Quo Vadis, Isolierglas ?

Pro und Contra 3-fach-Isolierglas im Wintergarten

Jahrestagung Fachverband Wohn-Wintergarten e.V.

Pforzheim, 24./25. April 2008

Martin Reick

Flachglas MarkenKreis GmbH, Gelsenkirchen

FLACHGLAS MARKENKREIS

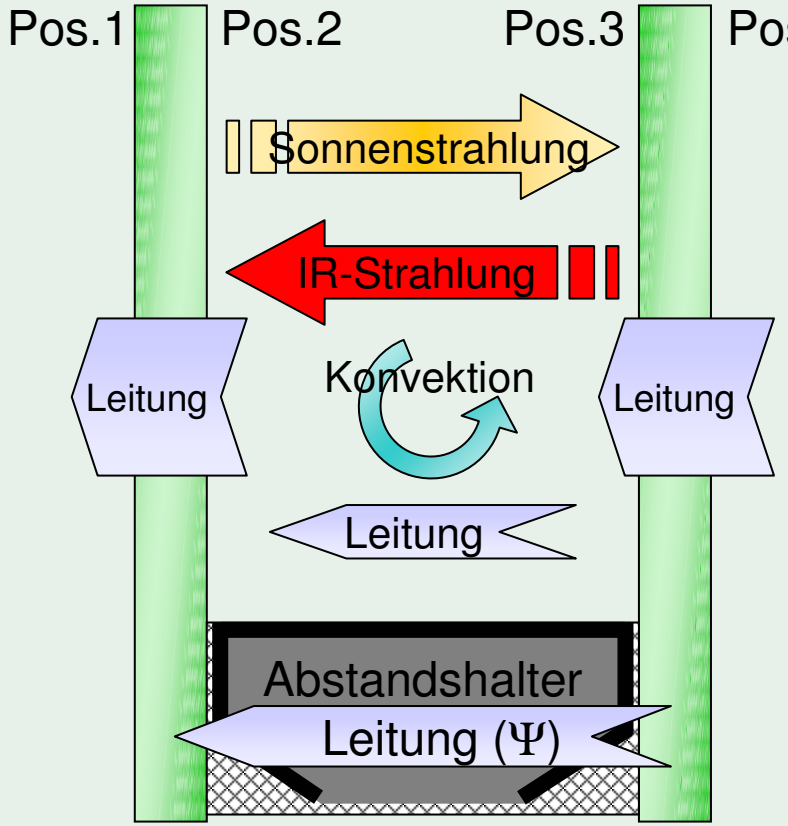
INFRASTOP® INFRACLAD® INFRACOLOR® DELOGCOLOR® THERMOPLUS® PHONSTOP® ALLSTOP® DELODUR® SIGLA®

Inhalt

- Grundlagen 2-fach-Isolierglas
- Verbesserung der Wärmedämmung von 2-fach-Isolierglas
- Stand der Technik von 2-fach-Isolierglas
- Zukünftige Anforderungen der EnEV 2009
- Weitere Verbesserung von Isolierglas
- Stand der Technik von 3-fach-Isolierglas
- Pro und Contra
- Wärmebilanz
- Fazit

Grundlagen – 2-fach-Isolierglas

Wärmetransportmechanismen im SZR von 2-fach-Isolierverglasung



unbeschichtet
mit Luftfüllung:
$U_g \approx 3$ W/m²K
$g \approx 75\%$

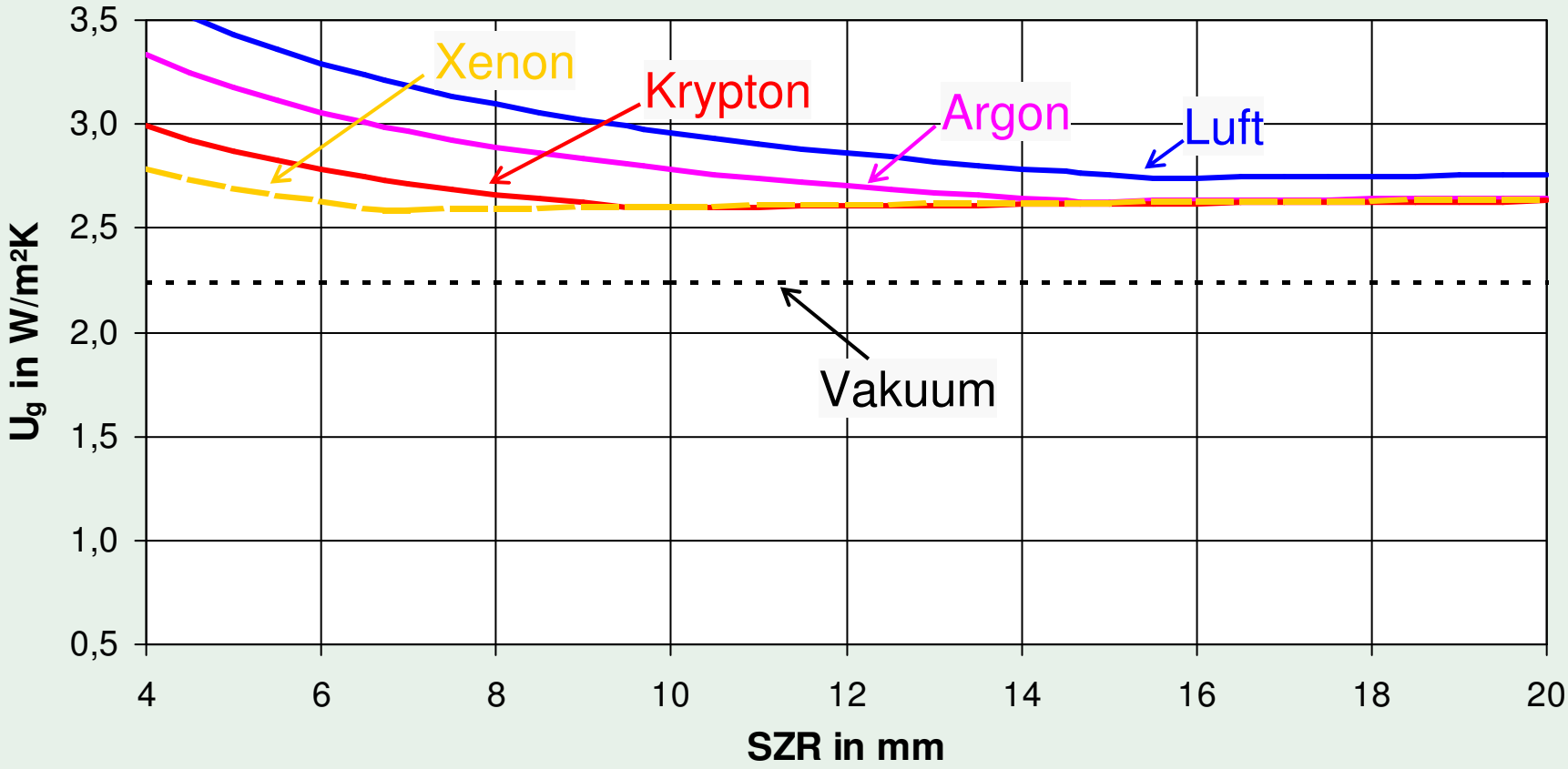
Verbesserung von 2-fach-Isolierglas

- Verminderung der Wärmeleitung und Konvektion im SZR
  - Füllgas mit schlechter Wärmleitung (ideal: Vakuum)
  - Füllgas mit großer Zähigkeit
- Verminderung der Wärmestrahlung
  - Beschichtung mit niedriger Emissivität
- Verminderung der Wärmeleitung am Rand
  - thermisch verbesserter Abstandshalter (warme Kante)

Am Sinnvollsten: Kombination aus allen Maßnahmen

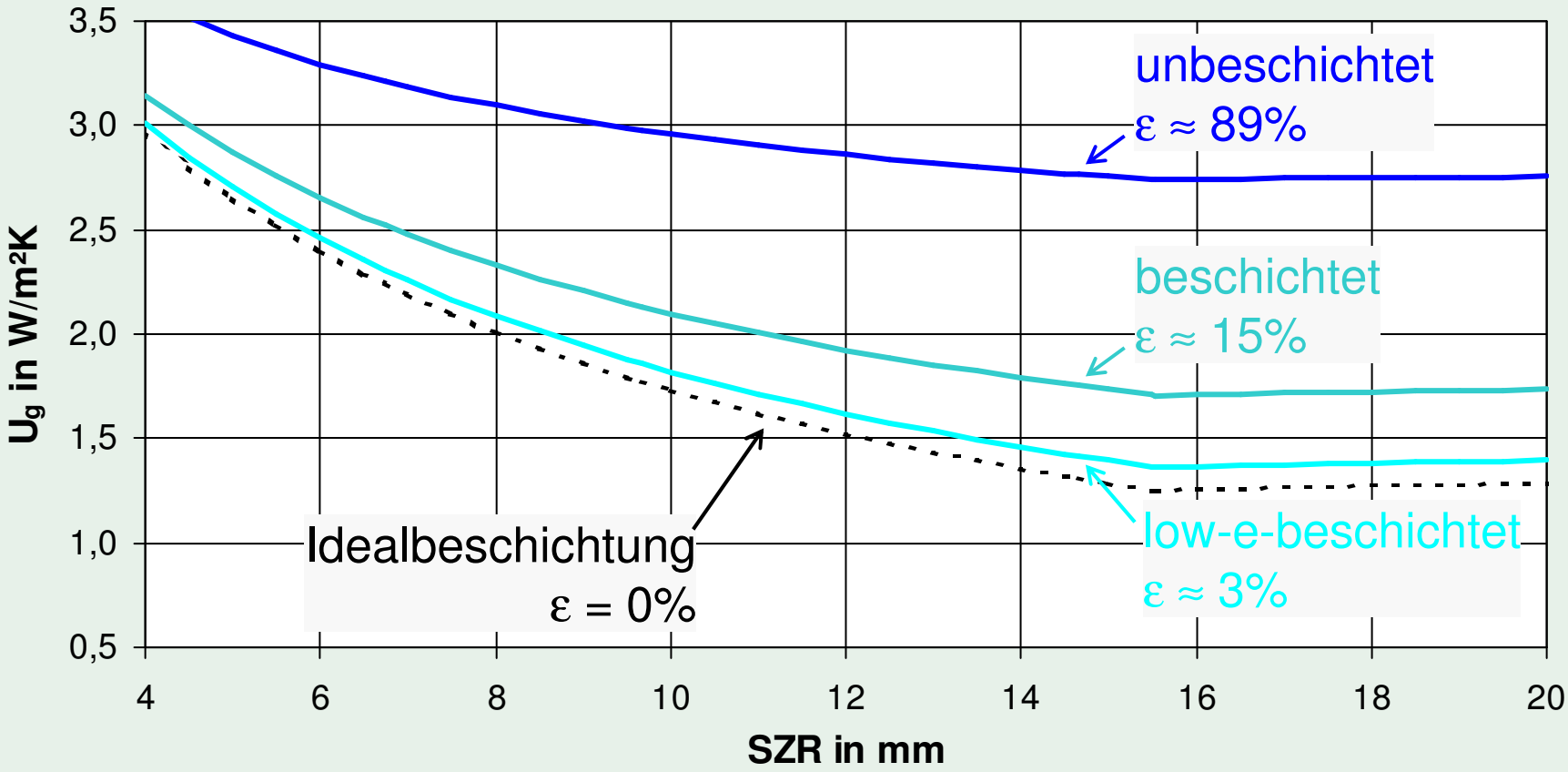
Verminderung von Leitung und Konvektion im SZR

2IG, 4-SZR-4, Einfluss von Füllgas und SZR auf U_g



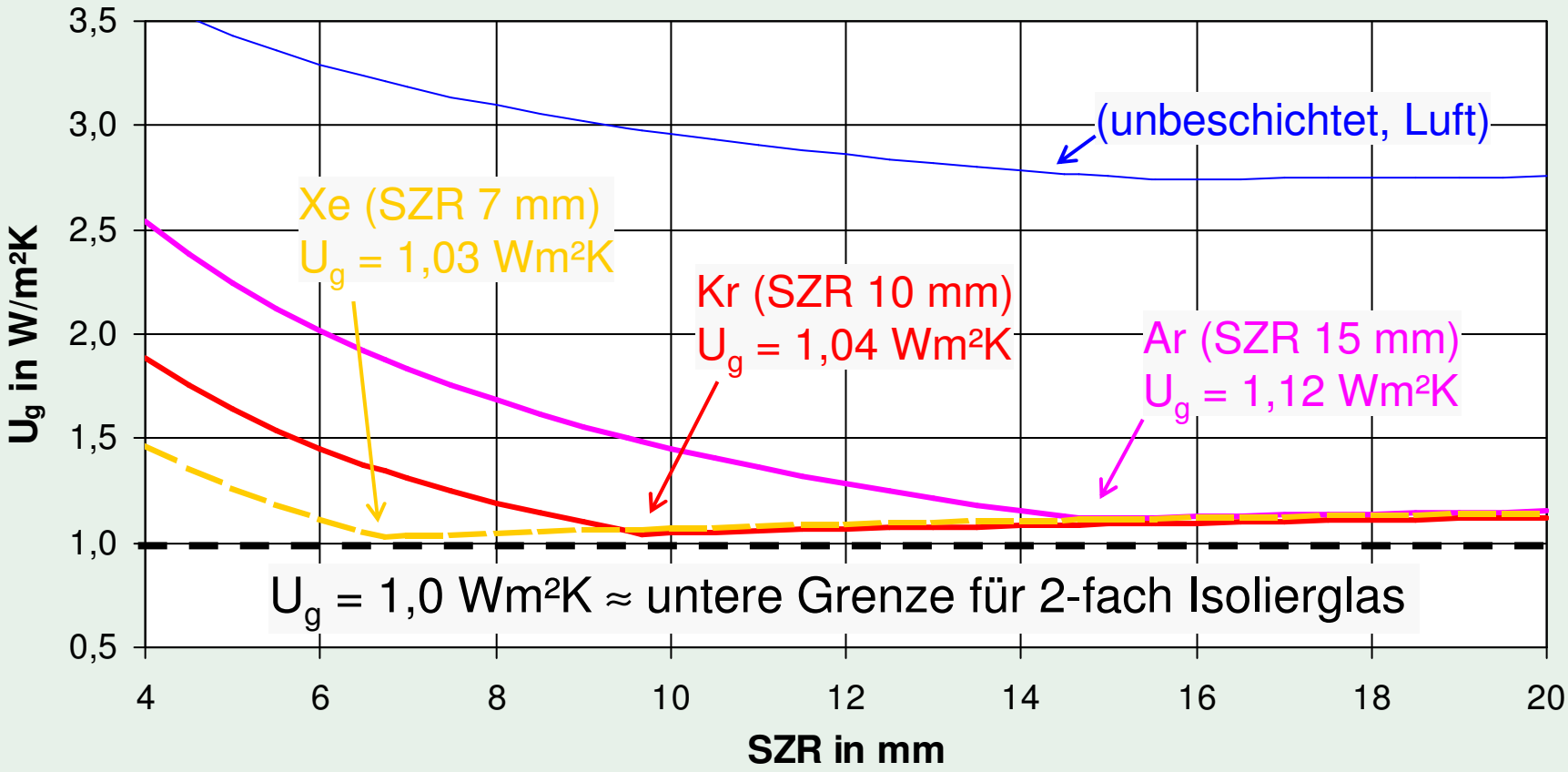
Verminderung der Wärmestrahlung

2IG, beschichtet, luftgefüllt, 4(SZR)4, Einfluss der Beschichtung auf U_g



U_g-Werte heutiger 2-fach-Isoliergläser

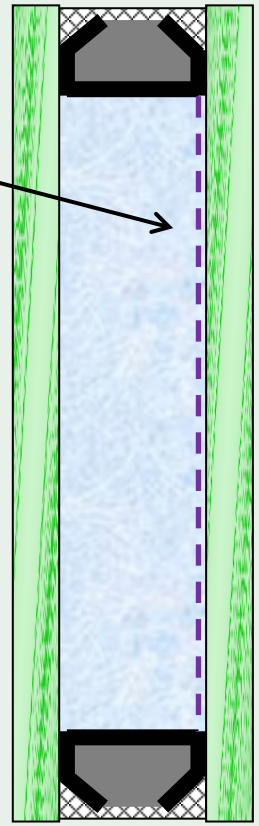
2IG, low-e-beschichtet, 4(SZR)4, Edelgasfüllung



Stand der Technik 2-fach-Wärmedämmglas

Standard-Wärmedämmglas THERMOPLUS® S3

low-e-Beschichtung auf Pos. 3



U_g = 1,1 W/m²K 4(16)4 mit Argon

U_g = 1,0 W/m²K 4(10)4 mit Krypton

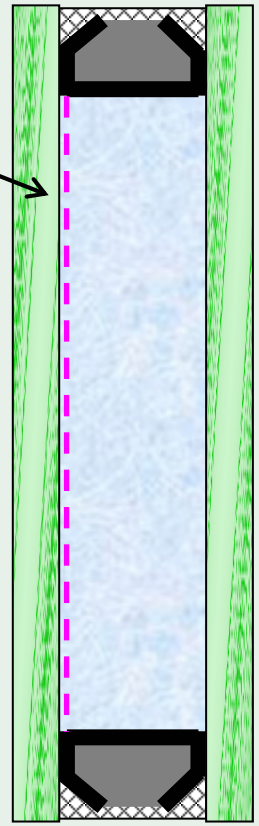
g = 61%

T_L = 80%

Stand der Technik 2-fach-Sonnenschutzglas

Standard-Sonnenschutzglas INFRASTOP®

Sonnenschutz-Beschichtung auf Pos. 2



U_g = 1,1 W/m²K 6(16)4 mit Argon

g = 19 .. 43%

T_L = 30 .. 71%

Stand der Technik - Abstandshalter

Thermisch verbesserter Abstandshalter

z.B. Edelstahl-hülle für Gas-dichtheit, Kern aus Polypropylen

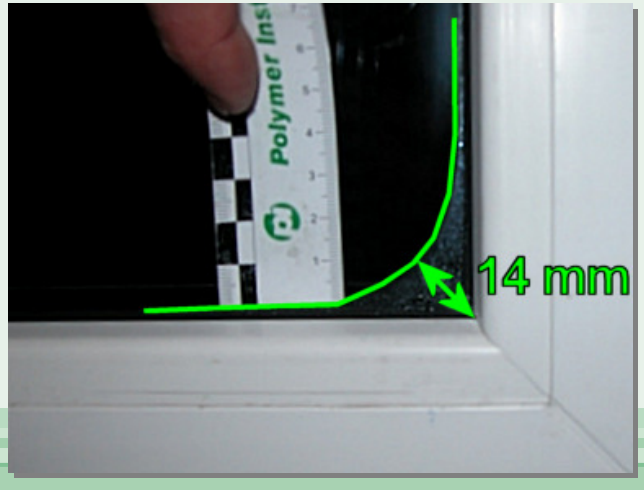
Messung bei hoher Raumluft-feuchtigkeit (20°C, ≥ 75% rel.F.)

Verglasung mit herkömmlichem Aluminiumabstandshalter:

Tauwasserausfall in der Ecke und unten über die gesamte Breite

Verglasung mit thermisch verbessertem Abstandhalter:

geringer Tauwasserausfall nur in der Ecke



Heutige Anforderung der EnEV bei Erneuerung

Stand 02/2002 bis 10/2007

Tabelle 1 — **EnEV 2007 Anlage 3**

Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten
bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen ≥ 19 °C maximaler Wä… U_{max}	Zonen von Nichtwohngebäuden mit …nentemperaturen von 12 bis < 19 °C …gskoeffizient … · K)
	1	2	3	4
2 a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,7 [2)]	2,8 [2)]
b	Verglasungen	Nr. 2 c	1,5 [3)]	…ne Anforderung
c	Vorhangfassaden	allgemein	1,9 [4)]	3,0 [4)]

1,7

1,5

1,9

FLACHGLAS MARKENKREIS

INFRASTOP® INFRACLAD® INFRACOLOR® DELOGCOLOR® THERMOPLUS® PHONSTOP® ALLSTOP® DELODUR® SIGLA®

Zukünftige Anforderung der EnEV 2009

Stand 04/2008

EnEV 2009
Anlage 3
Maas 4/08

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen ≥ 19°C maximaler Wärmedu	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis < 19°C koeffizient U_{max} [1] in
	1	2	3	4
2.1	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,3 [2]	1,9 [2]
2.2	Verglasungen	Nr. 2 c	1,1 [3]	keine Anforderung
2.3	Vorhangfassaden Erstmaliger Einbau	Nr. 6 Satz 1 Buchstabe a	1,4 [4]	1,9 [4]
2.4	Vorhangfassaden Ersatz der Füllung	Nr. 6 Satz 1 Buchstabe b	1,9	keine Anforderung

1,3

1,4

Zusammenwirkung Glas, Abstandshalter, Rahmen

(Vereinfachung der EN13947-Formel für U_{CW} zu ISO10077-Formel für U_W sei zulässig)

DIN EN ISO 10077-1 (2006-12), Anhang F, Tabelle F.4: Wärmedurchgangskoeffizienten für vertikale Fenster mit einem Flächenanteil des Rahmens von 20% an der Gesamtfensterfläche und mit wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern

Art der Verglasung	U_g W/m²K	U_f W/m²K												
		Holz- oder PVC-Rahmen							wärmetechnisch getrennte Metallrahmen					Metall
		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
2IG	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

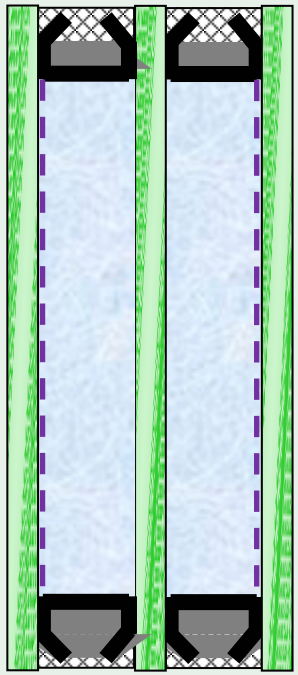
Weitere Verbesserung von Isolierglas

- Verminderung von Wärmeleitung und Konvektion
  - Füllgas optimiert, thermisch verbesserter Abstandshalter

  → keine spürbare Verminderung mehr zu erwarten
- Verminderung der Wärmestrahlung
  - Emissivität optimiert

  → keine spürbare Verminderung mehr zu erwarten
- weitere Verminderung der Konvektion im SZR
  - mehrere kleine Scheibenzwischenräume statt eines großen

  → 3-fach-Isolierglas (KlimaschutzGlas)



... eigentlich eine altbewährte Technik ...

3-fach-Verglasungen seit mindestens 30 Jahren bekannt

Verordnung
über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden
(Wärmeschutzverordnung — WärmeschutzV)

Vom 11. August 1977

Tabelle 3 — Wärmedurchgangskoeffizient k_F für Fenster u
keit von der Verglasung und dem Rahmenmater

Zeile	Verglasung	Wärmedur k_F in W/m	
		Rahmer	
		1 (z. B. Holzfenster, Kunststoffenster [PVC], Holzkombinationen) $\lambda < 0{,}35 \frac{W}{m \cdot K}$	ge niu $\lambda \approx 0$
1	Isolierverglasung 6 mm Luftzwischenraum	3,3 (2,8)	
2	Isolierverglasung [1]) 12 mm Luftzwischenraum	3,0 (2,6)	
3	3fach-Verglasung [1]) mit 2 × 12 mm Luftzwischenraum	1,9 (1,6)	

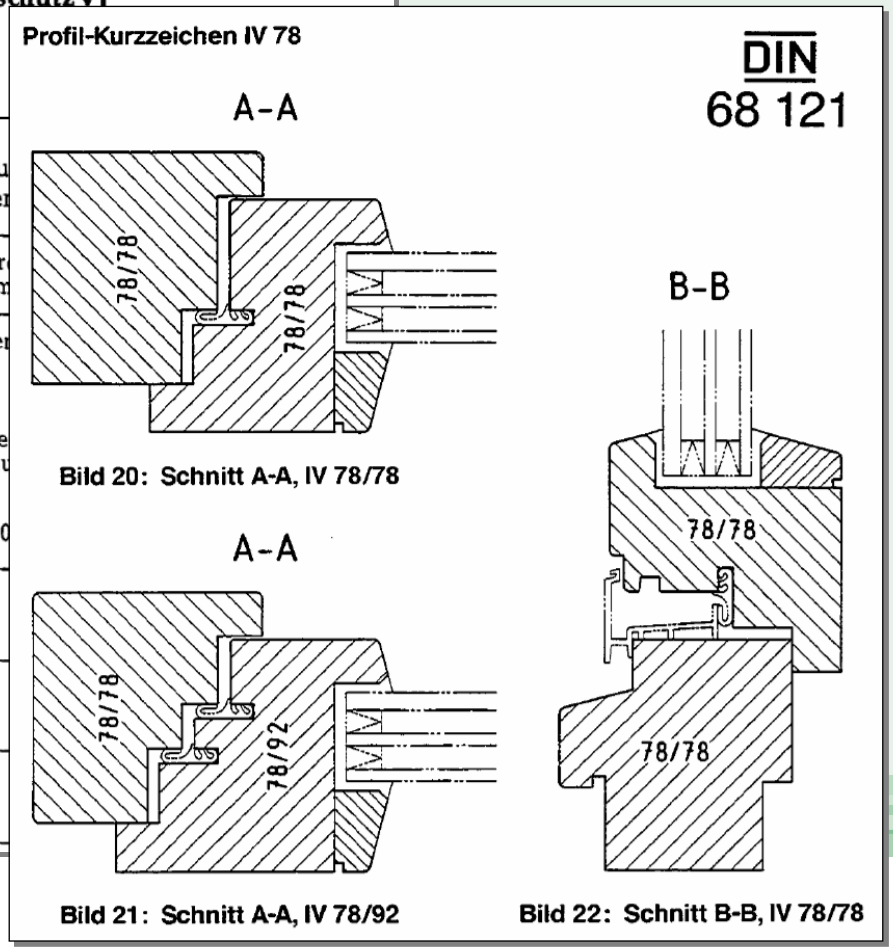


Bild 20: Schnitt A-A, IV 78/78

Bild 21: Schnitt A-A, IV 78/92

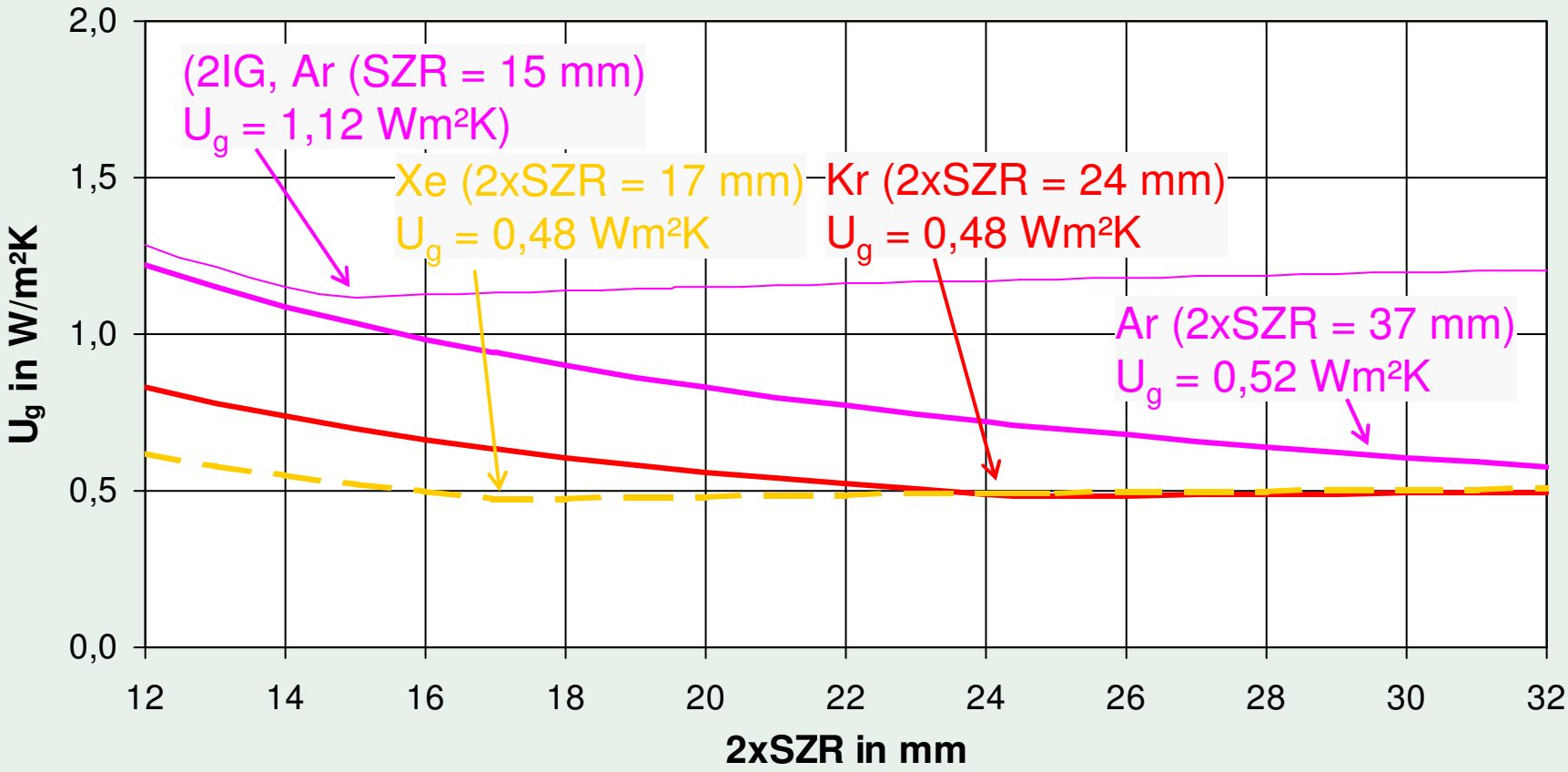
Bild 22: Schnitt B-B, IV 78/78

FLACHGLAS MARKENKREIS

INFRASTOP® INFRACLAD® INFRACOLOR® DELOGCOLOR® THERMOPLUS® PHONSTOP® ALLSTOP® DELODUR® SIGLA®

U_g-Werte heutiger 3-fach-Isoliergläser

3IG, low-e-beschichtet, 4-SZR-4-SZR-4, Edelgasfüllung



FLACHGLAS MARKENKREIS

INFRASTOP® INFRACLAD® INFRACOLOR® DELOGCOLOR® THERMOPLUS® PHONSTOP® ALLSTOP® DELODUR® SIGLA®

Stand der Technik 3-fach-Wärmedämmglas

KlimaschutzGlas THERMOPLUS® III S3

Beschichtungen auf Posn. 2+5

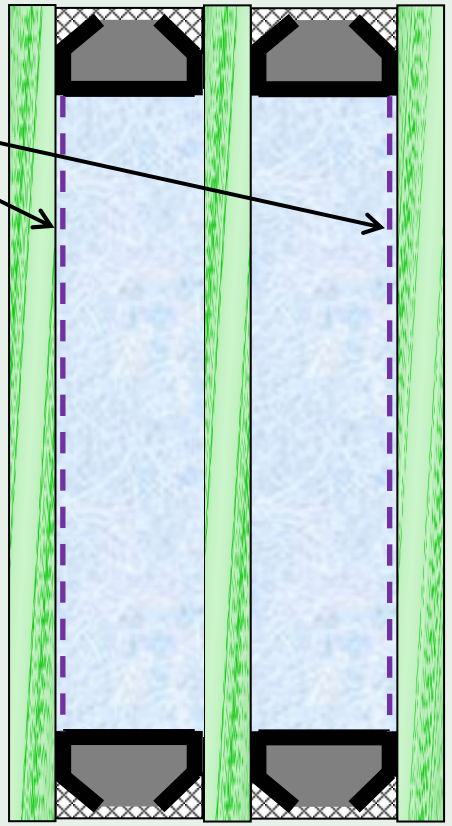
U_g = 0,5 .. 0,7 W/m²K

4(8)4(8)4 .. 4(14)4(14)4

Argon- oder Krypton-Füllung

g = 50%

T_L = 71%



Stand der Technik 3-fach- Sonnenschutzglas

KlimaschutzGlas INFRASTOP® III

Beschichtungen auf Posn. 2+5

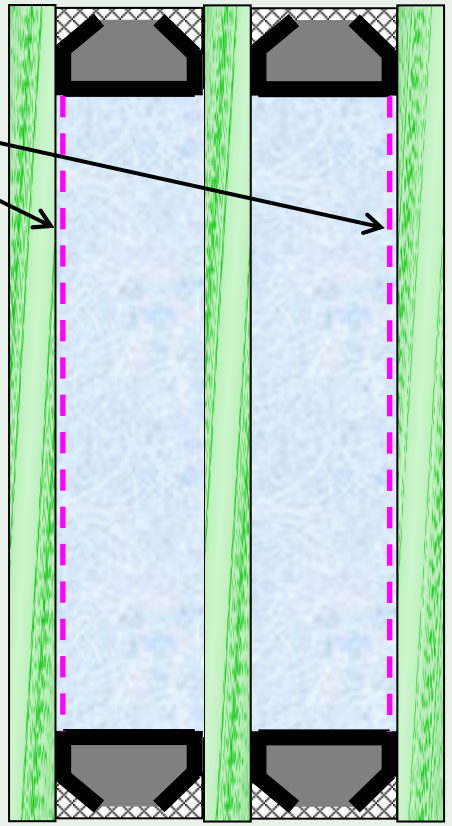
U_g = 0,5 .. 0,7 W/m²K

6(8)4(8)4 .. 6(14)4(14)4

Argon- oder Krypton-Füllung

g = 16 .. 39%

T_L = 27 .. 63%



Pro und Contra – Dicke, Gewicht

- größere Gesamtdicke wg. zweitem SZR und dritter Scheibe
  - zusätzlich 12 .. 18 mm
- kompliziertere Statik wg. größerer Klimalast und dritter Scheibe
  - manche Statik-Software ist überfordert
- z.T. größere Gesamtglasdicke erforderlich, höheres Glasgewicht

  Beispiel: Überkopfverglasung, 3m lang, 25°, Schneezone 2

Stützweite	Gesamtglasdicke in mm		
m	1fach	2IG	3IG
1,0	10	20	28
1,0	10	20	22
1,2	12	26	24
1,2	12	26	24

Pro und Contra - Außenkondensat

Außenscheibe u.U. morgens kälter als Außenluft → Tauwasser außen
Effekt genauso wenig vermeidbar wie Morgentau auf Pflanzen, außer durch „Wegheizen“, daher für Passivhaus-Institut: Zeichen für Qualität

mögliche Abhilfe:

Pilkington Activ™

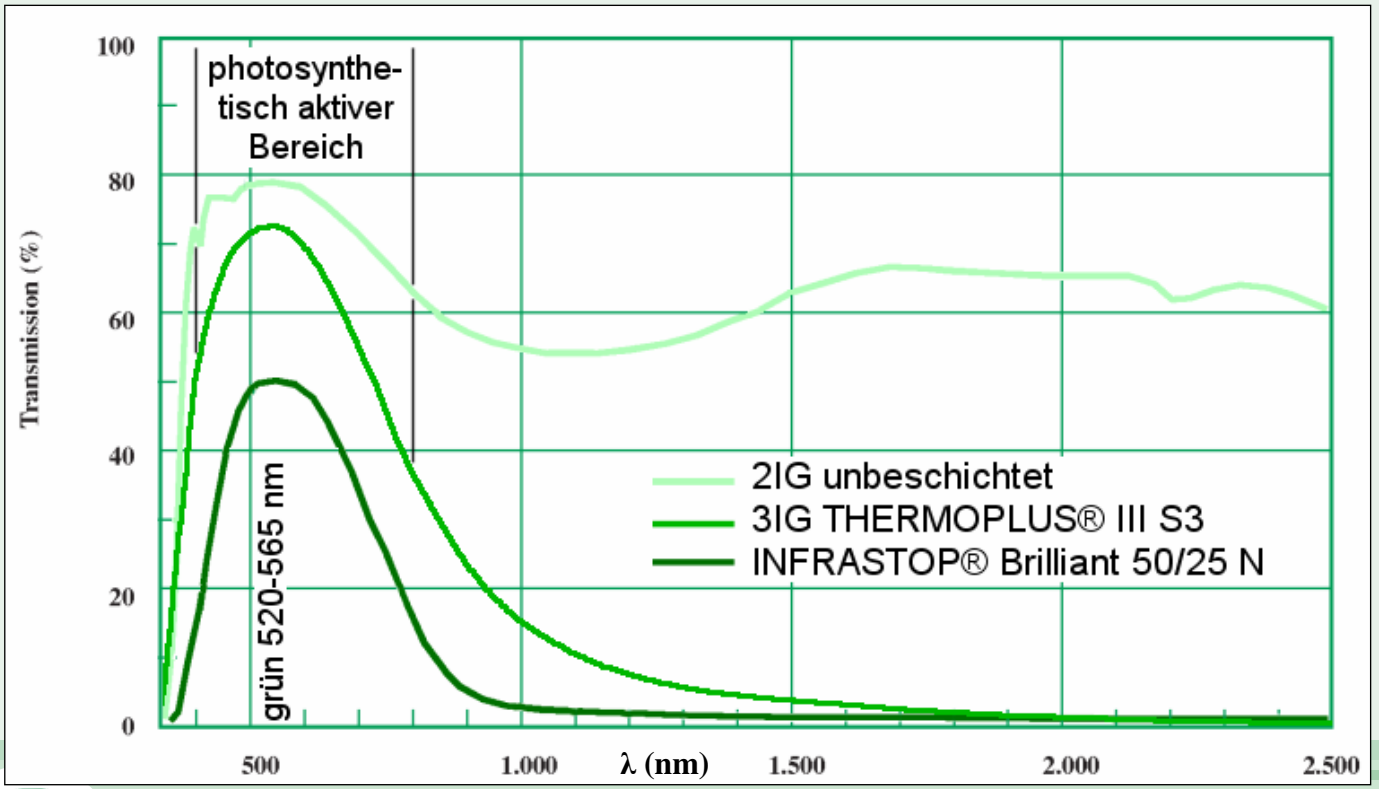
selbstreinigende Beschichtung

bewirkt Bildung eines Wasserfilms anstatt eines Tröpfchenteppichs

Pro und Contra - Lichtdurchlässigkeit

T_L = 71 statt 80%, Einfluss auf Pflanzenwachstum hinter MIG ?

„…für die Photosynthese nutzbar ist also nur das sichtbare Licht mit einem Wellenlängenbereich von 380 – 780 nm …“ (Prof. Bennert, RUB, Botanik)



Pro und Contra - Überhitzung

Änderung des Wintergartenklimas wg. niedrigem U_g-Wert von 3IG ?

Was ist im Wohn-Wintergarten sinvoller:

Wärmedämmglas zur Nutzung solarer Gewinne

oder

Sonnenschutzglas zur Vermeidung von Überhitzungen ?

→ Modell von Keller/Magyari (Bauphysik 2006, Heft 5, S. 321)

Wärmebilanz eines Raums

„Badewasserbilanz“:

zufließende minus abfließende Wassermenge bestimmt Wasserpegel

Wärmebilanz eines Raums:

zufließende minus abfließende Wärmemenge bestimmt Raumtemperatur

$$GI_{sol} + P_{intS} + P_{HVAC} - K(\vartheta_i - \vartheta_e) = \frac{dQ_{Room}}{dt}$$

nach Umformung und Vereinfachung ...

$$\vartheta_i + \tau\frac{d\vartheta_i}{dt} = \vartheta_e + \gamma I_{sol}$$

Innentemperatur und -änderung

Zeitkonstante = thermische Trägheit des Raums

Außentemperatur

Gewinn-zu-Verlust-Faktor = Verhältnis solarer Wärmegewinne zu gesamten Wärmeverlusten des Raums

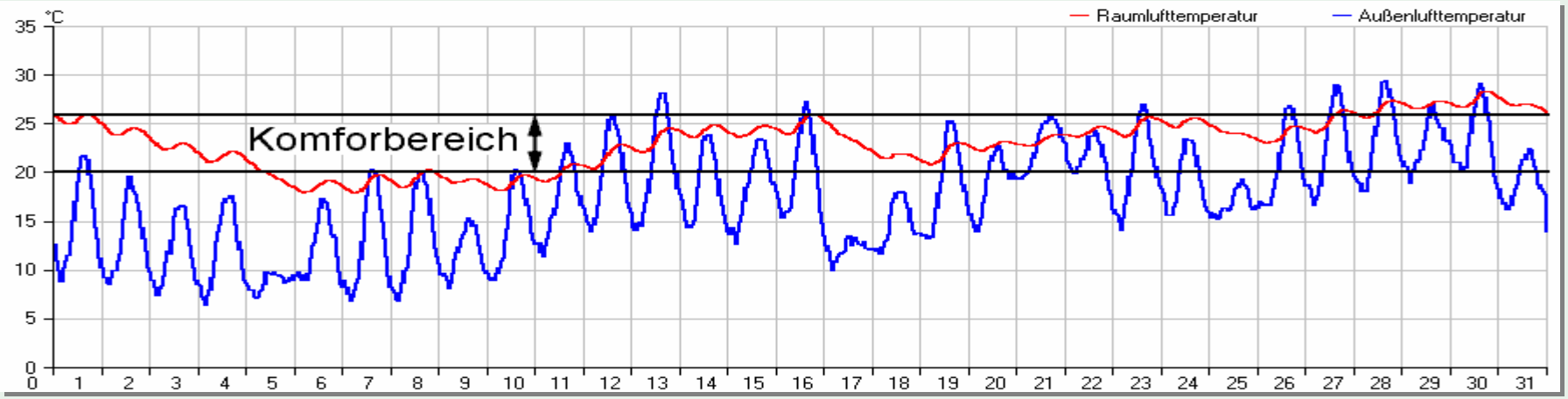
Sonnenstrahlungsintensität

Nullenergiestunden

Lösung der Differentialgleichung liefert Innentemperatur in Abh. von

- Außentemperatur
- Sonnenstrahlungsintensität
- Zeitkonstante (thermische Trägheit des Raums)
- Gewinn-zu-Verlust-Faktor

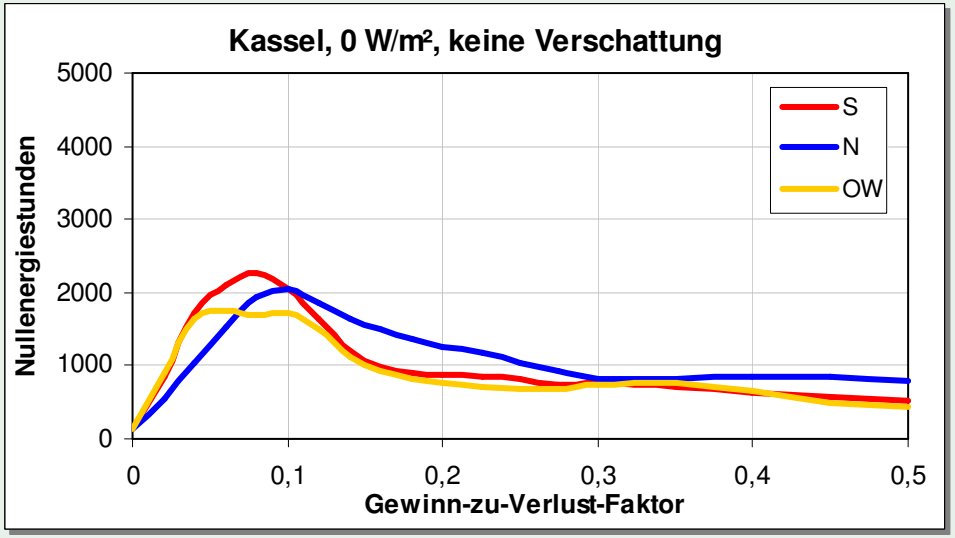
wird im Folgenden vernachlässigt wg. „geringer Masse“ von Wintergartenkonstruktionen

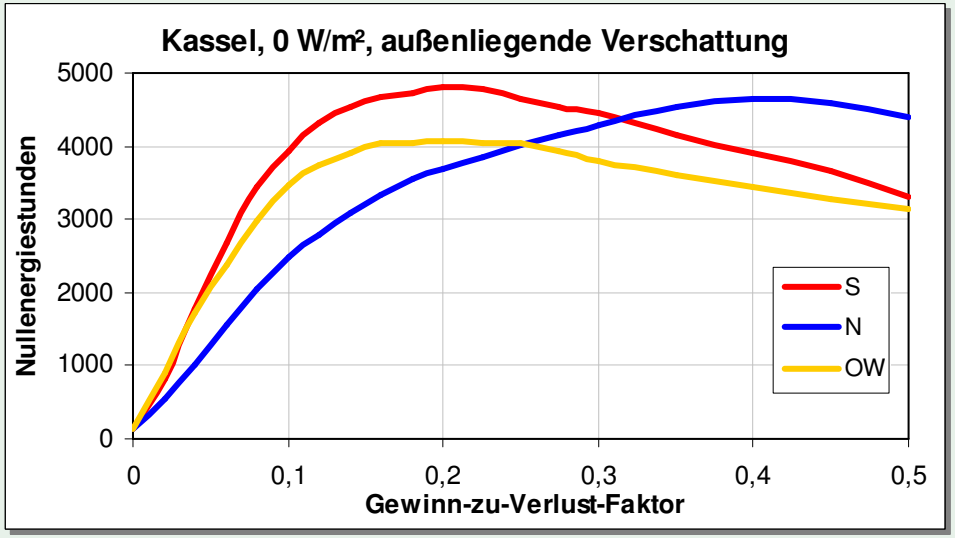


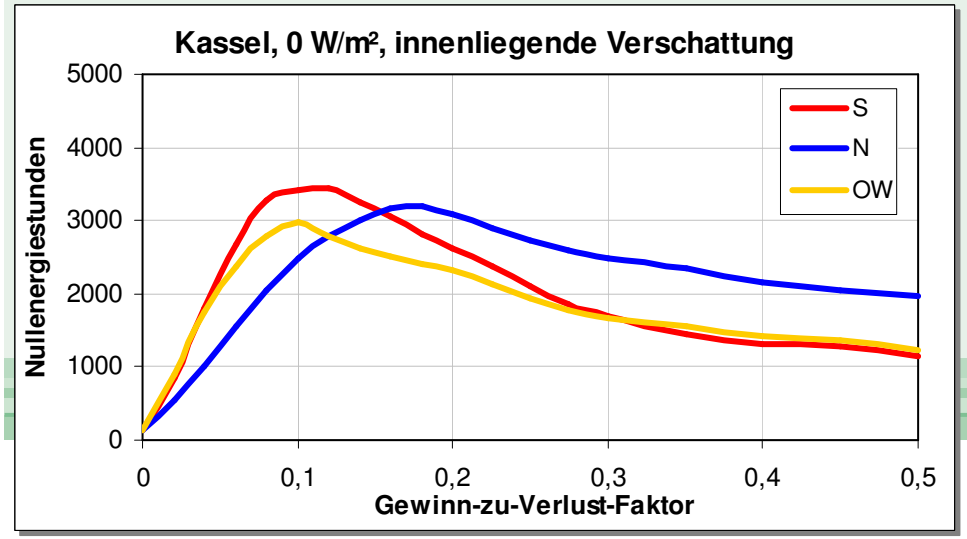
Nullenergiestunden = Anzahl der Stunden im Jahr, in denen die Innentemperatur **ohne** Heizen/Kühlen im Komfortbereich (20 .. 26 °C) liegt.

Beispiel: Nullenergiestunden von Kassel

Parameter: Orientierung, Verschattung (keine, innen-, außenliegend)







Für jeden Standort, Raumorientierung und Verschattung gibt es ein Optimum.

Ideal: Gewinn-zu-Verlust-Faktor der Raumhülle liegt beim Nullenergiestundenmaximum → Planungsaufgabe

Planung der Raumhülle

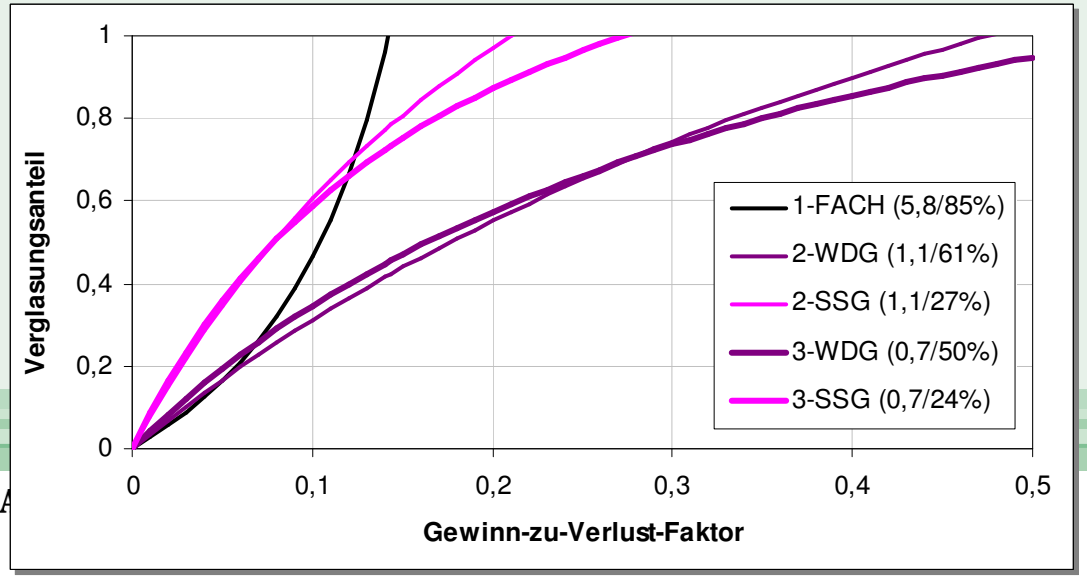
Gewinn-zu-Verlust-Faktor eines Raums wird größer, wenn

- mehr Sonnenstrahlungsenergie in den Raum gelangt (g, A_g/A_{ges})
- weniger Wärme verloren geht (U_f, A_f, U_g, A_g, V, n)

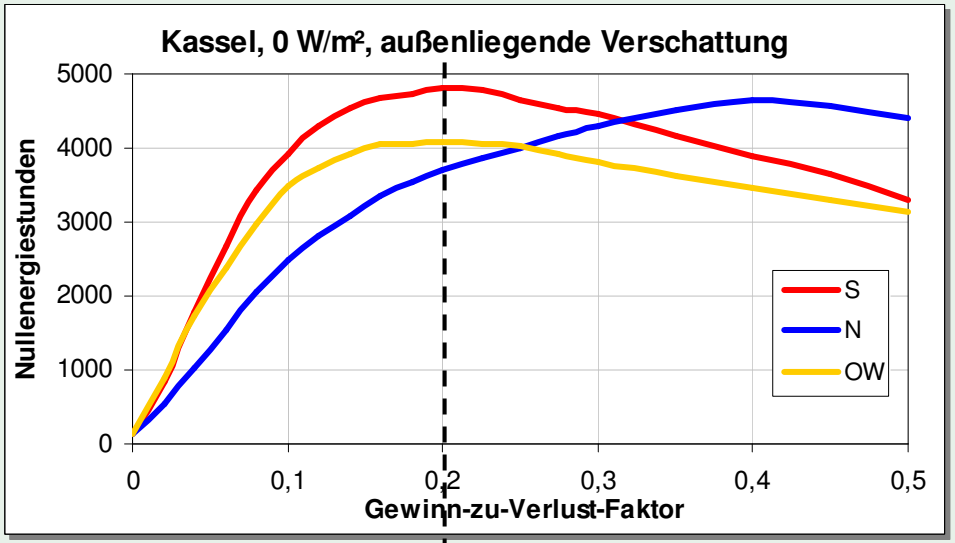
Für jeden Raum gibt es eine raumspezifische Abhängigkeit zwischen diesen thermischen Eigenschaften

z.B.: A_{gr} = 25 m², V = 75 m³, A_{ges} = 70 m², U_f = 2,0 Wm²K, n = 0,5 h^{-1}

Verglasungsanteil A_g/A_{ges} in Abhängigkeit des Gewinn-zu-Verlust-Faktors, Parameter: Verglasungsqualität g, U_g



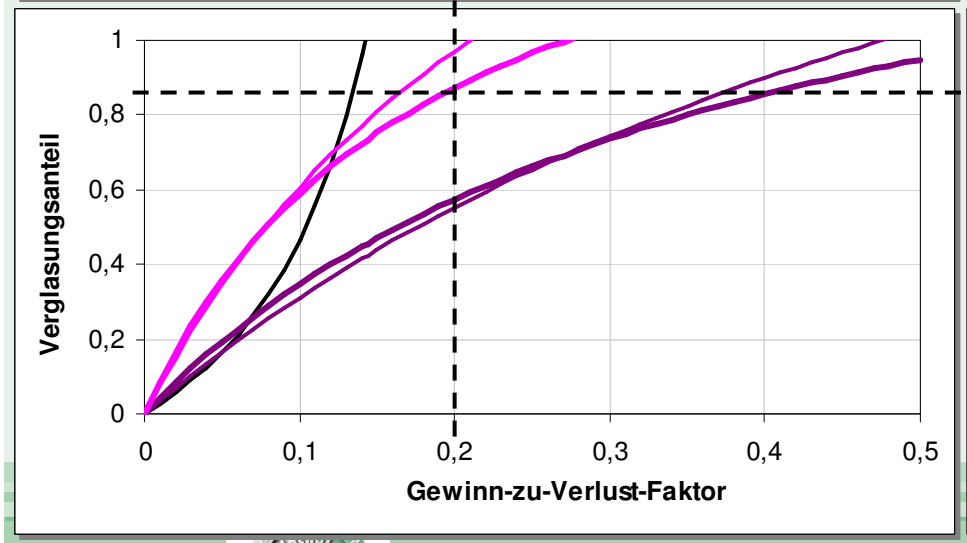
Planungsbeispiel

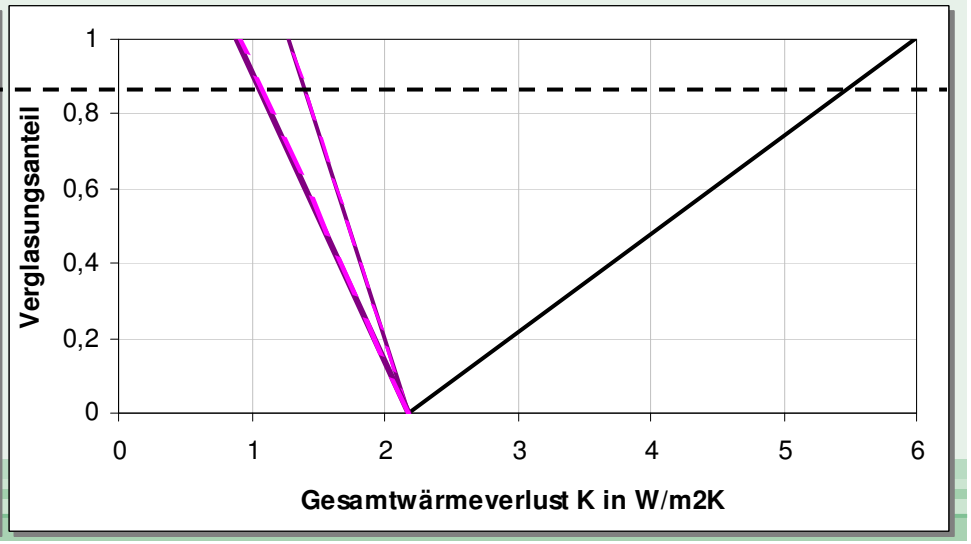


gleicher Raum wie zuvor, Kassel, Süd, außenliegende Verschattung, Verglasungsanteil 85%: Welches Glas?

Optimum mit 3-fach-Sonnenschutzglas weil zugleich

- Maximum der Nullenergiestunden
- Minimum der Gesamtwärmeverluste





Fazit

- U_g-Wert von 2-fach-Isolierglas ist nicht weiter optimierbar
- Zukünftige EnEV wird sehr niedrige U_g-Werte verlangen
- Anforderungen der EnEV an Vorhangfassaden können wg. großen Rahmeneinflusses nicht mehr mit 2-fach-Isolierglas erfüllt werden
- mit 3-fach-Isolierglas sind U_g-Werte bis hinab zu 0,5 realisierbar
- Nachteile des 3-fach-Isolierglases:
  - größere Verglasungsdicke, höheres Gewicht
  - kompliziertere Glasbemessung
  - Außenkondensat
- Vorteile des 3-fach-Isolierglases:
  - ist die einzigste Möglichkeit bei großen Glasflächen die EnEV-Anforderungen an Vorhangfassaden zu erfüllen
  - mit 3-fach Sonnenschutzglas ist Maximierung der Nullenergie-stunden bei Minimierung der Gesamtwärmeverluste möglich

... das kann mit 3IG nicht mehr passieren:

„Beheizte Wintergärten sind in keinem Fall das Ziel der Energie-einsparverordnung. Die Errichtung beheizter Glasanbauten sollte, insbesondere zur Vermeidung grober Energieverschwendung, nur mit optimierten Produkten erfolgen. Im Sinne der Energie-einsparung sind unbeheizte Glasvorbauten vorzuziehen.“

(Dr. Justus Achelis, DIBt, Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung, 2002)

denn

3-fach-Isolierglas ist ein optimiertes Produkt!

Ende des Vortrags

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FLACHGLAS MARKENKREIS

INFRASTOP® INFRACLAD® INFRACOLOR® DELOGCOLOR® THERMOPLUS® PHONSTOP® ALLSTOP® DELODUR® SIGLA®