

## 6. U-Werte von Fenstern

Der Wärmedurchgangskoeffizient  $U_w$  von Fenstern bzw.  $U_D$  von Fenster-Türen setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

$U_g$	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung (gem. EN 673)
$U_f$	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens
$(U_p)$	Wärmedurchgangskoeffizient der opaken Füllung)
$\Psi_g$	längenbezogener Wärmedurchlasskoeffizient infolge des kombinierten wärmetechnischen Einflusses von Abstandhalter, Glas und Rahmen (Messung nach EN 12412-2)
$(\Psi_p)$	längenbezogener Wärmedurchlasskoeffizient der opaken Füllung)

Folgende Parameter beeinflussen die o.g. Verlustanteile:

- Art des Fensters (Einfachfenster, Kastenfenster, Doppelfenster, Verbundfenster)
- Art der Verglasung (Einscheiben-Verglasung, Mehrscheiben-Isolierverglasung)
- Rahmenmaterial und -aufbau (Metall, Holz, Kunststoff, Verbund)
- Füllung (Luft, Edelgas, Vakuum)
- Abstandshalter zwischen den Scheiben bzw. Ausführung von entkoppelnden Kammern innerhalb der Rahmenprofile

Die Ermittlung der Werte kann über 3 mögliche Verfahren erfolgen:

- **vereinfachtes** (Tabellen-) Verfahren gem. DIN EN ISO 10077-1
- **numerisches** (Berechnungs-) Verfahren gem. DIN EN ISO 10077-2 (bzw. EN 673 für die Verglasung)
- **Messverfahren** gem. EN 12567 – Heizkastenverfahren (bzw. EN 12412-2 für längenbezogene Wärmedurchlasskoeffizienten)

Nachfolgend wird das *vereinfachte Verfahren* gem. DIN EN ISO 10077-1 erläutert:

Für die raumseitigen und außenseitigen **Wärmeübergangswiderstände** sind die Bemessungswerte für **horizontale** Wärmeströmung mit:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \text{ und}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

sowie für **vertikale** Wärmeströmung mit:

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \text{ und}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

zu verwenden.

Für die **Scheibenzwischenräume** bei Verbund- und Kastenfenstern sind abhängig von der Dicke des Luft- raumes sowie dem Emissionsgrad der Beschichtung folgende Werte zu verwenden:

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

Tab. 6.1: Wärmedurchlasswiderstand  $R_s$  von unbelüfteten Luftzwischenräumen in  $m^2 \cdot K/W$  für Verbund- und Kastenfenster nach DIN EN ISO 10077

Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung -  $U_g$ :



Verglasung				Wärmedurchgangskoeffizient für verschiedene Arten des Gaszwischenraumes $U_g$					
Typ Glas	Glas	Üblicher Emissions- Grad	Maße mm	Luft	Argon	Krypton	SF6B	Xenon	
Zwei- scheiben- Isolier- Verglasung	Unbe- schichtetes Glas (Normal- Glas)	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0	2,6	
			4-8-4	3,1	2,9	2,7	3,1	2,6	
			4-12-4	2,8	2,7	2,6	3,1	2,6	
			4-16-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6	
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6	
	Eine Scheibe beschichtetes Glas	$\leq 0,2$	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3	1,6	
			4-8-4	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6	
			4-12-4	2,0	1,8	1,6	2,4	1,6	
			4-16-4	1,8	1,6	1,6	2,5	1,6	
	Eine Scheibe beschichtetes Glas	$\leq 0,15$	4-20-4	1,8	1,7	1,6	2,5	1,7	
			4-6-4	2,6	2,3	1,8	2,2	1,5	
			4-8-4	2,3	2,0	1,6	2,3	1,4	
			4-12-4	1,9	1,6	1,5	2,3	1,5	
				4-16-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
				4-20-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5

	Eine Scheibe beschichtetes Glas	$\leq 0,1$	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1	1,4
			4-8-4	2,2	1,9	1,4	2,2	1,3
			4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3	2,3	1,4
			4-20-4	1,6	1,4	1,4	2,3	1,4
	Eine Scheibe beschichtetes Glas	$\leq 0,05$	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	1,2
			4-8-4	2,1	1,7	1,3	2,1	1,1
			4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,1	1,2
			4-16-4	1,4	1,2	1,2	2,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2	2,2	1,2
Drei-scheiben-Isolier-Verglasung	Unbeschichtetes Glas (Normalglas)	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8	1,9	1,7
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7	1,9	1,6
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2,0	1,6
	Zwei Scheiben beschichtet	$\leq 0,2$	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,3	1,0	1,3	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,3	0,8
	Zwei Scheiben beschichtet	$\leq 0,15$	4-6-4-6-4	1,7	1,4	1,1	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,2	0,9	1,2	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,7	1,3	0,7
	Zwei Scheiben beschichtet	$\leq 0,1$	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0	1,1	0,8
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8	1,1	0,7
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2	0,6
	Zwei Scheiben beschichtet	$\leq 0,05$	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9	1,1	0,7
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7	1,1	0,5
4-12-4-12-4			1,0	0,8	0,5	1,1	0,5	

Tab. 6.2: Wärmedurchlasswiderstand  $U_g$  von Zweischeiben- und Dreischeiben-Isolierverglasungen mit verschiedenen Gasfüllungen in  $m^2 \cdot K/W$  nach DIN EN ISO 10077

Wärmedurchgangskoeffizienten des **Rahmens** -  $U_f$ :

Kunststoff-Rahmen

Rahmenmaterial	Rahmentyp	$U_f$ W/(m <sup>2</sup> · K)
Polyurethan	Mit Metallkern Dicke von PUR ≥ 5 mm	2,8
PVC-Hohlprofile <sup>1)</sup>	außenseitig      raumseitig Zwei Hohlkammern 	2,2
	außenseitig      raumseitig Drei Hohlkammern 	2,0

Tab. 6.3: Wärmedurchgangskoeffizienten von Kunststoffrahmen mit Metallaussteifungen in m<sup>2</sup> · K/W nach DIN EN ISO 10077

Holz-, Metall/Holz-Rahmen

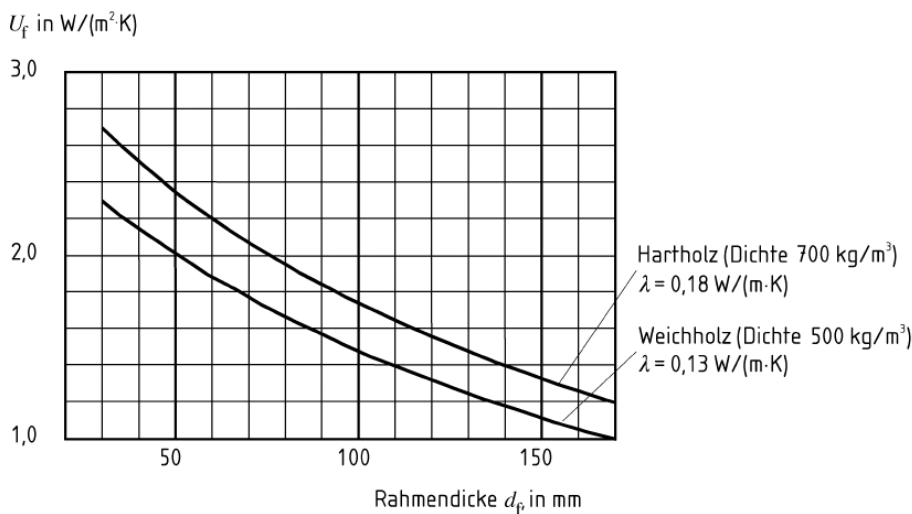


Abb 6.1: Wärmedurchgangskoeffizienten von Metall-Holz-Rahmen in Abhängigkeit der Rahmendicke  $d_f$

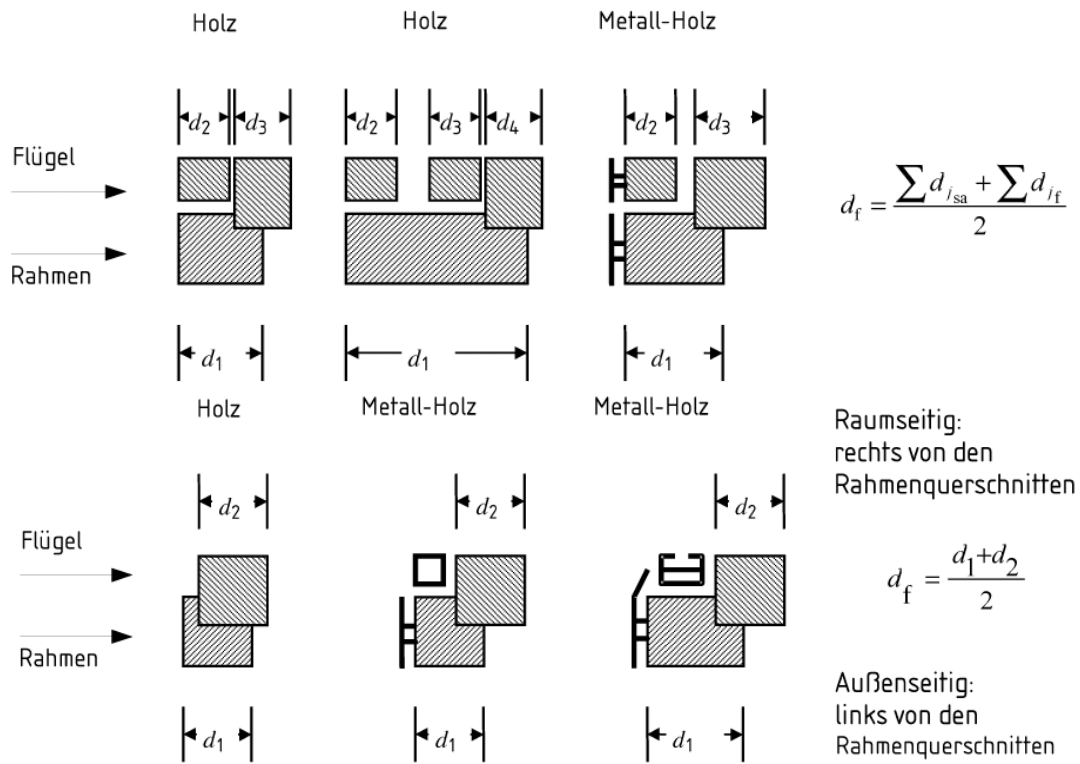
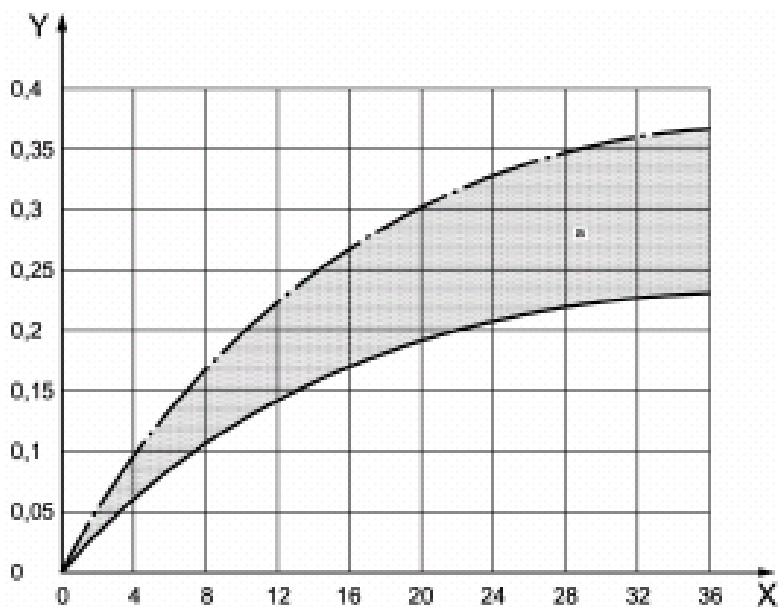


Abb 6.2: Definition der Rahmendicke  $d_f$  für verschiedene Fenstersysteme

### Metall-Rahmen

$$U_f = \frac{1}{R_{si}A_{f,i} / A_{d,i} + R_f + R_{se}A_{f,e} / A_{d,e}} \quad \text{mit} \quad R_f = \frac{1}{U_{f0}} - 0,17$$



X     kleinster Abstand d zwischen gegenüberliegenden Metallprofilen in mm  
Y     Wärmedurchlasswiderstand  $R_f$  des Rahmens in  $m^2 \cdot K/W$

Abb 6.3:  $U_{f0}$ -Werte für Metallrahmen mit wärmetechnischer Trennung

Längenbezogener Wärmedurchlasskoeffizient des Glas-Rahmen-Verbindungsbereiches -  $\Psi_g$  :

Rahmenwerkstoff	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für verschiedene Arten von Verglasungen $\Psi_g$		
	Zweischeiben- oder Dreischeiben-Isolierverglasung, unbeschichtetes Glas, Luft oder Gaszwischenraum	Zweischeiben- (eine beschichtet) oder Dreischeiben- (zwei beschichtet) Isolierverglasung mit niedrigem Emissionsgrad, Luft- oder Gaszwischenraum	
Holz- oder PVC-Rahmen	A	0,06	0,08
Holz- oder PVC-Rahmen	B	0,05	0,06
Metallrahmen mit wärmetechnischer Trennung	A	0,08	0,11
Metallrahmen mit wärmetechnischer Trennung	B	0,06	0,08
Metallrahmen ohne wärmetechnische Trennung	A	0,02	0,05
Metallrahmen ohne wärmetechnische Trennung	B	0,01	0,04

A	Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für typische Abstandhalter aus Aluminium und Stahl
B	Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für Abstandhalter mit wärmetechnisch verbesserter Leistungsfähigkeit

Tab. 6.4: Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten U für Abstandhalter aus Aluminium und Stahl (kein nichtrostender) nach DIN EN ISO 10077

**zukunft haus**

Energie sparen. Wert gewinnen.

Tabellenwerte für Uf:

Art der Verglasung	$U_{g_2}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Wärmedurchgangskoeffizienten für typische Arten von Abstandshaltern												
		$U_f$ W/(m <sup>2</sup> ·K)												
		0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
<b>Einscheiben- Verglasung</b>	5,7	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	6,1
<b>Zweischeiben- oder Dreischeiben- Isolier- Verglasung</b>	3,3	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	4,5
	3,2	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	4,4
	3,1	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	4,3
	3,0	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	4,2
	2,9	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	4,2
	2,8	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	4,1
	2,7	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	4,0
	2,6	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,6	2,9	3,0	3,2	4,0
	2,5	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,5	2,8	3,0	3,1	3,9
	2,4	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,8	2,9	3,0	3,8
	2,3	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,7	2,8	3,0	3,8
	2,2	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,3	2,6	2,8	2,9	3,7
	2,1	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,6	2,7	2,8	3,6
	2,0	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	3,6
	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	3,6
	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	3,5
	1,7	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	3,4
	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3
	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	3,3
	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	3,2
	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	3,1
	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	3,1
	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	3,0
1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,9	
0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,9	
0,8	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,8	
0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,7	
0,6	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,7	
0,5	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,6	
<b>Zweischeiben oder Dreischeiben- Isolier- Verglasung</b>														
	3,3	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	4,1
	3,2	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	4,0
	3,1	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,9
	3,0	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9
	2,9	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,8
	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,7
	2,7	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,6
	2,6	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,6	2,9	3,0	3,1	3,5
	2,5	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,5	2,8	2,9	3,0	3,5
	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,4	2,7	2,8	2,9	3,4
	2,3	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,4	2,7	2,7	2,8	3,3
	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,6	2,7	2,7	3,2
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,2	2,5	2,6	2,7	3,1
	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	3,1
	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	3,0	
1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,9	
1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,8	
1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,7	

**zukunft haus**

Energie sparen. Wert gewinnen.

	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,7
	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,5
	1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,4
	1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,3
	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
	0,8	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	2,2
	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	2,1
	0,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	2,0
	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,9

Art der Verglasung	$U_g$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Wärmedurchgangskoeffizienten für <b>wärmetechnisch verbesserte Abstandshalter</b>													
		$U_f$ W/(m <sup>2</sup> ·K)													
		0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0	
<b>Einscheiben-Verglasung</b>	5,7	4,2	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	6,1	
<b>Zwei-scheiben oder Dreischeiden-Isolier-Verglasung</b> <b>Rahmenanteil bis 30%</b>	3,3	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	4,4	
	3,2	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	4,4	
	3,1	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	4,3	
	3,0	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	4,2	
	2,9	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	4,2	
	2,8	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	4,1	
	2,7	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	4,0	
	2,6	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,9	3,0	3,1	3,9	
	2,5	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,5	2,8	2,9	3,0	3,9	
	2,4	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,8	3,0	3,8	
	2,3	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,7	2,8	2,9	3,7	
	2,2	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,6	2,7	2,8	3,7	
	2,1	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,2	2,5	2,6	2,8	3,6	
	2,0	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	3,6	
	1,9	2,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	3,5	
	1,8	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	3,5	
	1,7	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	3,4	
	1,6	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	3,3	
	1,5	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2	
	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	3,2	
1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1		
1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	3,0		
1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	3,0		
1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,9		
0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,8		
0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,8		
0,7	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,7		
0,6	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,6		
0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	2,5		
<b>Zwei-scheiben oder Dreischeiden-Isolier-Verglasung</b>	3,3	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	4,1	
	3,2	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	4,0	
	3,1	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,9	
	3,0	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,8	
	2,9	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,7	
	2,8	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,7	
	2,7	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,6	
2,6	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,6	2,7	2,9	2,9	3,0	3,5	

## zukunfts haus

Energie sparen. Wert gewinnen.

Rahmenanteil bis 20%	2,5	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5	2,8	2,8	2,9	3,4
	2,4	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	2,7	2,8	2,8	3,3
	2,3	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,6	2,7	2,8	3,3
	2,2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,5	2,6	2,7	3,2
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,2	2,4	2,5	2,6	3,1
	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,5	2,5	3,0
	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,9
	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,9
	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,7
	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,5
	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,5
	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,4
	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	2,2
	0,8	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	2,1
	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	2,1
	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,9	

Sofern alle Berechnungsanteile ermittelt sind, wird über die für das entsprechende Fenstersystem zutreffende Berechnungsgleichung der  $U_w$ -Wert des Fensters ermittelt:

### Einfachfenster:

- ohne opake Füllung

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$

- mit opaker Füllung

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_p U_p + A_f U_f + I_g \Psi_g + I_p \Psi_p}{A_g + A_p + A_f}$$

### Kastenfenster (bzw. Doppelfenster):

$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{w2}}} \quad \text{mit} \quad U_{w1} \text{ bzw. } U_{w2} \text{ wie beim Einfachfenster}$$

Verbundfenster:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \Psi_g}{A_g + A_f} \quad \text{mit} \quad U_g = \frac{1}{\frac{1}{U_{g1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{g2}}}$$

**Berücksichtigung des äußeren Abschlusses:**

Für Fenster mit außenliegenden Rollläden bzw. Flügelementen wird der Wärmedurchlasswiderstand abhängig von Typ und Luftdurchlässigkeit des jeweiligen Systems erhöht -  $\Delta R$ .

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R}$$