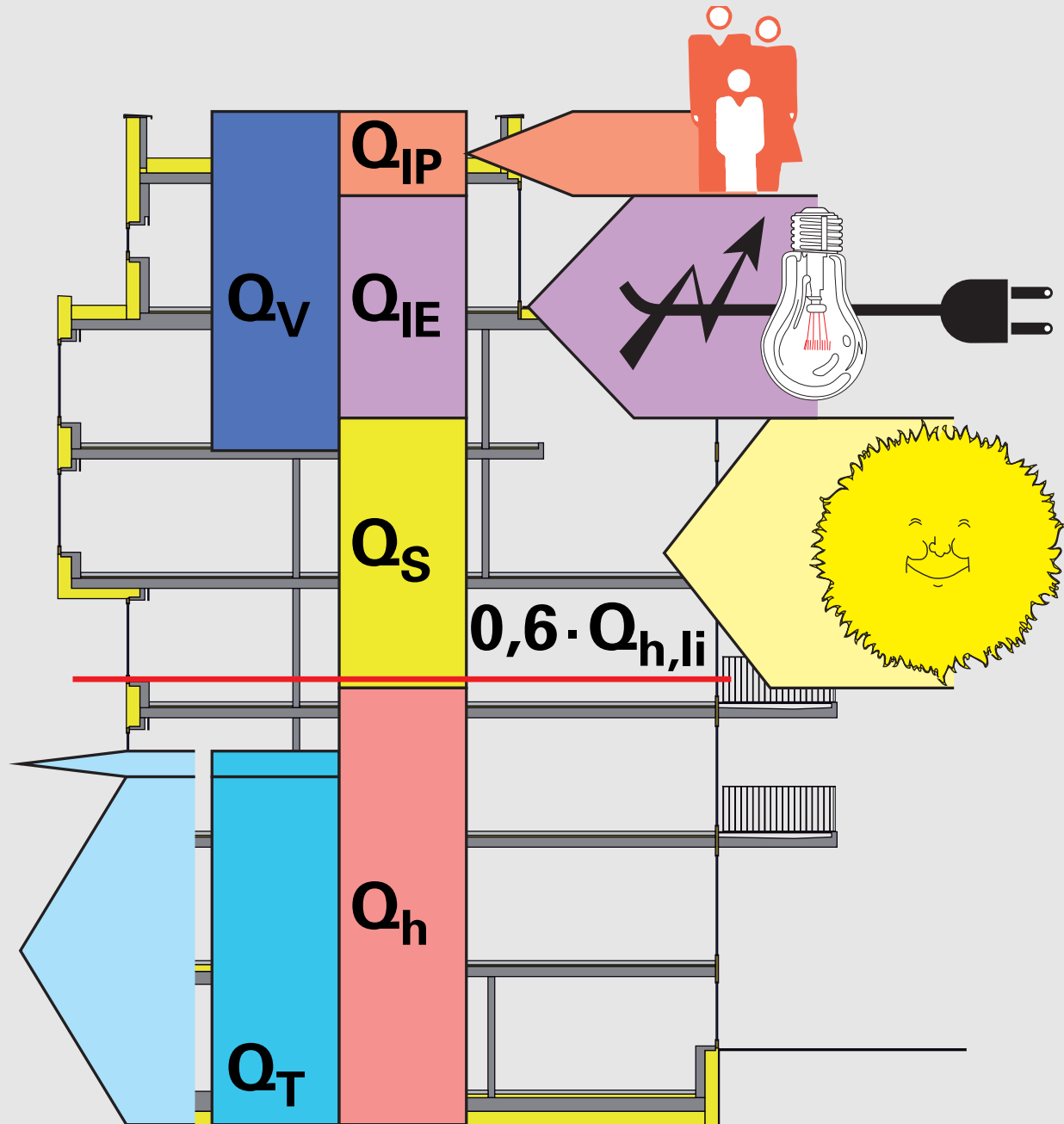
Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Wärmebrücken Fenstereinbau

Transmission Fenster



Verschattung von Fenstern vermeiden

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Fenster aus Sicht der Energie

- Energieeffizienz beim Bauen
- thermische Gebäudehülle
 - Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Verschattung von Fenstern vermeiden

Verschattung gemäss Norm SIA 380/1

$$F_S = F_{S1} \cdot F_{S2} \cdot F_{S3} \quad [-]$$

F_S	Faktor für Gesamtbeschattung	[-]
F_{S1}	Verschattung Horizont	[-]
F_{S2}	Verschattung Überhang (Vordach, Balkon u.ä.)	[-]
F_{S3}	Verschattung Seitenblende	[-]

Verschattung von Fenstern vermeiden

Fenster aus Sicht der Energie

- Energieeffizienz beim Bauen
- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

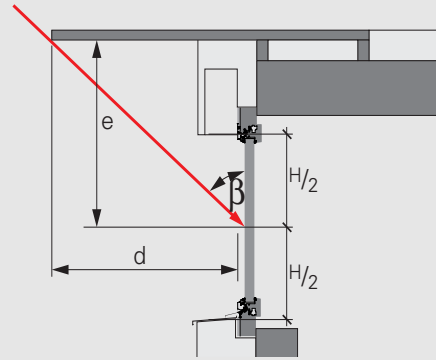
- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

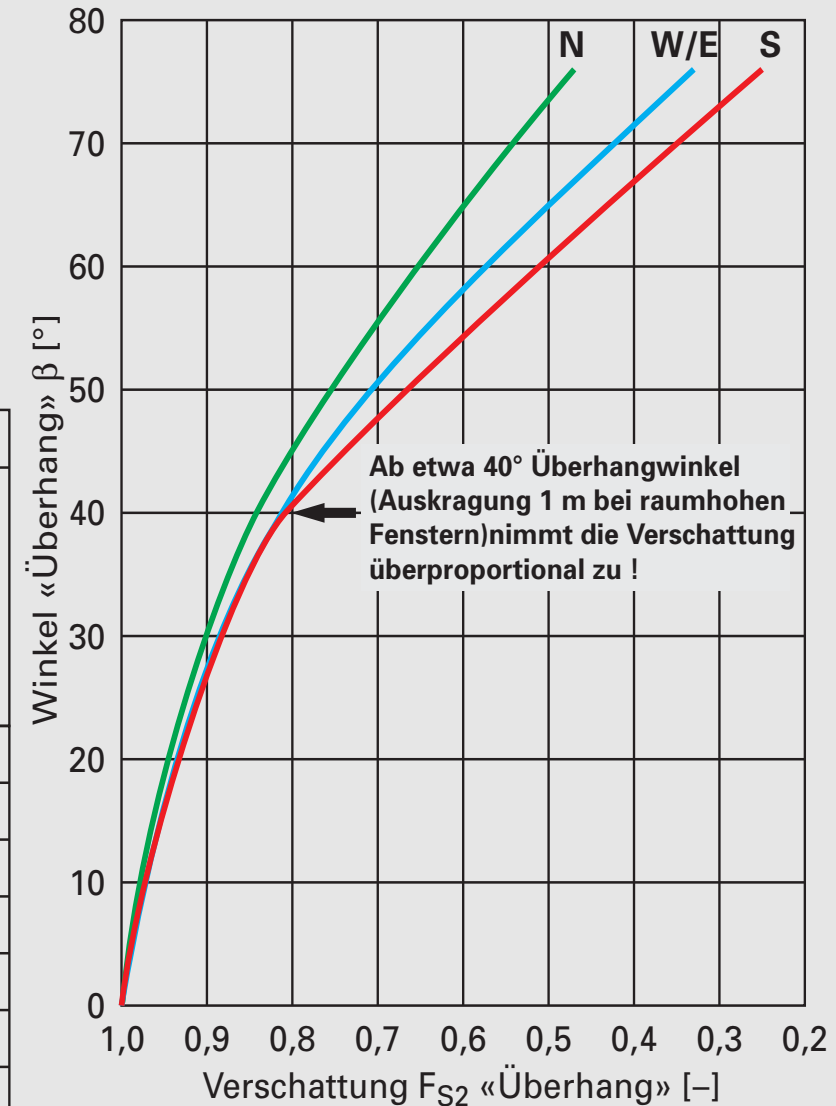
Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Verschattung Überhang F_{S2}



Geometrie			Verschattung der Fenster		
Auskragung d	Abstand e	Überhang-Winkel β	Süd	Ost und West	Nord
0,5	1,25	22°	0,93	0,92	0,94
1,0	1,25	39°	0,82	0,82	0,85
1,5	1,25	50°	0,67	0,71	0,75
2,0	1,25	58°	0,55	0,61	0,68
2,5	1,25	63°	0,46	0,53	0,62
3,0	1,25	67°	0,39	0,47	0,57
5,0	1,25	76°	0,25	0,33	0,47



Verschattung F_{S2} durch Überhang (z.B. durch Vordächer und Balkone)

Verschattung von Fenstern vermeiden

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

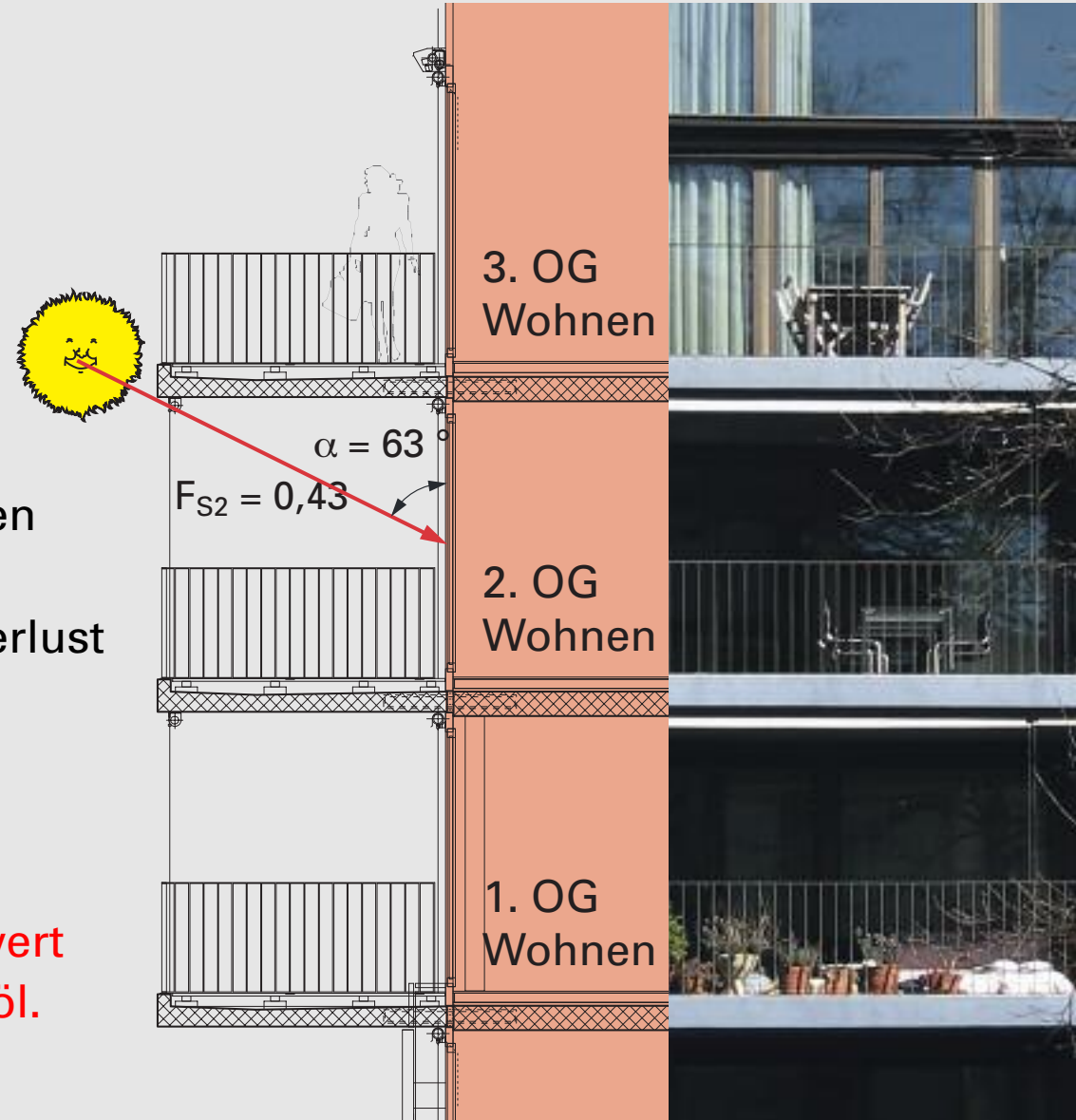
- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

- Ohne verschattende Balkone:
Energiegewinn von 19 kWh/m².
- Fensterfront hinter den Balkonen:
bilanzierter Energieverlust von 33 kWh/m².
- **Differenz:**
52 kWh/m²
entspricht dem Heizwert
von etwa 5 Liter Heizöl.



Verschattung von Fenstern vermeiden

Fenster aus Sicht der Energie

- Energieeffizienz beim Bauen
- thermische Gebäudehülle
 - Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

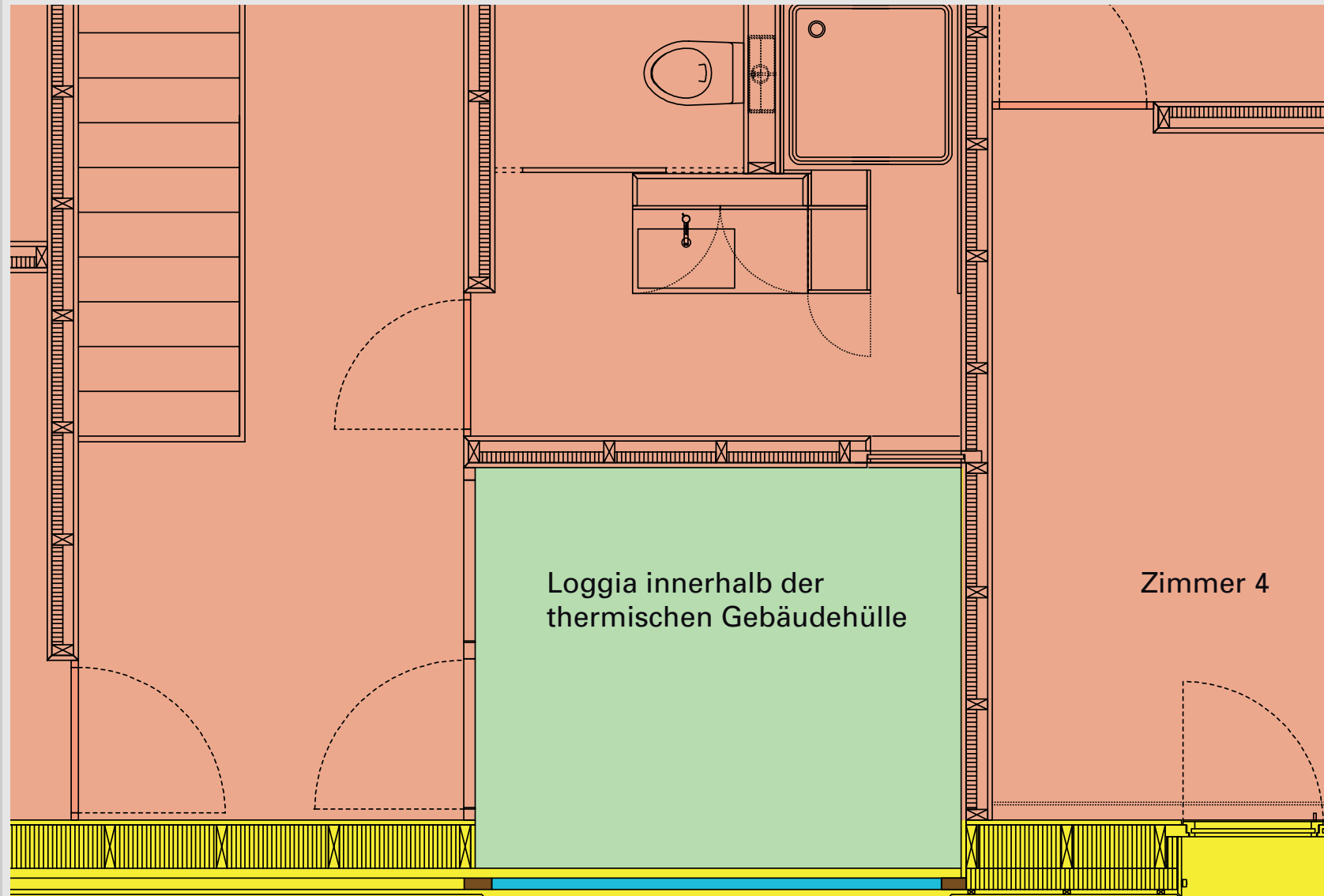
- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Loggia innerhalb/ausserhalb der thermischen Gebäudehülle?



Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

- über die Heizperiode abzudeckende Energieverluste
- oder ein resultierender Energiegewinn

$$Q_{\text{res}} = Q_{\text{T}} - Q_{\text{S}} \quad [\text{kWh}] \text{ oder } [\text{MJ}]$$

- Q_{res} Resultierender Energieverlust oder Energiegewinn
- Q_{T} Transmissionswärmeverlust
- Q_{S} Energiegewinn durch Sonneneinstrahlung

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

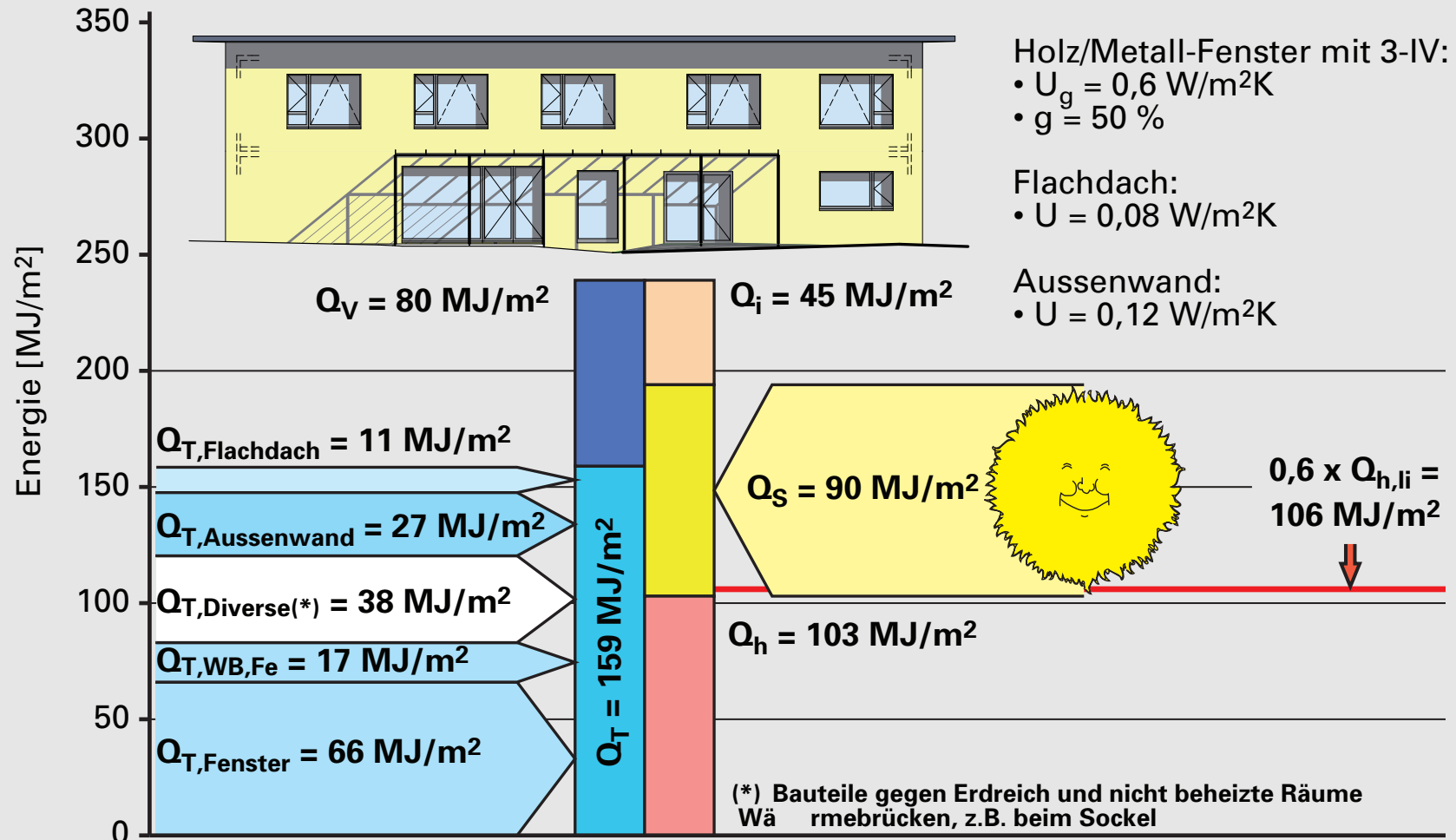
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Fenstervergleich: Energiebilanz ist entscheidend

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Fenster «Wenger Isolar»

U-Werte und Abmessungen der Rahmenpartien

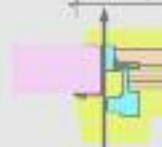
Materialien

$U_f = 0,904 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rahmen seitlich und oben

- Maske (Glaserersatz)
- Weich-Holz (typisches Bauholz)
- EPDM-Dichtungen

109,0



$U_{E,w} = 0,909 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mittelpart 98,0



$U_{E,m} = 0,850 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rahmen unten



106,0



$U_{E,u} = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

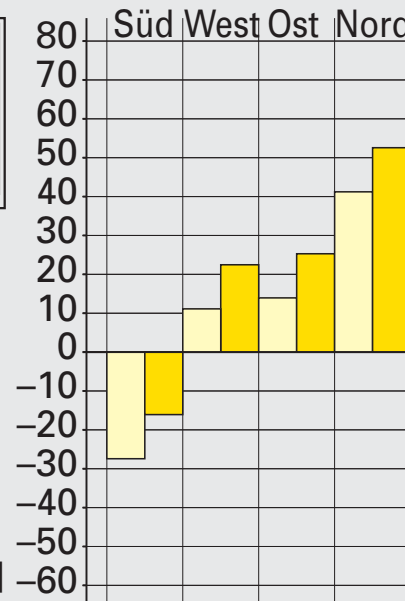
Energiebilanz bei unterschiedlichen Orientierungen, für zwei verschiedene Fenstergrößen, mit und ohne Berücksichtigung der Wärmebrücken

λ [W/mK]	Fenster 1,55 m x 1,15 m	Fenster 4,50 m
0,035	U-Wert $U_w = 0,758 \text{ W/m}^2\text{K}$	U-Wert $U_w = 0,605 \text{ W/m}^2\text{K}$
0,130	U-Wert $U_{w,E} = 0,885 \text{ W/m}^2\text{K}$	U-Wert $U_{w,E} = 0,658 \text{ W/m}^2\text{K}$
0,250		

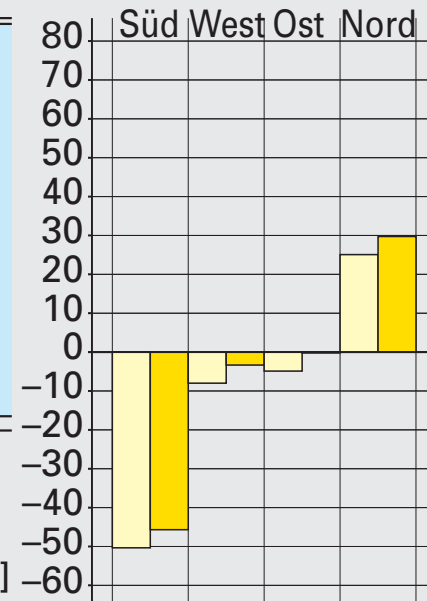
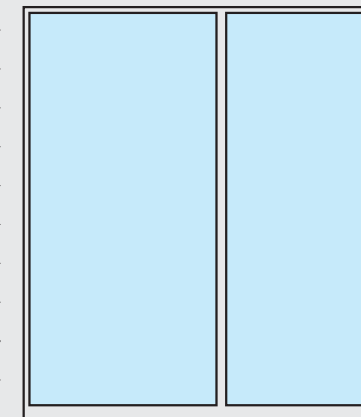
Energiebilanz bei unterschiedlichen Orientierungen, für zwei verschiedene Fenstergrößen, mit und ohne Berücksichtigung der Wärmebrücken

Fenster 1,55 m x 1,15 m
 U-Wert $U_w = 0,758 \text{ W/m}^2\text{K}$
 U-Wert $U_{w,E} = 0,885 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fenster 4,50 m x 2,50 m
 U-Wert $U_w = 0,605 \text{ W/m}^2\text{K}$
 U-Wert $U_{w,E} = 0,658 \text{ W/m}^2\text{K}$



Energiebilanz $Q_T - Q_S$ [kWh/m² a]



Energiebilanz $Q_T - Q_S$ [kWh/m² a]

- mit U_w (ohne Wärmebrücke Fenstereinbau)
- mit $U_{w,E}$ (Wärmebrücke Ψ_E Fenstereinbau berücksichtigt)

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster aus Sicht der Energie

- Energieeffizienz beim Bauen
- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

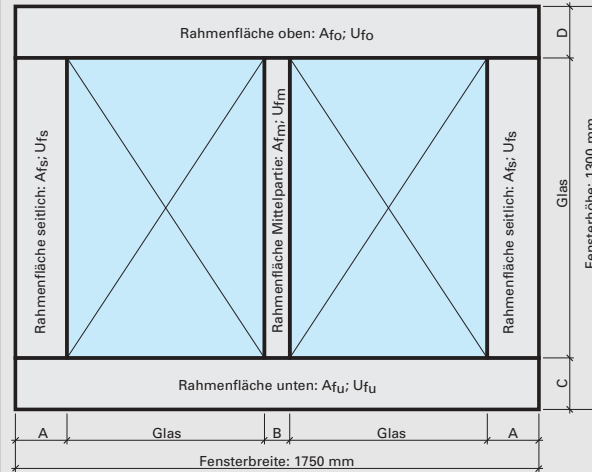
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Mittlerer U-Wert über die Rahmenfläche

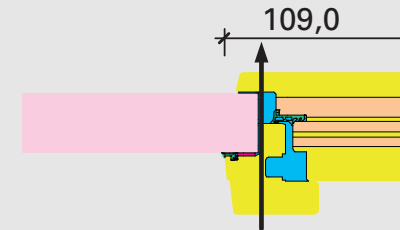
[W/m²K]

$$U_f = \frac{A_{fu} \cdot U_{fu} + A_{fo} \cdot U_{fo} + A_{fm} \cdot U_{fm} + A_{fs} \cdot U_{fs}}{A_f}$$

- Maske (Glaserersatz)
- Holzrahmen
- EPDM-Dichtungen
- Aluminium
- Hart-Polyvinylchlorid (PVC)
- Kleber
- Korkplatte
- Unbelüftete Hohlräume
- Leicht belüftete Hohlräume

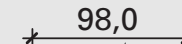
- λ [W/mK]
- 0,035
- 0,130
- 0,250
- 160,000
- 0,170
- 0,300
- 0,040

Rahmen seitlich und oben



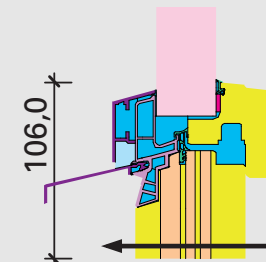
$$U_{F,s} = 0,909 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Mittelpartie



$$U_{F,m} = 0,850 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Rahmen unten



$$U_{F,u} = 0,922 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$U_f = 0,904 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Fenster: U-Wert

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

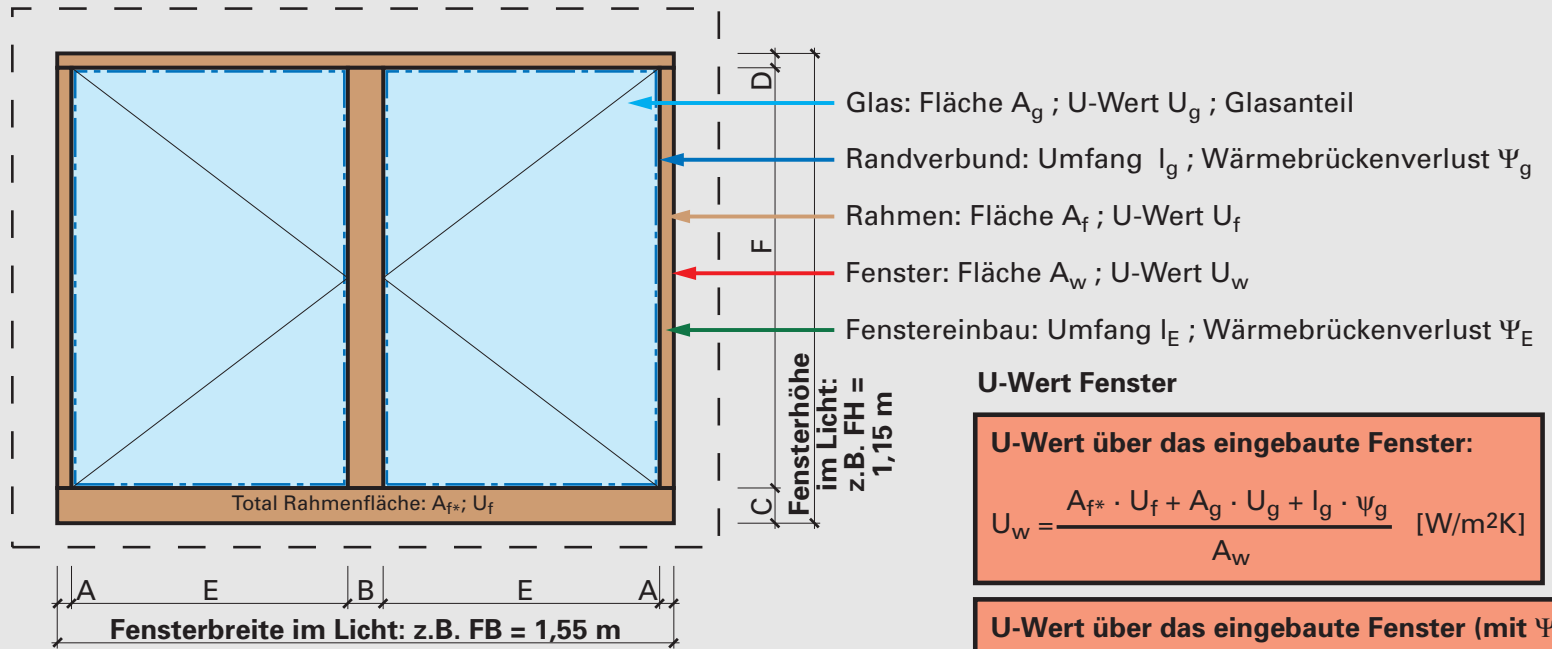
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



U-Wert Fenster

U-Wert über das eingebaute Fenster:

$$U_w = \frac{A_{f*} \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_w} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

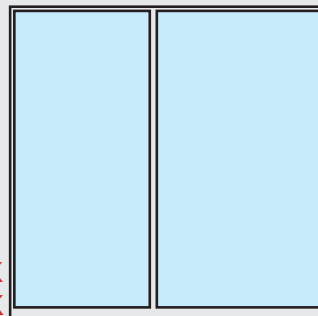
U-Wert über das eingebaute Fenster (mit Ψ_E):

$$U_{w,E} = \frac{A_{f*} \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g + I_E \cdot \Psi_E}{A_w} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Fenster 1,55 m x 1,15 m

U-Wert $U_w = 0,758 \text{ W/m}^2\text{K}$

U-Wert $U_{w,E} = 0,885 \text{ W/m}^2\text{K}$

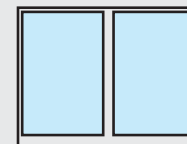


Fenster 4,50 m x 2,50 m

U-Wert $U_w = 0,605 \text{ W/m}^2\text{K}$

U-Wert $U_{w,E} = 0,658 \text{ W/m}^2\text{K}$

U-Wert Referenzfenster 1,55 m x 1,15 m mit unterschiedlichen Verglasungen



Verglasung ($\Psi_g = 0,05 \text{ W/mK}$)

U-Wert Verglasung U_g [W/m ² K]	0,7	0,6	0,5
U-Wert Fenster U_w [W/m ² K]	0,929	0,843	0,758

Anforderungen nach Norm SIA 380/1 (2009) für Einzelbauteilnachweis:

	Grenzwert	Zielwert
	U_w [W/m ² K]	U_w [W/m ² K]
Fenster und Fenstertüren	1,3	0,9
Fenster mit vorgelagerten Heizkörpern	1,0	0,8

Fenstereinbau: Wärmebrückenverlust

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- **Wärmebrückenverlust**
- **Oberflächentemperaturen**

Sensitivitätsüberlegungen

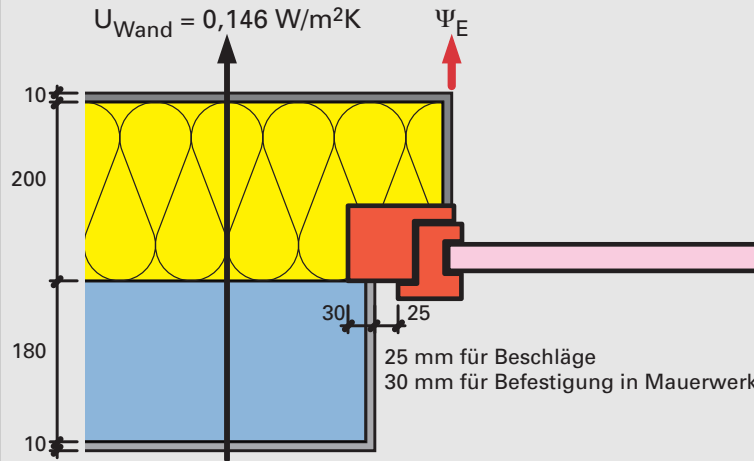
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

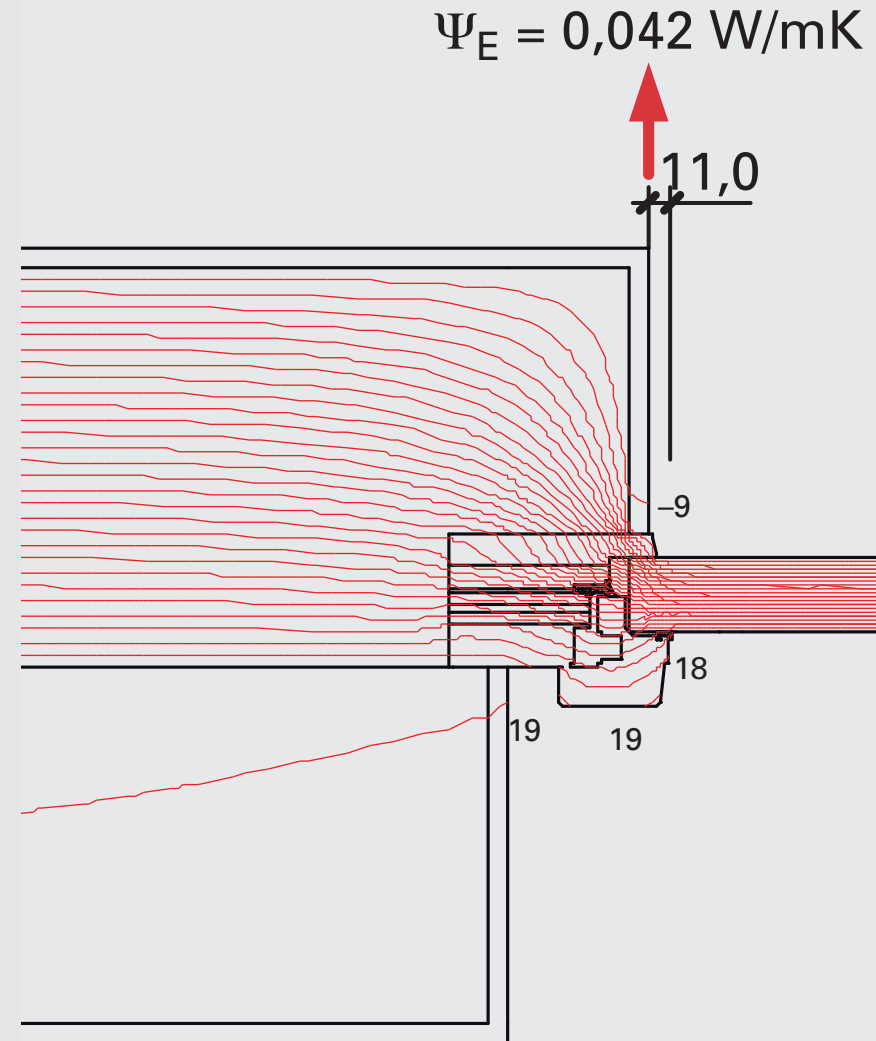
Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Materialien	λ [W/mK]
Maske (Glaserersatz)	0,035
Fensterkonstruktion variabel	-
Innenputz	0,700
Kalksandsteinmauerwerk	1,000
Aussenwärmedämmung	0,031
Aussenputz	0,900

Randbedingungen	θ [°C]	h [m²K/W]
Aussen Standard	-10,0	25,0
Innen Standard	20,0	7,7
Innen Fensterrahmen Standard	20,0	5,0
Innen Fensterrahmen Reduziert	20,0	7,7



Fensteranschlag: «Mittenbereich» ideal

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

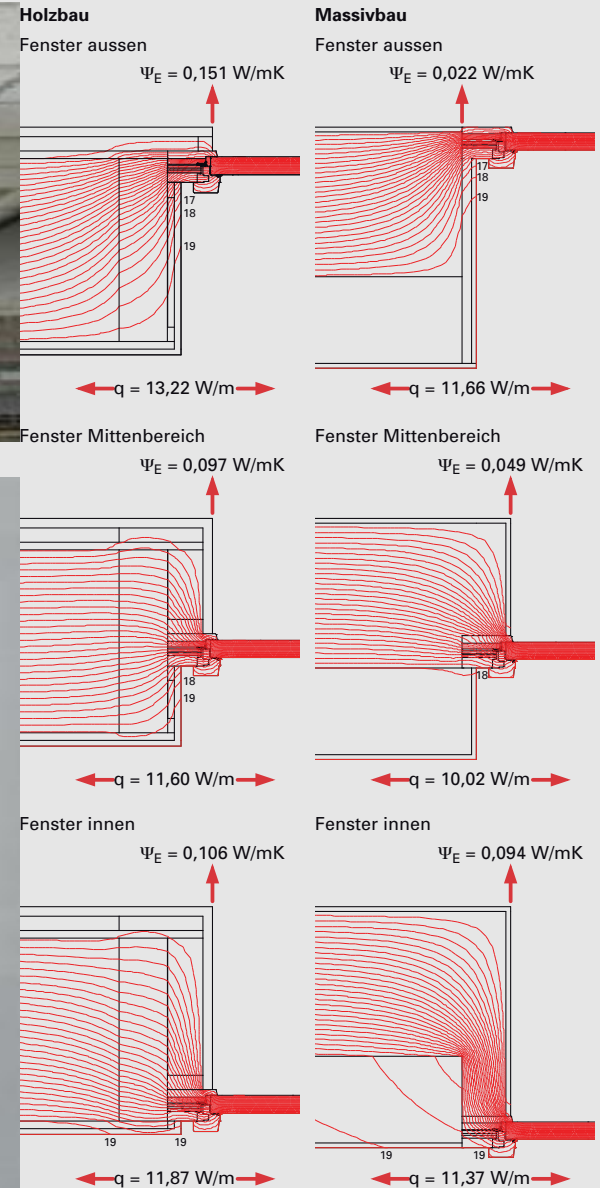
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Fensteranschlag: «Mittenbereich» ideal

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

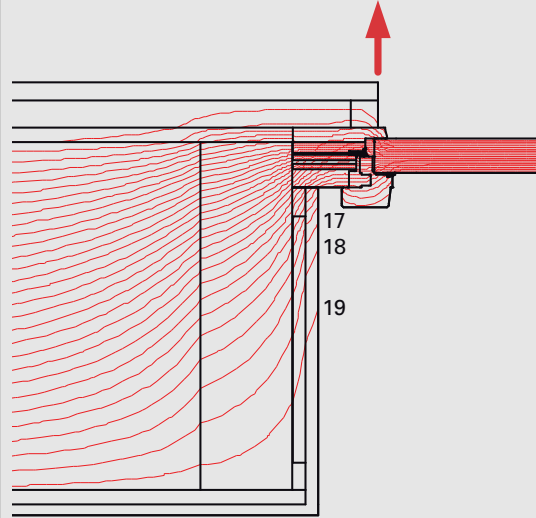
Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Fenster aussen

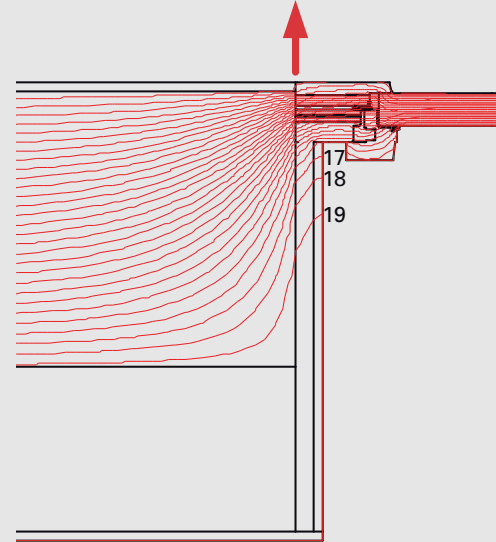
$$\Psi_E = 0,151 \text{ W/mK}$$



$$q = 13,22 \text{ W/m}$$

Fenster aussen

$$\Psi_E = 0,022 \text{ W/mK}$$

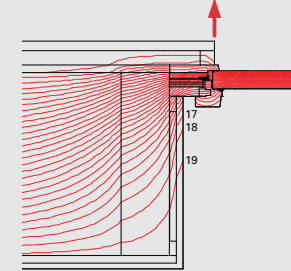


$$q = 11,66 \text{ W/m}$$

Holzbau

Fenster aussen

$$\Psi_E = 0,151 \text{ W/mK}$$

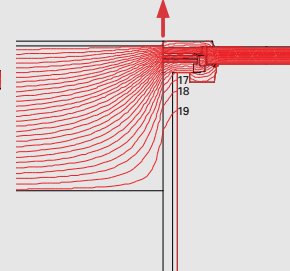


$$q = 13,22 \text{ W/m}$$

Massivbau

Fenster aussen

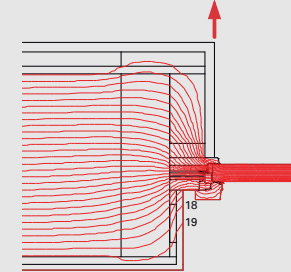
$$\Psi_E = 0,022 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,66 \text{ W/m}$$

Fenster Mittenbereich

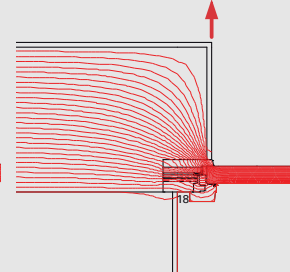
$$\Psi_E = 0,097 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,60 \text{ W/m}$$

Fenster Mittenbereich

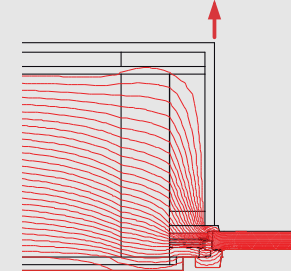
$$\Psi_E = 0,049 \text{ W/mK}$$



$$q = 10,02 \text{ W/m}$$

Fenster innen

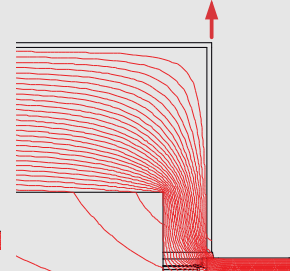
$$\Psi_E = 0,106 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,87 \text{ W/m}$$

Fenster innen

$$\Psi_E = 0,094 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,37 \text{ W/m}$$

Fensteranschlag: «Mittenbereich» ideal

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

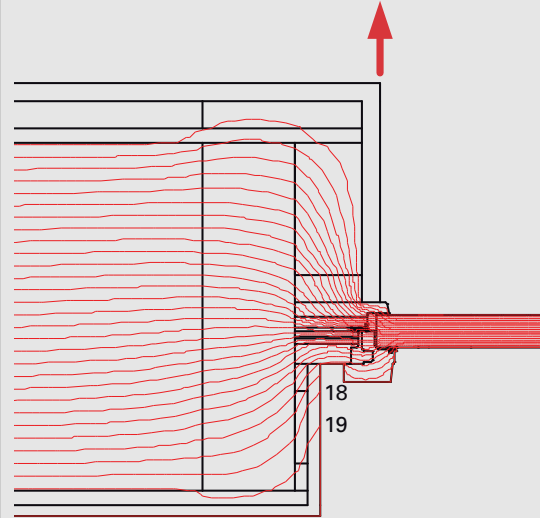
Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Fenster Mittenbereich

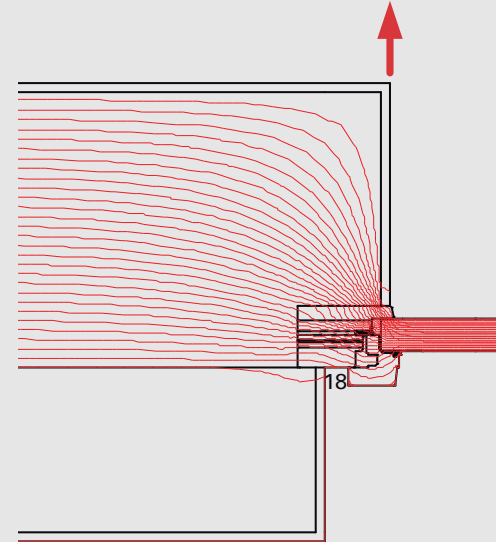
$$\Psi_E = 0,097 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,60 \text{ W/m}$$

Fenster Mittenbereich

$$\Psi_E = 0,049 \text{ W/mK}$$

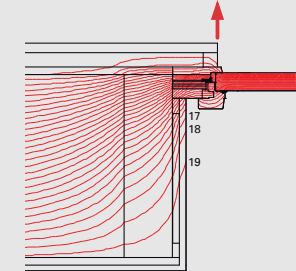


$$q = 10,02 \text{ W/m}$$

Holzbau

Fenster aussen

$$\Psi_E = 0,151 \text{ W/mK}$$

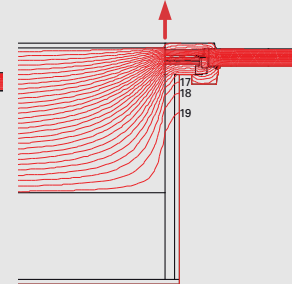


$$q = 13,22 \text{ W/m}$$

Massivbau

Fenster aussen

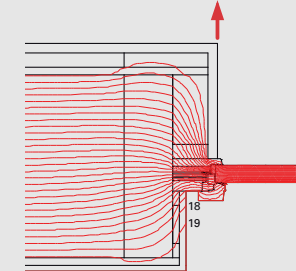
$$\Psi_E = 0,022 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,66 \text{ W/m}$$

Fenster Mittenbereich

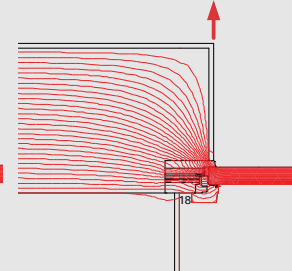
$$\Psi_E = 0,097 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,60 \text{ W/m}$$

Fenster Mittenbereich

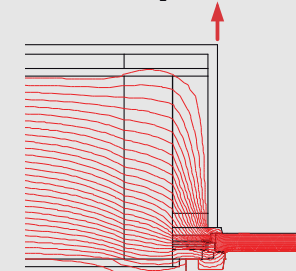
$$\Psi_E = 0,049 \text{ W/mK}$$



$$q = 10,02 \text{ W/m}$$

Fenster innen

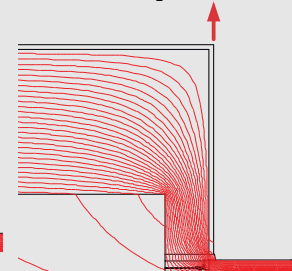
$$\Psi_E = 0,106 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,87 \text{ W/m}$$

Fenster innen

$$\Psi_E = 0,094 \text{ W/mK}$$



$$q = 11,37 \text{ W/m}$$

Fensteranschlag: «Mittenbereich» ideal

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

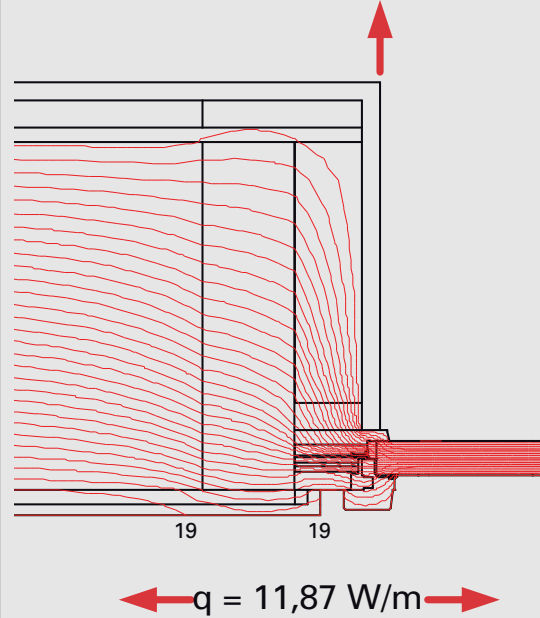
Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

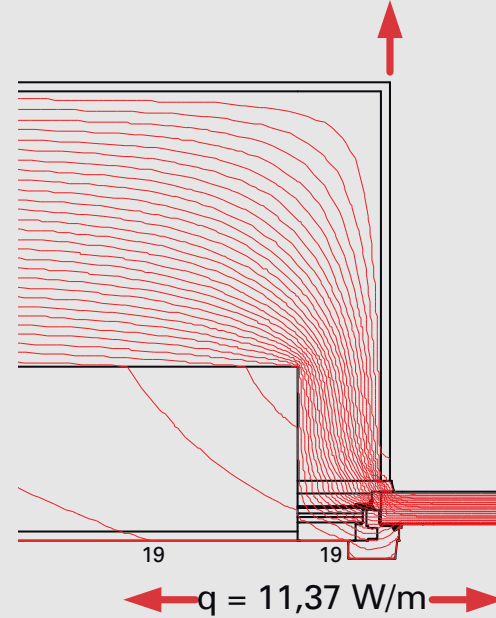
Fenster innen

$$\Psi_E = 0,106 \text{ W/mK}$$



Fenster innen

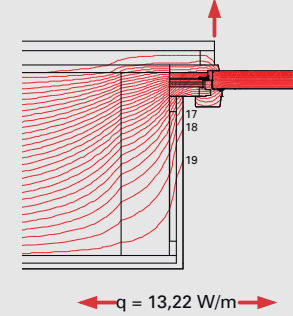
$$\Psi_E = 0,094 \text{ W/mK}$$



Holzbau

Fenster aussen

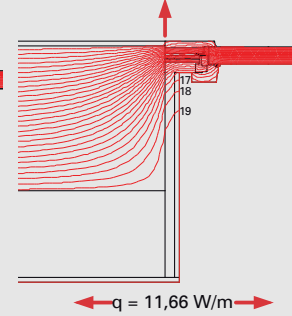
$$\Psi_E = 0,151 \text{ W/mK}$$



Massivbau

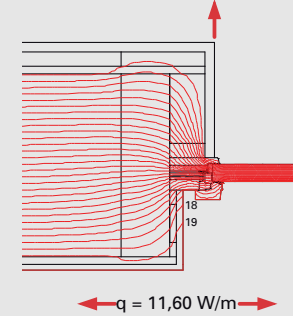
Fenster aussen

$$\Psi_E = 0,022 \text{ W/mK}$$



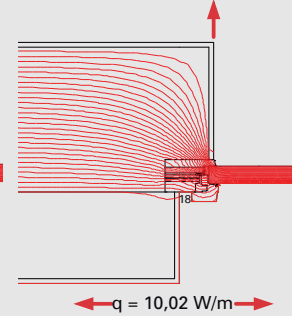
Fenster Mittenbereich

$$\Psi_E = 0,097 \text{ W/mK}$$



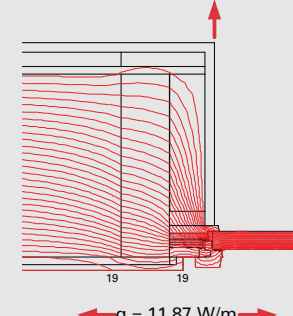
Fenster Mittenbereich

$$\Psi_E = 0,049 \text{ W/mK}$$



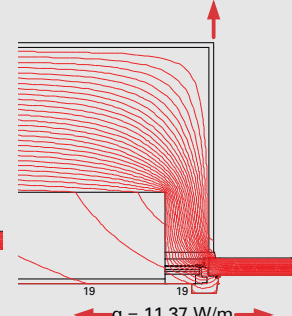
Fenster innen

$$\Psi_E = 0,106 \text{ W/mK}$$



Fenster innen

$$\Psi_E = 0,094 \text{ W/mK}$$



Oberflächenkondensat bei Metallfenster: Aus Schadenfall lernen

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung
über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

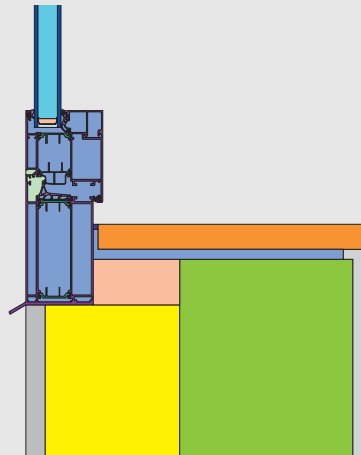
- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

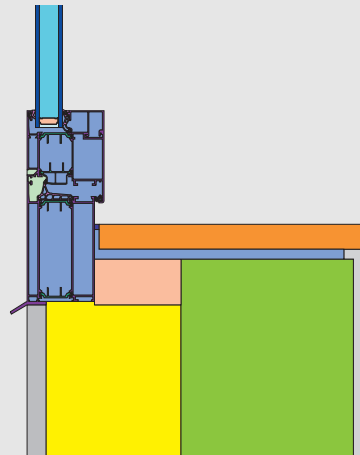
Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

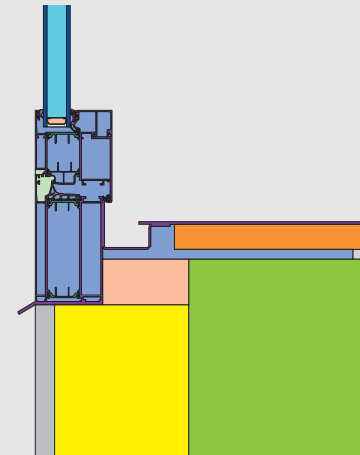
Ist-Zustand:
– Wärmebrücke Alublech 3 mm



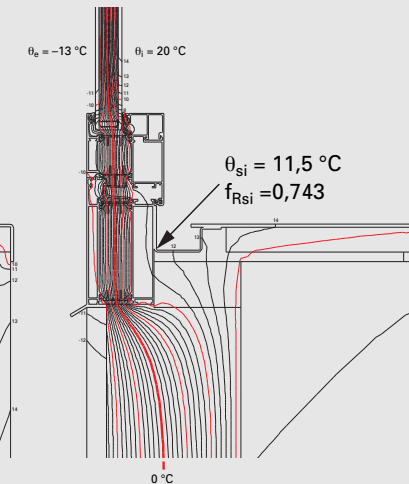
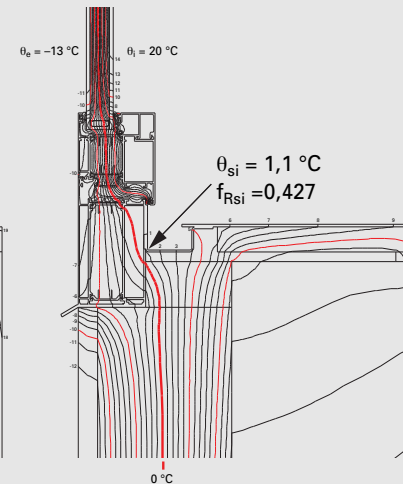
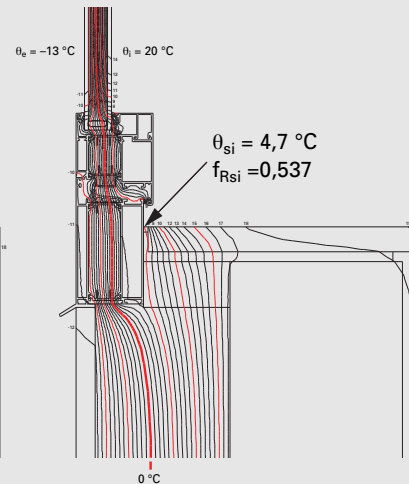
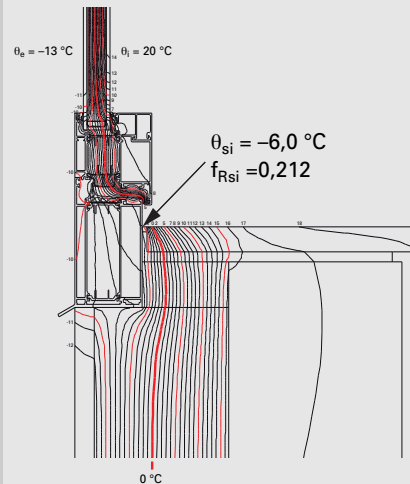
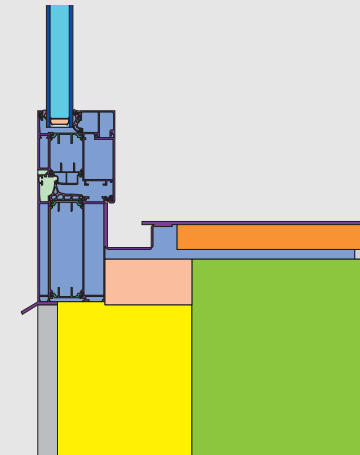
Sanierung Variante 1:
– Alublech 3 mm getrennt



Sanierung Variante 2:
– Wärmeleitprofil



Sanierung Variante 3:
– Alublech 3 mm getrennt
– Wärmeleitprofil



Oberflächenkondensat bei Metallfenster: Aus Schadenfall lernen

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung
über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

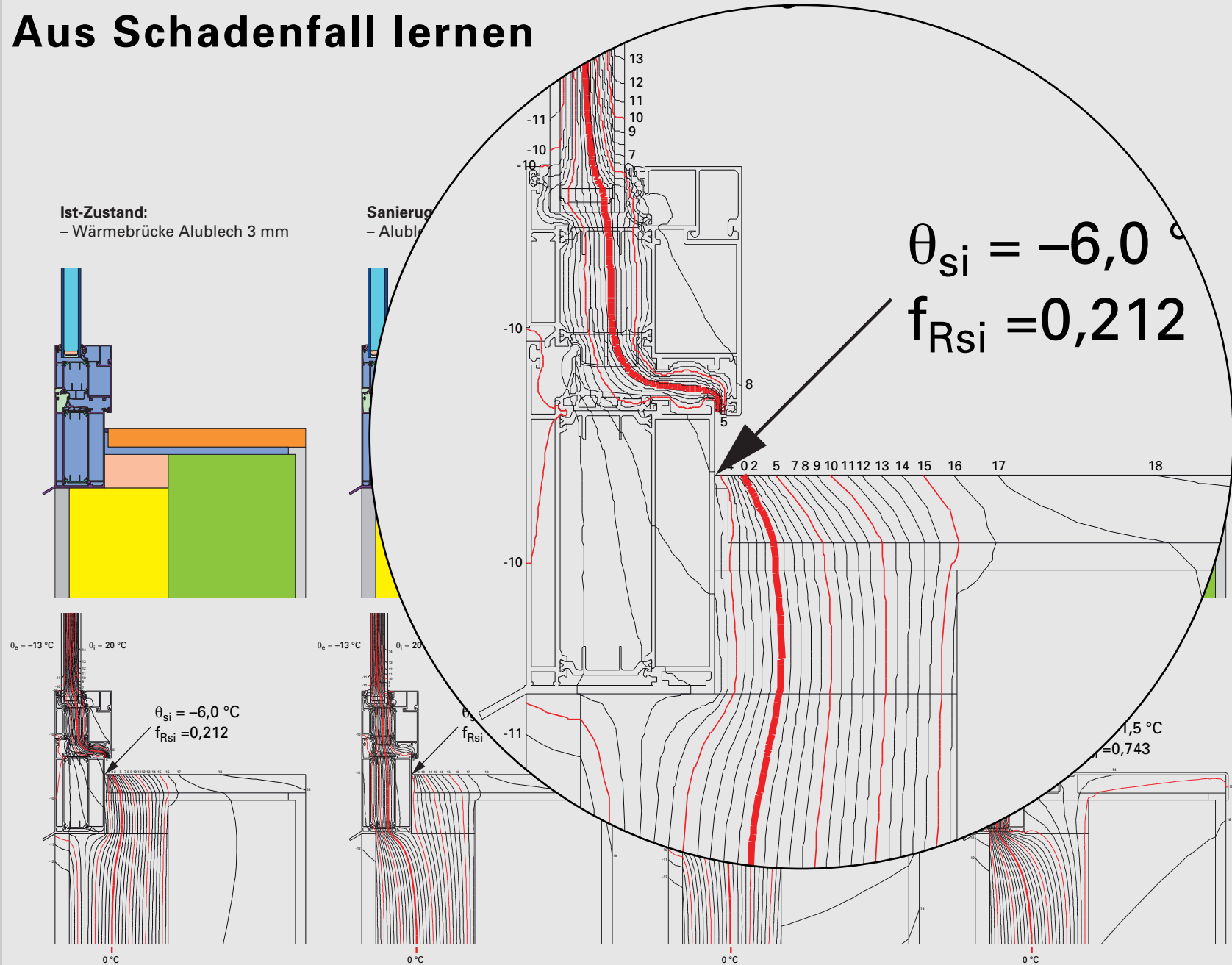
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Oberflächenkondensat bei Metallfenster: Aus Schadenfall lernen

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung
über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

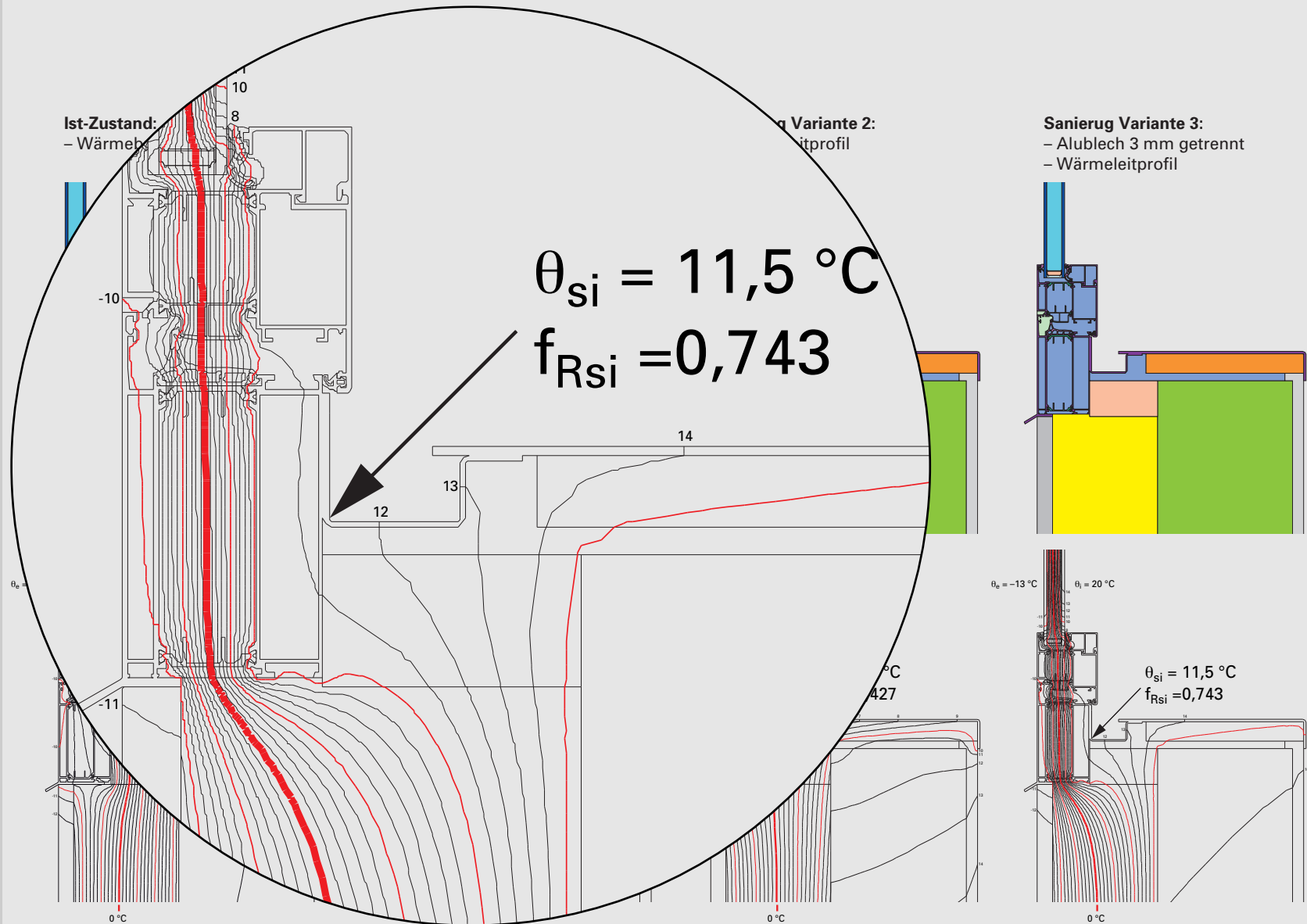
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Sensitivitätsüberlegungen beim Fenster: Standard-Definitionen

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung
über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

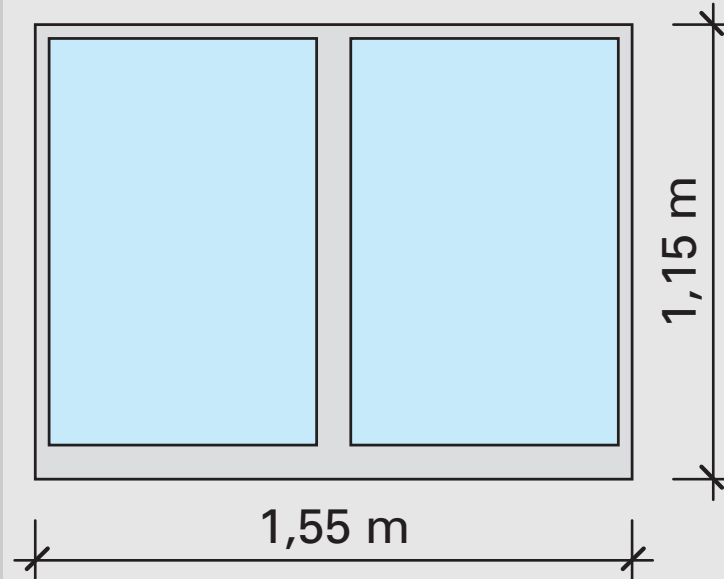
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



U-Wert Glas U_g	0,50	W/m ² K
Glasrand Edelstahl Ψ_g	0,05	W/mK
Energiedurchlassgrad (g-Wert)	0,54	–
U-Wert Rahmen U_f	1,20	W/m ² K
Rahmenbreite seitlich bzw. oben	0,015	m
Rahmenbreite unten	0,110	m
Rahmenbreite Mittelpartie	0,080	m
Wärmebrückenverlust Ψ_E	0,07	W/mK
Heizgradtage HGT	3717	Kd/a
Globalstrahlung Süd	1710	MJ/m ² a
Verschattungsfaktor F_s	0,8	–
Ausnutzungsgrad freie Wärme η_g	0,6	–

Sensitivitätsüberlegungen: Einfluss U-Wert & g-Wert Glas

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

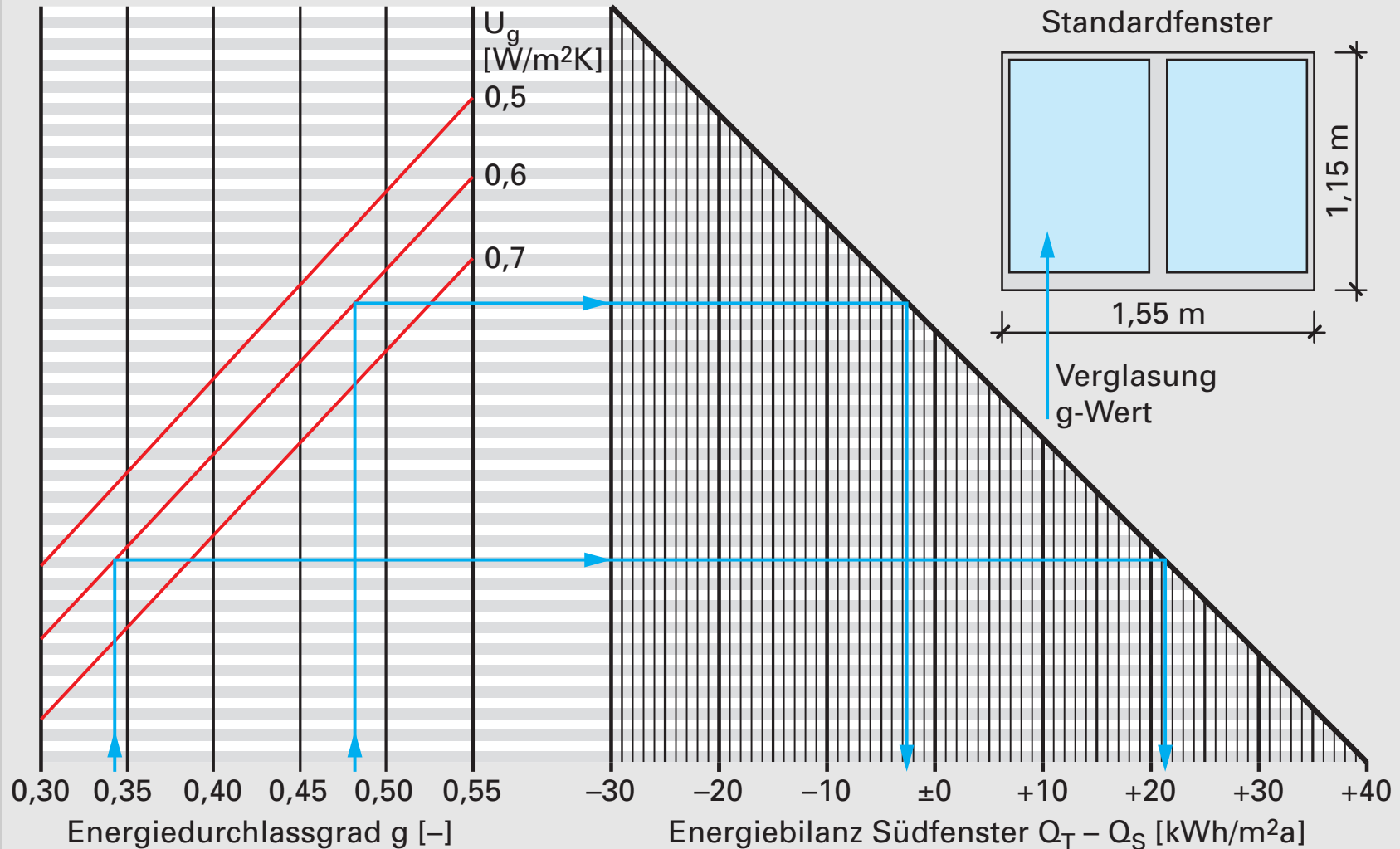
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Einfluss U-Wert Glas & Glasrandverbund

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

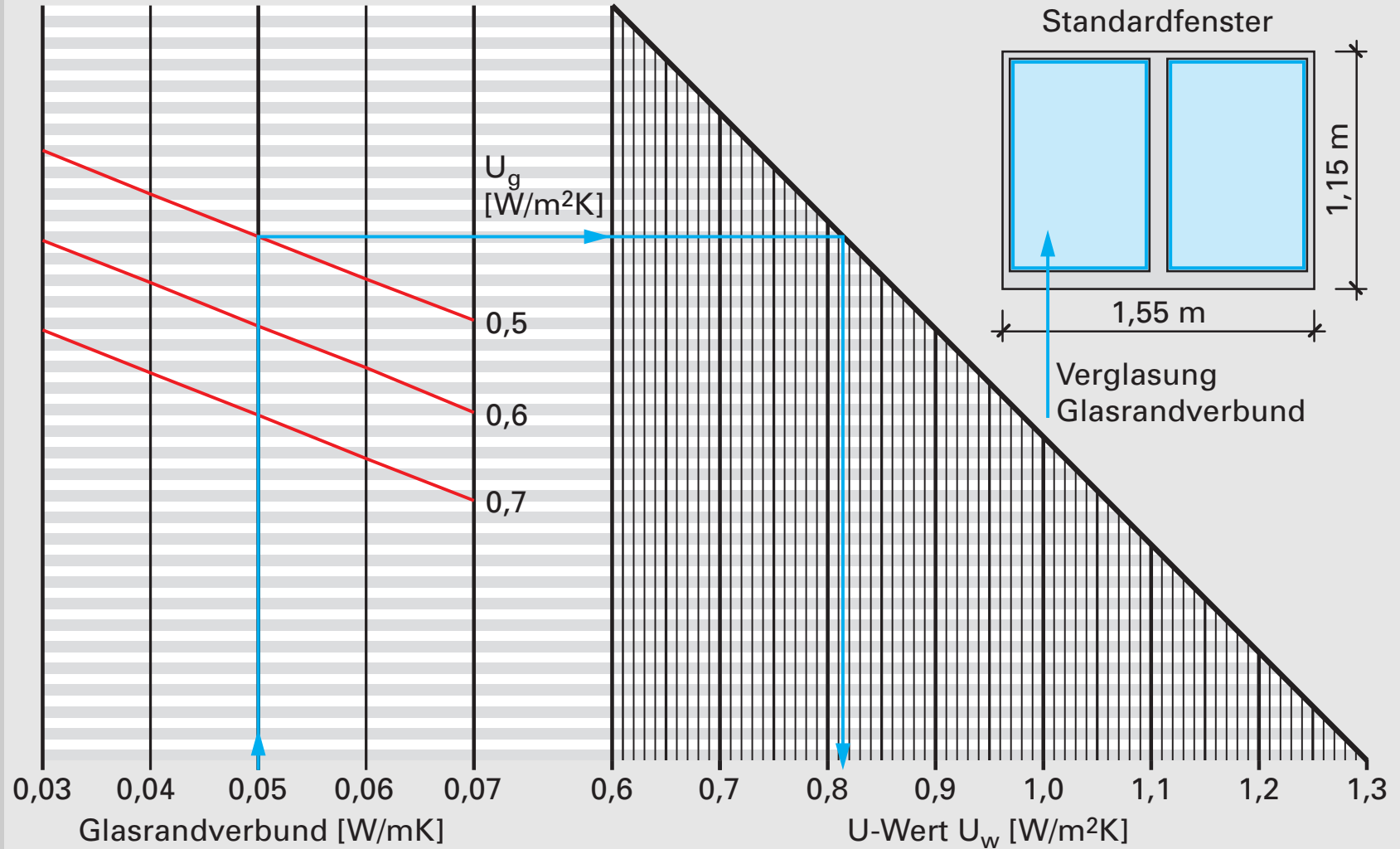
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Einfluss U-Wert Glas & Glasanteil

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

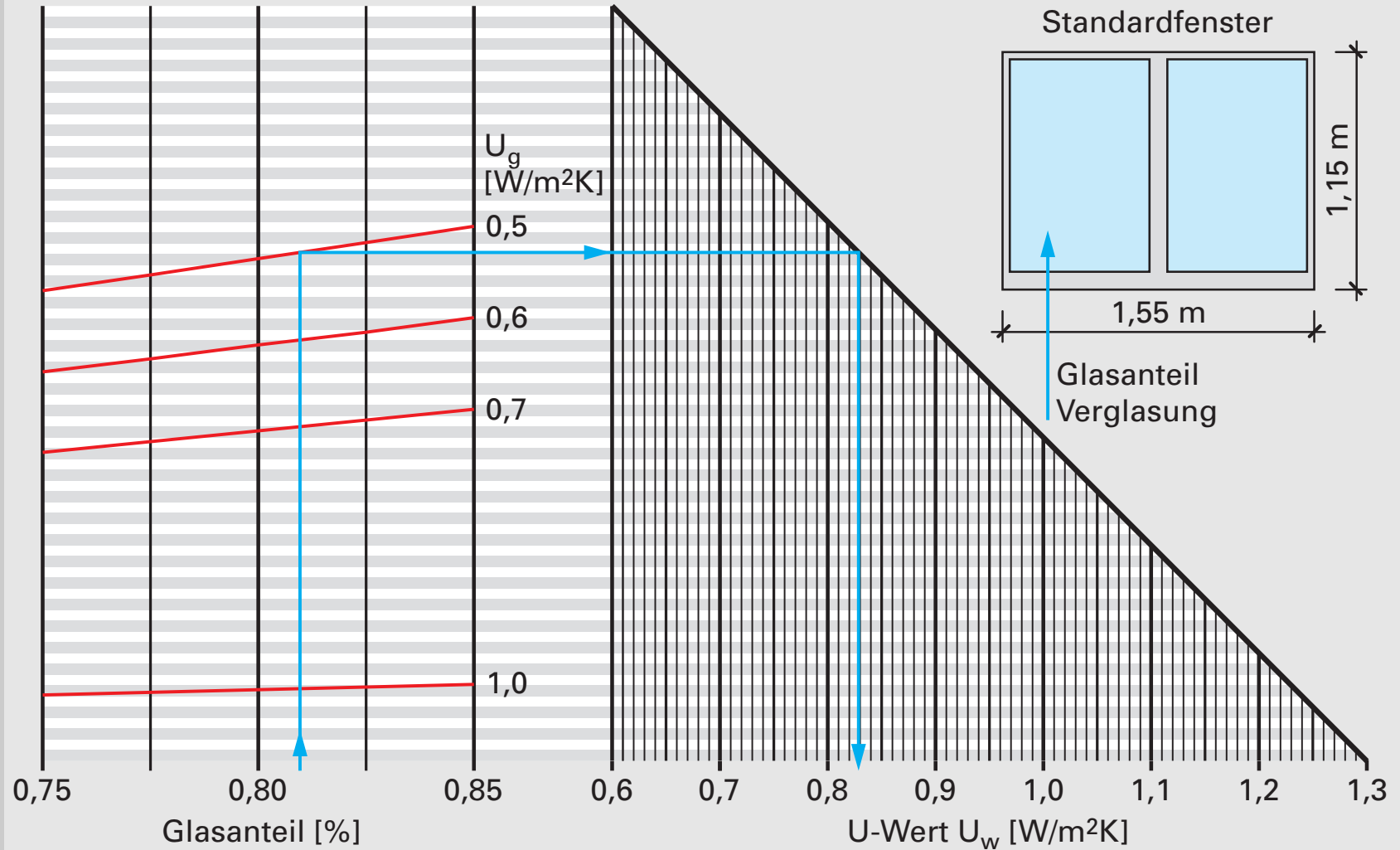
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Einfluss U-Wert Rahmen & Glasanteil

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

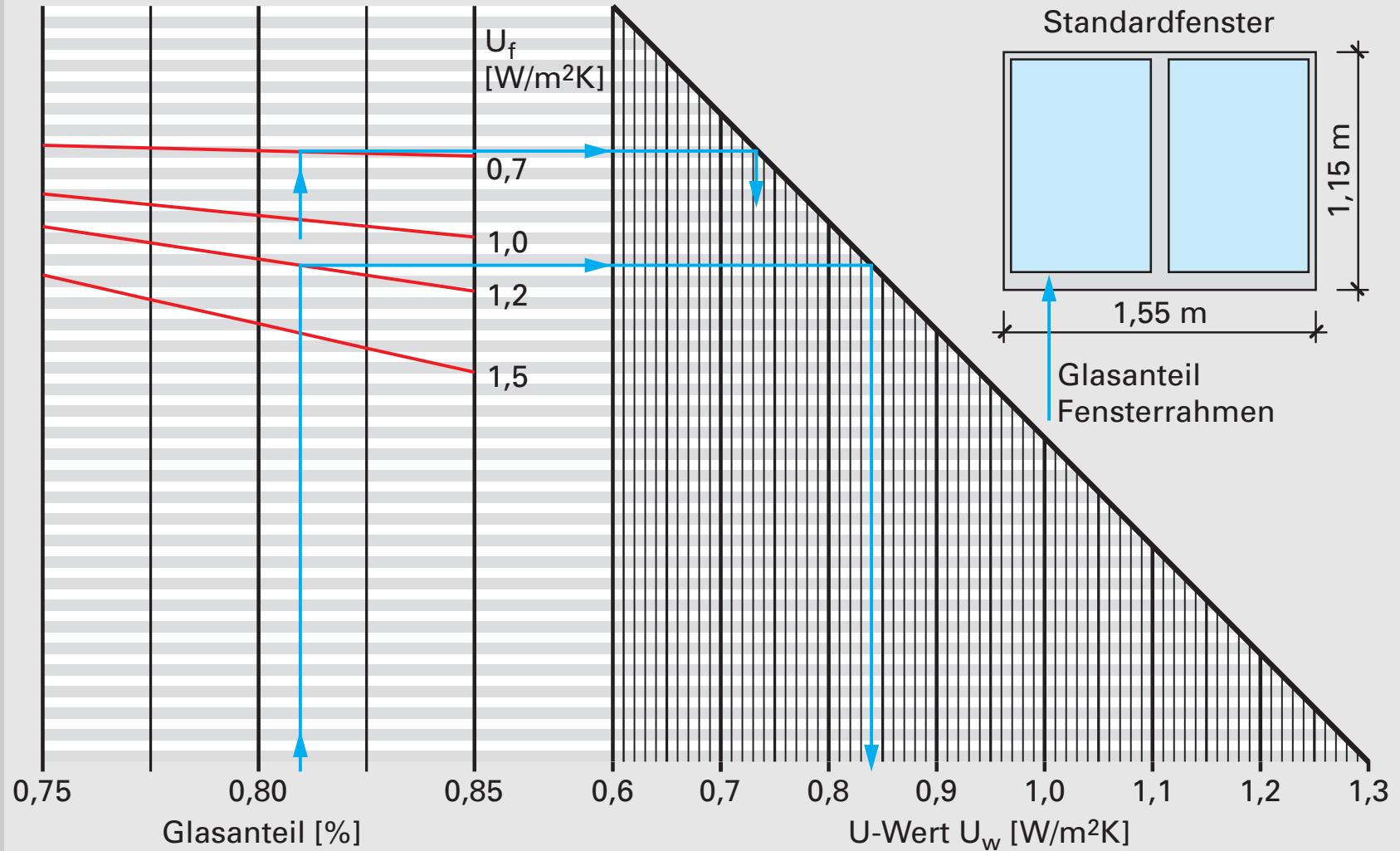
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Einfluss Wärmebrückenverlust & Fenstergrösse

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

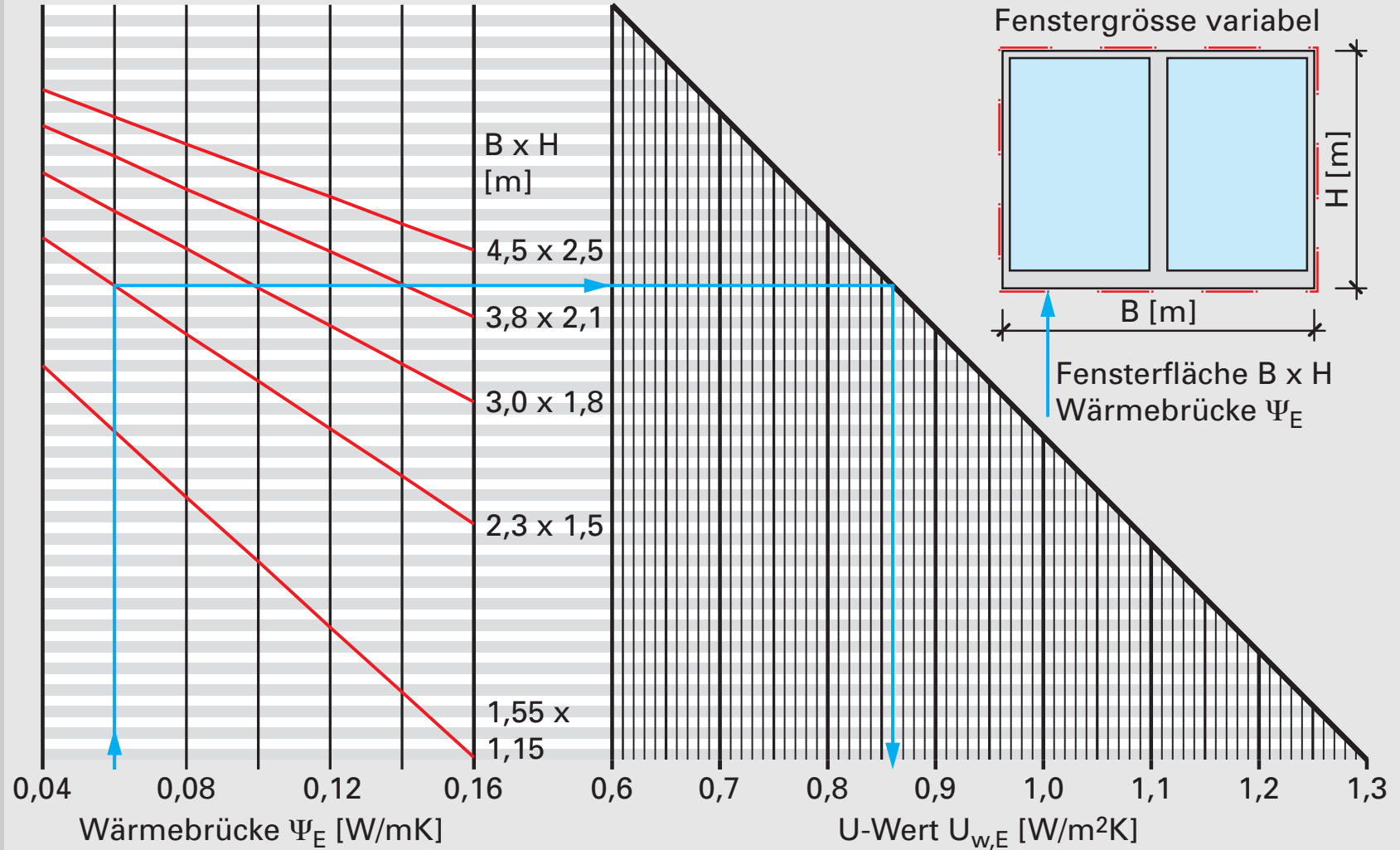
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Fenster für Anforderung «MuKE» bzw. Einzelbauteil-NW

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

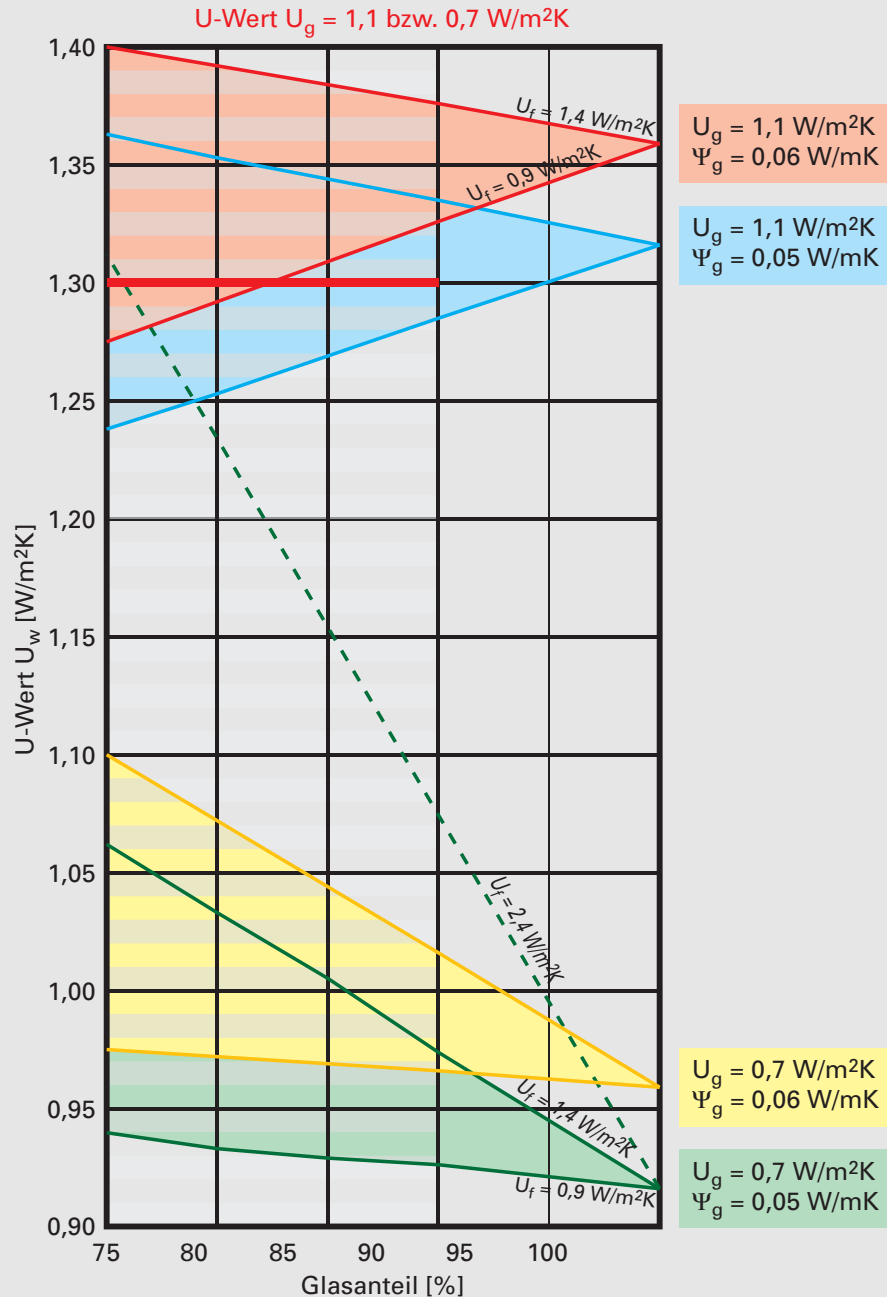
Fenster / Energiestandards:

- **MuKE**
- **MINERGIE / MINERGIE-P**

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Fenster für «MINERGIE Modul»

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

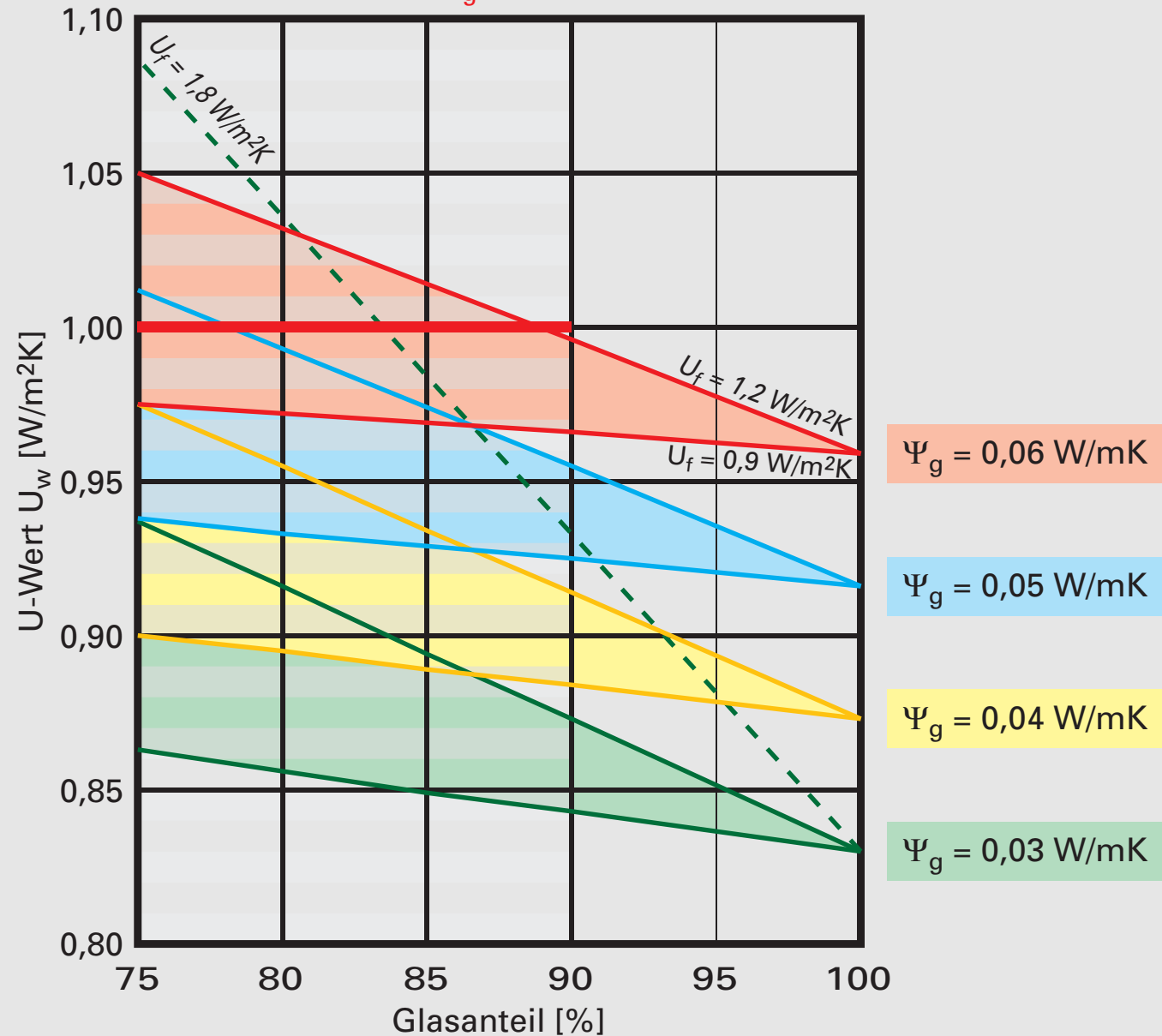
- MuKE
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

U-Wert $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$



Fenster für «MINERGIE-P Modul»

U-Wert $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

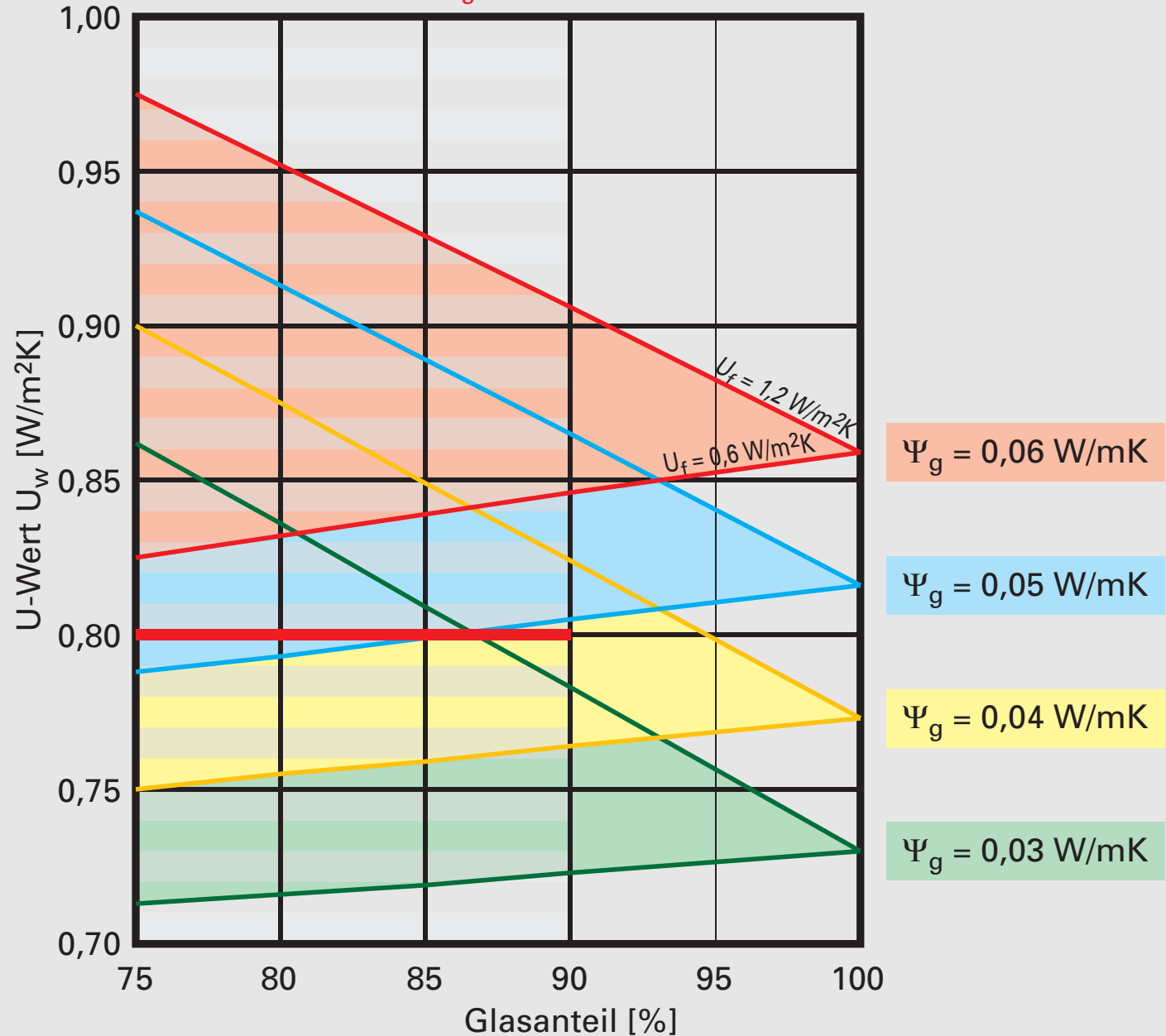
Fenster / Energiestandards:

- MuKE
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Optimierung Fensterflächen und Fensterorientierung

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

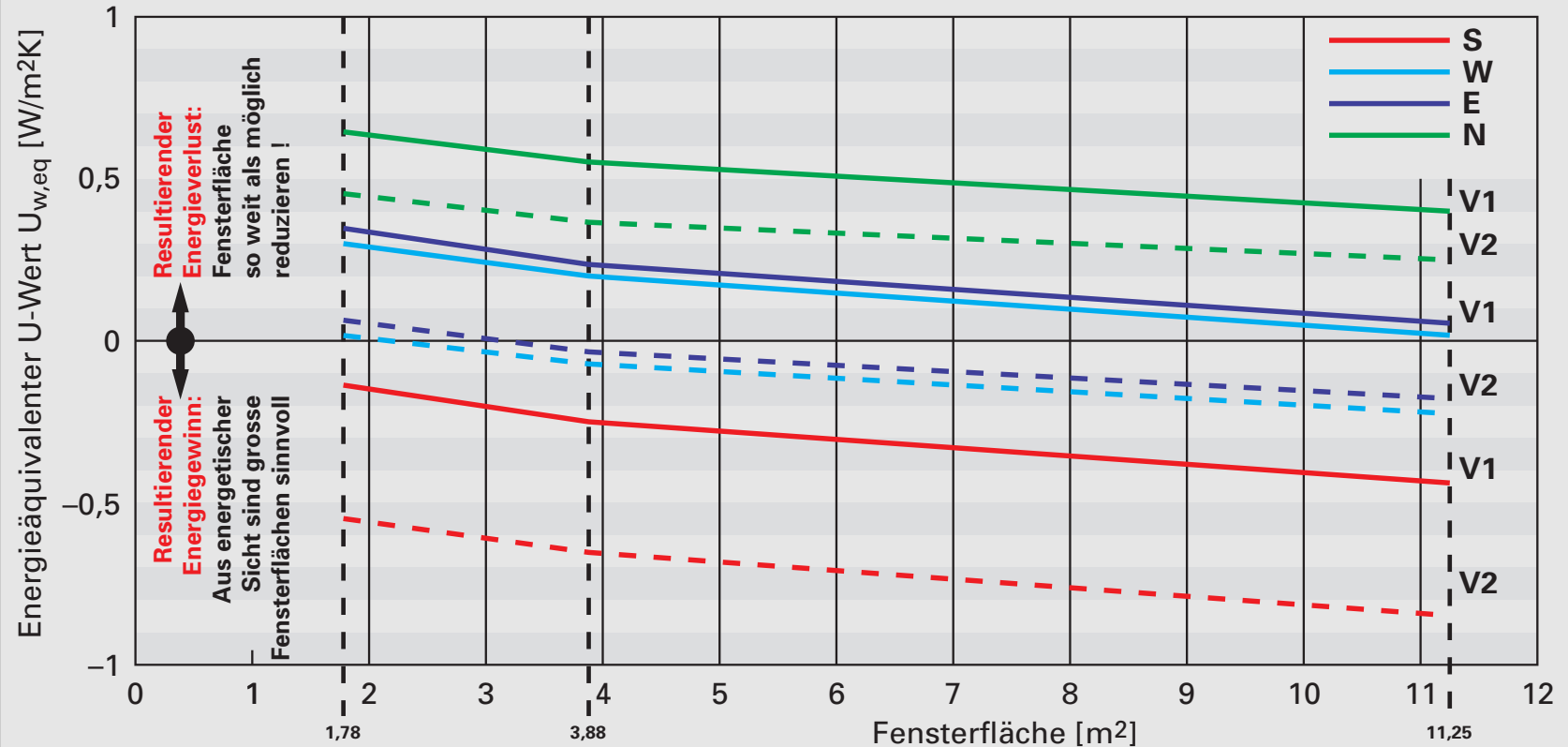
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Randbedingungen:

Fensterkennwerte:

Rahmen mit $U_f = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Glas V1 mit:

- $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

- $\Psi_g = 0,06 \text{ W/mK}$ (Edelstahl)

- $g = 0,47$

Glas V2 mit:

- $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

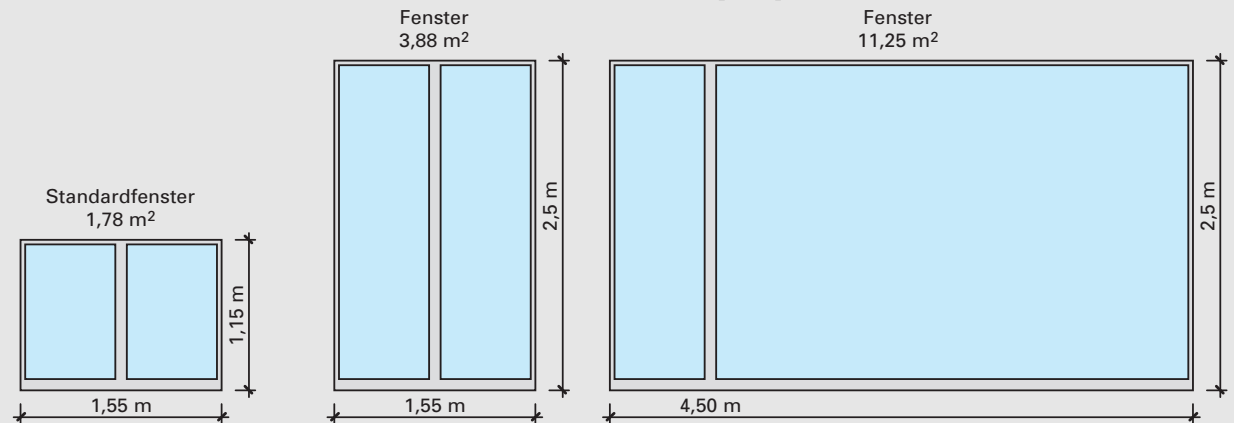
- $\Psi_g = 0,03 \text{ W/mK}$ (Kunststoff)

- $g = 0,60$

Klimakennwerte Zürich SMA

Verschattung $F_S = 0,9$

Ausnutzungsgrad freie Wärme = 0,65



Energieäquivalenter U-Wert $U_{w,eq}$ (Abhängig von Fenstergrösse, Fenster-/Glasqualität und Globalstrahlung)

Optimierung Fensterflächen und Verglasung

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

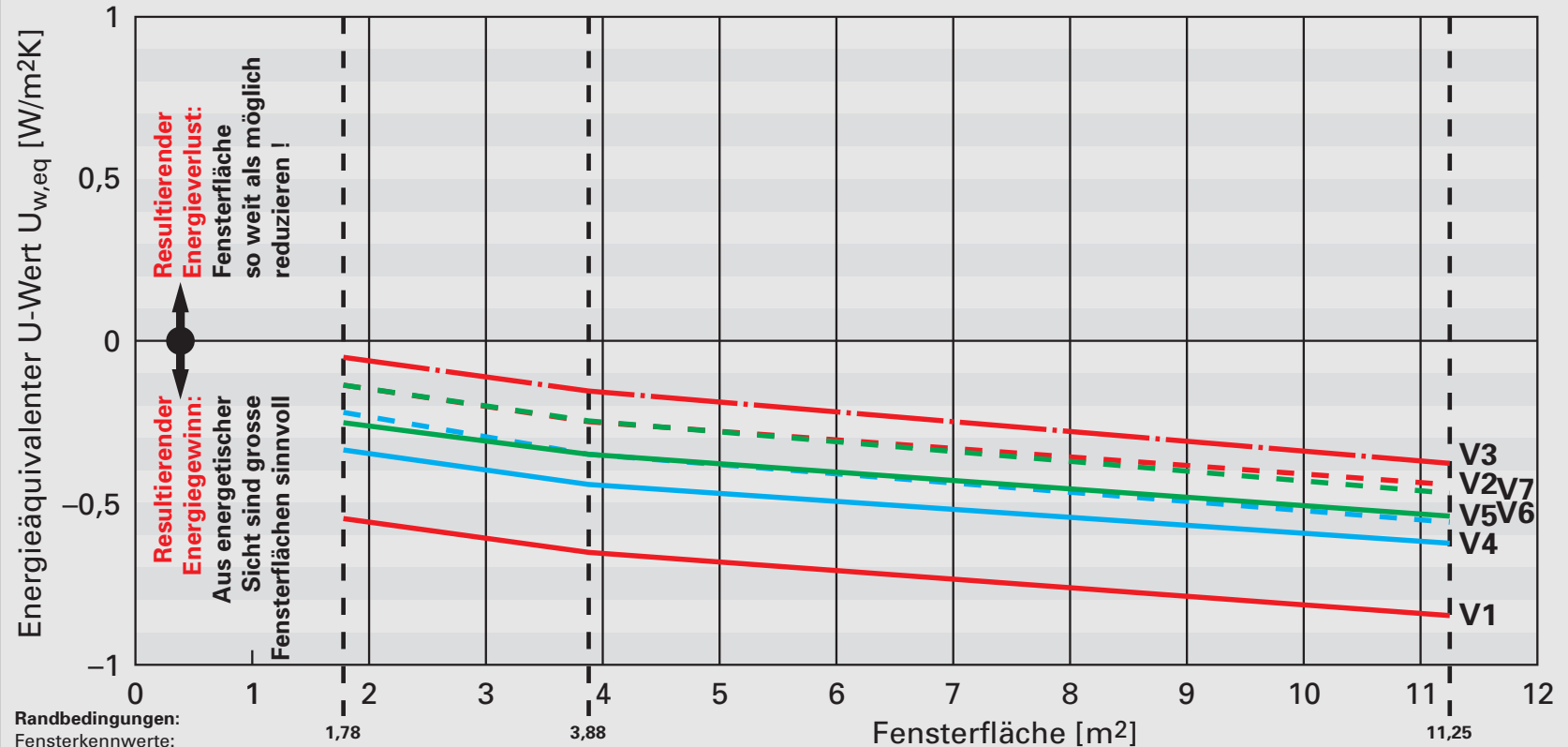
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



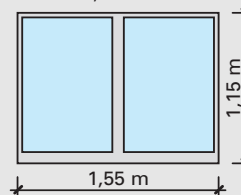
Randbedingungen:

Fensterkennwerte:

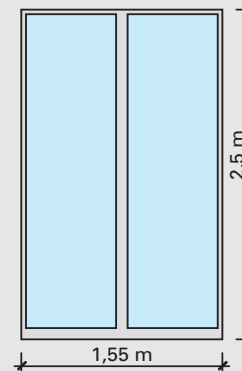
Rahmen mit $U_f = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Glasvarianten	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
$-U_g$ [W/m²K]	0,6	0,6	0,7	1,0	1,0	1,1	1,1
$-\Psi_g$ [W/mK]	0,03	0,06	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06
$-g$ [-]	0,60	0,47	0,47	0,65	0,65	0,65	0,65

Standardfenster
1,78 m²



Fenster
3,88 m²



Fenster
11,25 m²



Energieäquivalenter U-Wert $U_{w,eq}$ (Abhängig von Fenstergrösse, Fenster-/Glasqualität bei Südorientierung)

Optimierung Fensterflächen und Verglasung

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

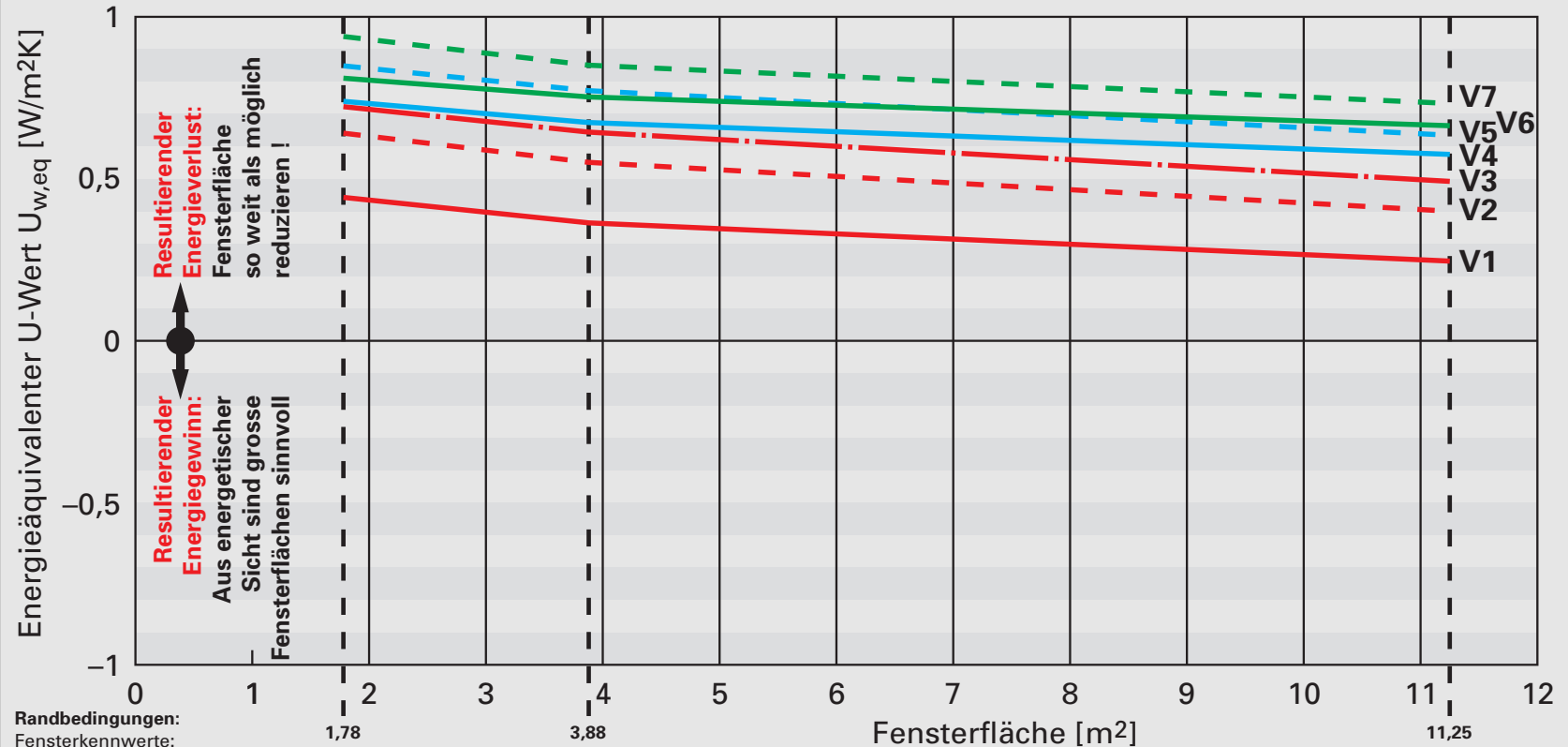
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



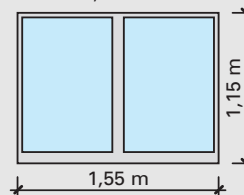
Randbedingungen:

Fensterkennwerte:

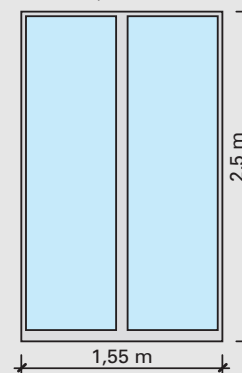
Rahmen mit $U_f = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Glasvarianten	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
$-U_g$ [W/m²K]	0,6	0,6	0,7	1,0	1,0	1,1	1,1
$-\Psi_g$ [W/mK]	0,03	0,06	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06
$-g$ [-]	0,60	0,47	0,47	0,65	0,65	0,65	0,65

Standardfenster
1,78 m²



Fenster
3,88 m²



Fenster
11,25 m²



Energieäquivalenter U-Wert $U_{w,eq}$ (Abhängig von Fenstergrösse, Fenster-/Glasqualität bei Nordorientierung)

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Behaglichkeit im Sommer: g-Wert-Anforderung

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

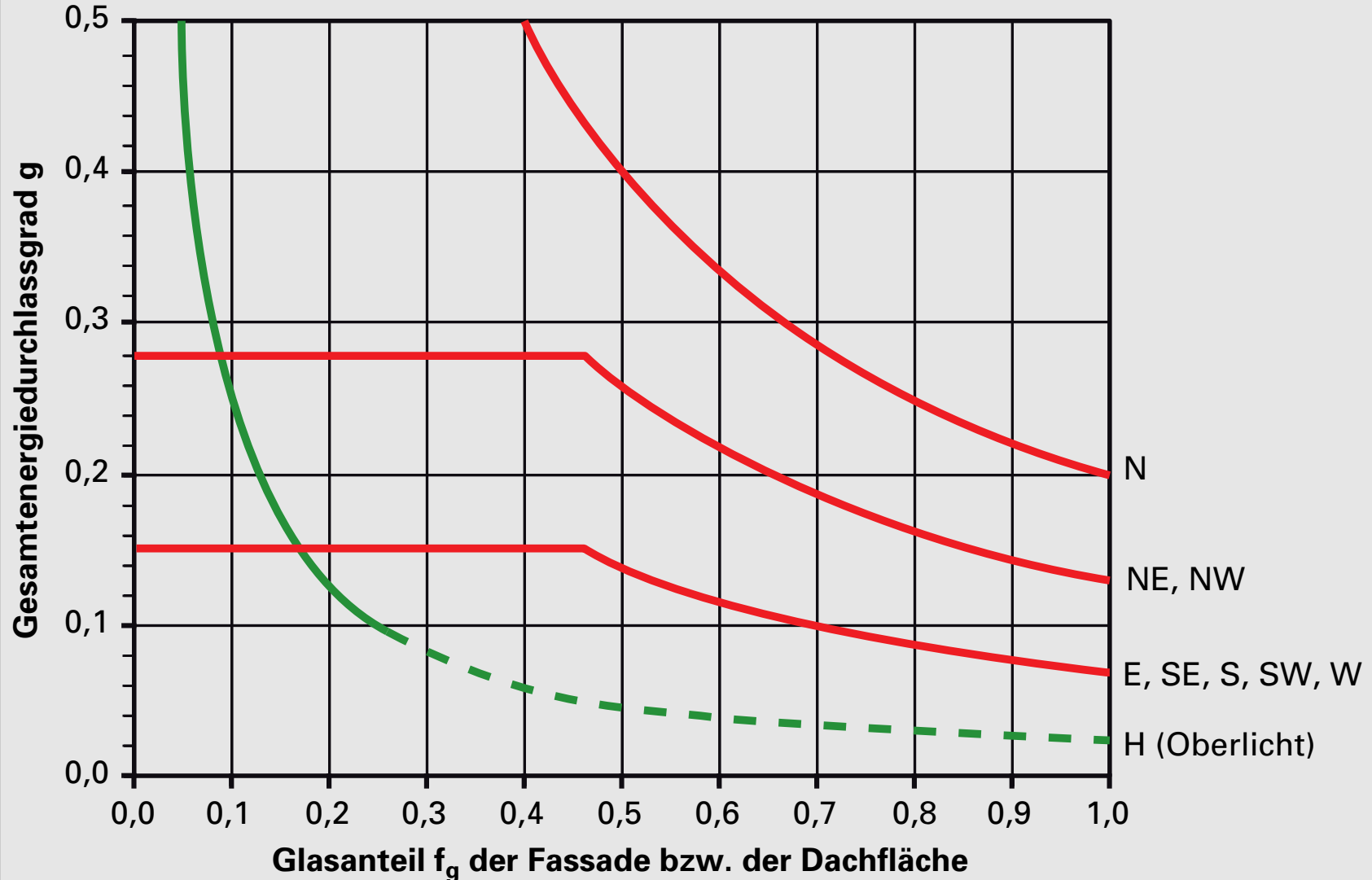
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Behaglichkeit im Sommer: g-Wert-Anforderung

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

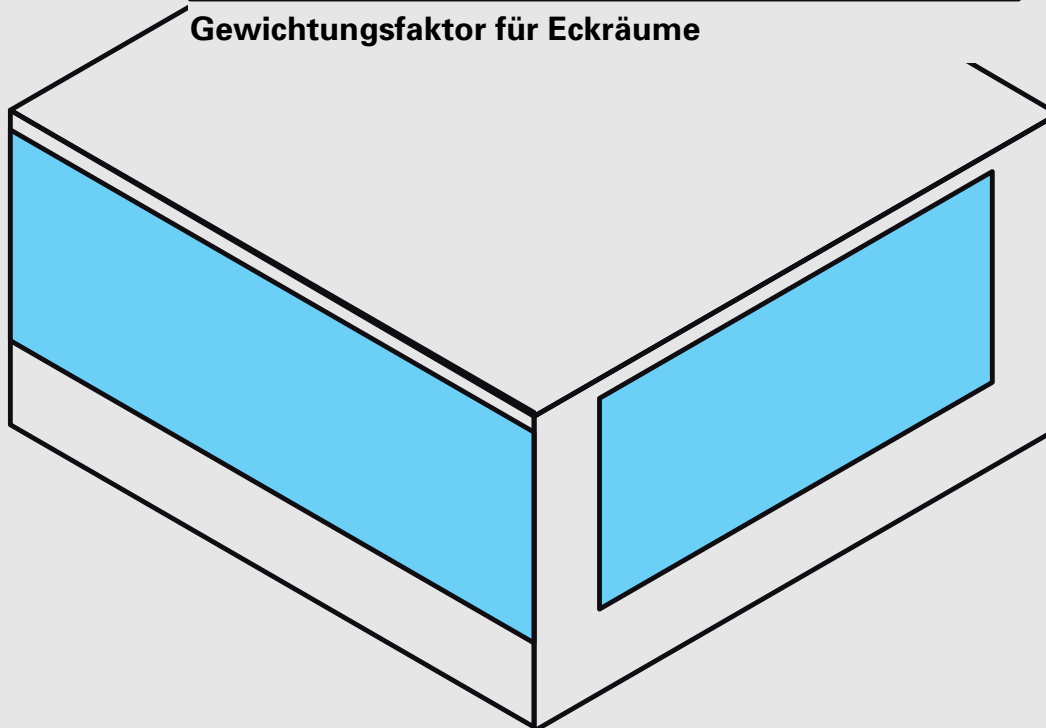
Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter

Orientierung Hauptfassade	Orientierung zusätzliche Fassade		
	N	N, NE, NW	E, SE, S, SW, W
N	–	1,54	2,86
NE, NW	0,65	1,00	1,86
E, SE, S, SW, W	0,35	0,54	1,00

Gewichtungsfaktor für Eckräume



Beispiel für Eckraum:

- Gewichtungsfaktor = 1,0
- Massgebende totale Glasfläche
= 20,0 m² +
7,5 m² x 1,0
= 27,5 m²
- Massgebender Glasanteil der Hauptfassade
= 27,5 m² : 30 m² = 0,92
- Anforderung an g-Wert:
≤ 0,076

Diese Anforderung ist strenger als die Anforderung aus der fassadenweisen Betrachtung.

Der g-Wert von 0,076 gilt somit für beide Fassaden.

Südfassade (Hauptfassade):

- Länge 10 m
- Glasfläche 20 m²
- Fassadenfläche 30 m²
- Glasanteil 67 %
- g-Wert «nur Südfassade» ≤ 0,105

Ostfassade (massgebende Länge = 5 m):

- Länge effektiv 10 m, massgebend 5 m
- Glasfläche effektiv 15 m², massgebend 7,5 m²
- Fassadenfläche 30 m²
- Glasanteil 50 %
- g-Wert «nur Ostfassade» ≤ 0,140

Behaglichkeit im Winter: Kaltluftabfall/ U_g -Wert

Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

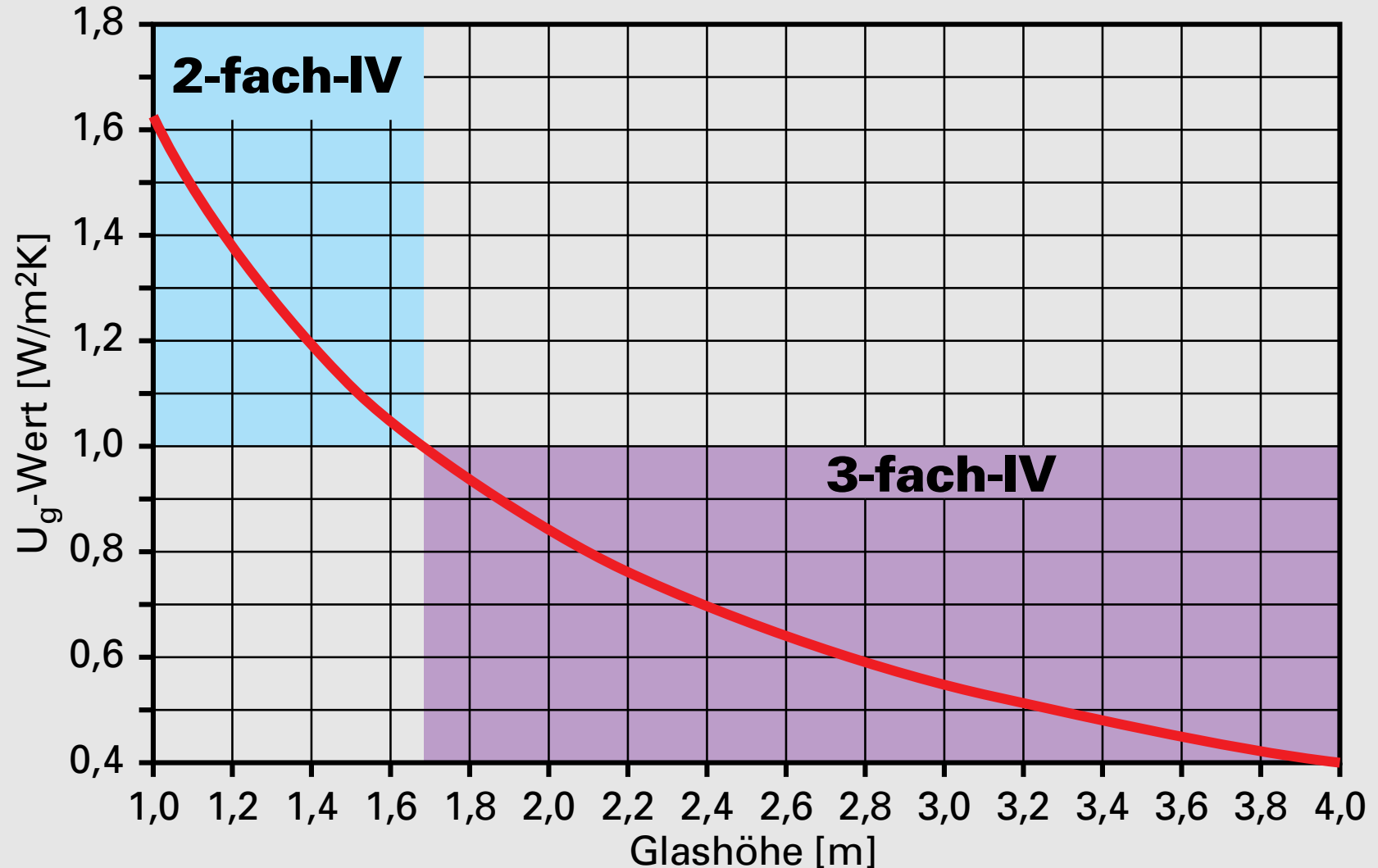
Fenster / Energiestandards:

- MuKE n
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Fenster aus Sicht der Energie

Energieeffizienz beim Bauen

- thermische Gebäudehülle
- Optimierungsstrategie

Verschattung von Fenstern

Optimale Fenster: Beurteilung über die Energiebilanz

Fensterrahmen: U-Wert

Fenster: U-Wert

Fenstereinbau:

- Wärmebrückenverlust
- Oberflächentemperaturen

Sensitivitätsüberlegungen

Fenster / Energiestandards:

- MuKE
- MINERGIE / MINERGIE-P

Optimierung Fenster/Glas

Fenster und Behaglichkeit:

- Sommer
- Winter



Danke für ihr
Interesse !