

Wer k sagt, muß auch g sagen!

oder

Vor dem Gesetz sind alle (fast) gleich!

Betrachtungen eines vom k-Wert-Fetischismus genervten Fensterbauers mit verblüffenden Resultaten

Der „Andere“; das ist immer der böse Mitbewerber, bietet 1,1er Glas zum gleichen Preis!

Oder noch besser: Viel billiger als das von uns angebotene 1,3er Glas. Welcher Fensterbauer hat diesen Satz im Verhandlungsgespräch noch nicht gehört?

Geht man mal davon aus, daß wir - wie so viele vernünftige und korrekte Fensterbauer „nur“ ein 1,3er Glas angeboten haben, dann sehen wir zunächst halt sehr alt aus!

Denn die Milchmädchenrechnung 1,1 zu 1,3 = 0,85 = 15% Energieeinsparung, die geht nicht nur jedem Laien, sondern leider auch vielen „Fachleuten“ runter wie Öl!

Und wer hat nicht schon gerne 15% Energieeinsparung so ganz gratis nebenbei?

Er vermutet dadurch einen Mords-Reibach für sich selbst und sonnt sich ganz nebenbei noch in dem Gefühl, damit umweltbewußt ressourcen schonend und "ozonloch-vermindernd" gehandelt zu haben.

¹ Dipl.-Ing. Gerd Drum, geb. 24. 7. 1941, nach Ausbildung und Studium über 21 Jahre als Technischer Berater eines führenden Systemgebers für Kunststoffenster tätig, seit 9 Jahren Geschäftsführer der Firma Roschy-Fensterbau GmbH, Waldfishbach, mit 100 Mitarbeitern, Schwerpunkt Objektschäft.

Die Energiespar-Masche

Nach dem Motto, daß sich Vorgenanntes gut und schnell verkaufen läßt, werden dann von smarten Verkäufern sog. *Niedrigenergiehäuser* bis *Passivenergiehäuser* verkauft mit Angaben über Glas oder gar Fenster mit k-Werten von 0,9 bis 1,1. Selbstverständlich kalkuliert auf der Basis des normalen- oder -fast normalen- Fensterpreises, weil der derzeit sehr gequälte Markt nichts anderes zuläßt. Unwissende oder auch

sehr berechnende Fensterbauer sagen dazu nur: alles kein Problem - machen wir.

Preis keine Frage - wo bleibt der Auftrag? Es wird alles zugesichert, weil in aller Regel kein Schwein mehr Danach fragt, und die liebe Seele hat Ruh - und der -gute- Fensterbauer das Nachsehen!

Nach dem Ü-Zeichen (siehe Klage Dipl.-Wi.Ing. Oberacker, GFF/April 99) fragt sowieso niemand! So manch einer müßte sich wohl auch vor einem Bekenntnis fürchten!

Die Erleuchtung

Wieder einmal in der Bredouille zwischen Ehrlichkeit und Mogeln, wollte der Verfasser es anläßlich einer Fachmesse einmal genauer wissen, was an den unterschiedlichen Gläsern eigentlich „dran“ ist, und er traf dabei auf einen wissenschaftlich versierten Mitarbeiter eines großen Isolierglasherstellers.

Der sagte frank und frei: Unter dem Strich betrachtet sind fast alle Varianten von Wärmeschutz-Isoliergläsern gleichwertig. Man kann lediglich an der Emissivität der sogenannten Low-E-Beschichtungen in gewissen Grenzen manövrieren, um mit einem zunächst angenehmen k-Wert zu glänzen (weiter fragt ja selten einer), aber in der Gesamtbetrachtung des Energiehaushaltes sind unter dem Strich alle gleich!

Wer „k“ sagt ... Was ist denn nun die Wahrheit?

Die populäre Reduzierung auf den reinen k-Wert könnte man profan auf den folgenden Vergleich reduzieren:

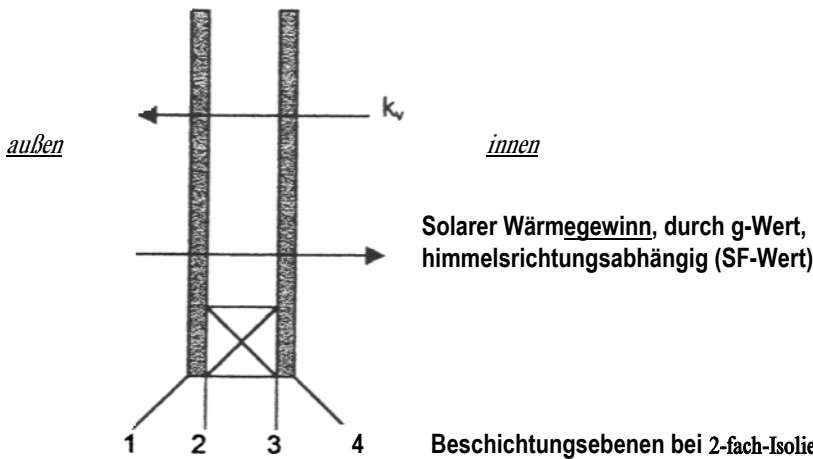
Man vergleicht den Spritverbrauch zweier Autos (z. B. 8,5l oder 10l) und vergißt dabei die Angabe, ob auf 50 oder 100 km. Ich weiß, der Vergleich hinkt ein wenig, aber nur ein wenig! Denn der **k-Wert** ist nur die halbe Miete.

Die heutzutage ausschließlich noch einsetzbaren Isoliergläser haben - um auf die Anforderungen der *Wärmeschutzverordnung* (Gesetz) zu kommen - immer eine *reflektierende Beschichtung*, in der Regel auf der Innenseite zum Scheibenzwischenraum (SZR) - genannt auch Low-E.¹

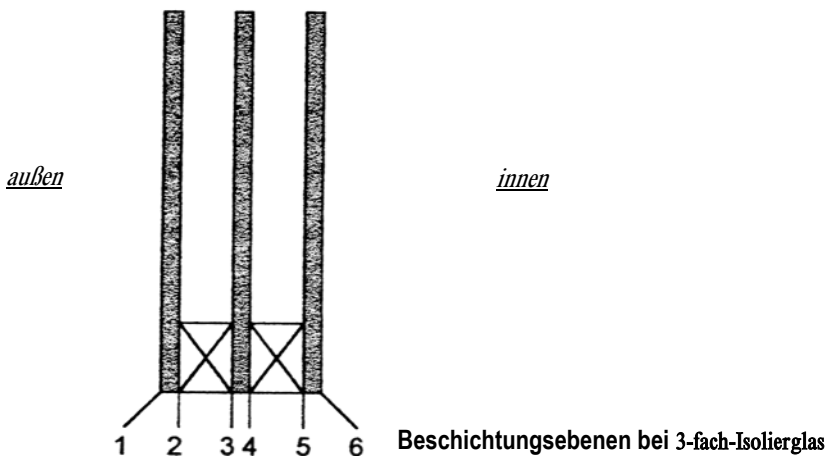
Diese Schicht (Edelmetalle) bewirkt einerseits, daß Wärme-Energie (erzeugt durch Raumheizung und sonstige Erzeuger) nicht nur nach außen *verloren geht*, sondern zu einem beachtlichen Teil durch die reflektierende Beschichtung des Glases wieder in den Raum *zurückkehrt*, also wieder energetisch genutzt wird (Abb.1).

Dadurch wurde z. B. der **k-Wert** eines (heute nicht mehr zulässigen) unbeschichteten Zweischeiben-Isolierglases (luftgefüllt) von 3,0 auf ca. 1,6 halbiert!¹ Mittels Ersatz der Luft im Scheibenzwischenraum durch das Edelgas Argon wurde bei gleicher Beschichtung der k-Wert des Glases nochmals von 1,6 auf 1,3 reduziert, um also nochmals fast 20%. Durch weitere "Optimierungen" des Emissionsvermögens der Beschichtung (s) von z. B. 0,07 auf 0,04 läßt sich der k-Wert weiter von 1,3 auf 1,2, also nochmal um ca. 7,5% reduzieren. Das Ganze läßt sich nach dem Motto: Je k-er umso besser dank findiger Wissenschaftler noch weiter trimmen:

Wärmeverlust durch reinen k-Wert



Gewinn- u. Verlustrechnung: $keq,F = kF - g \times SF$



Statt des Edelgases Argon füllt man das noch edlere Gas Krypton oder gar Xenon hinein und erreicht nochmalige Verbesserung z. B. von 1,2 auf 1,1, also um weitere ca. 8%, oder gar durch zweimalige Beschichtung, beide Gläser werden beschichtet, von 1,1 auf 1,0 nochmal um 9,6 verbessert.

Und wem es damit noch nicht reicht: Dem bietet man Dreifachgläser an - dort geht's dann runter bis auf

Aber:

... muß auch „g“ sagen!

Wie gesagt: Zum Spritverbrauch gehört auch die km-Angabe! Denn die genauso wichtige z. Größe zur Beurteilung der Energie-Bilanz ist der sog. g-Wert (Gesamt-Energiedurchlaßgrad der Verglasung). Er ist keine Erfindung irgendwel

cher geschäftstüchtiger Glas- oder Fensterleute, sondern die seit Jahr und Tag wissenschaftlich abgesicherte und nach DIN 4108 bzw. WSWO (Wärmeschutzverordnung) angewendete Größe, die besagt, *wieviele Sonnen-Energie* von außen durch das Glas in den Raum hineinkommt!

Jetzt wird man sagen: ja, wenn die Sonne scheint ...

Nein: Der g-Wert erfaßt über die Heizperiode gemittelt jeglichen Energie-Gewinn - auch bei diffusem Licht, bei Regen usw. Sein Effekt wird entweder als "gesonderte Ermittlung der nutzbaren solaren Wärmeenergiegewinne" berechnet oder aber, das Endresultat ist dasselbe, mittels *„äquivalentem Wärmedurchgangskoeffizienten keq,F ermittelt* nach der Formel:

$$keq,F = kF - g \cdot SF$$

Damit habe ich dem Thema k-Wert Gesamtfenster bereits etwas vorgegriffen. Hier taucht dann noch eine weitere Größe auf: SF, das ist der

Koeffizient für solare Energiegewinne. Der aber ist je nach Himmelsrichtung unterschiedlich:

| | |
|-------------------------------|-----------|
| Südorientierung des Fensters: | SF = 2,4 |
| Ost-oder Westorientierung: | SF = 1,65 |
| Nordorientierung: | SF = 0,95 |

So ist also der wahre k -Wert eines Fensters keq,F für jede Himmelsrichtung separat zu ermitteln nach der genannten Formel. Das macht die Gegenüberstellung etwas komplizierter, und der Laie versteht dann fast

Das „Gesetz“

Während DIN-Normen nicht automatisch Gesetzescharakter haben, so hat dies eindeutig die sog. WSWO (Wärmeschutzverordnung). Derzeit gilt die WSWO vom 1. 1.1995. Sie bezieht sich in wesentlichen Punkten auf die DIN 4108 und limitiert die k-Werte im einzelnen oder in der Gesamtheit für Wände, Decken, Fenster usw. Sie besagt *eindeutig daß* als Rechenwerte für den k-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) den keq,F Wert (äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient) sowie den g-Wert (Gesamt- Energiedurchlaßgrad) nur Werte verwendet werden dürfen, die im *Bundesanzeiger* veröffentlicht worden sind

Dies bedeutet z. B. beim Glas, daß der nach DIN 52619 durch eine Prüfanstalt gemessene kWert im Falle von Gasfüllungen im SZR mit einem Zuschlagwert beaufschlagt wird. Dieser Zuschlag, er macht den k-Wert etwas schlechter. soll auf Langzeit gesehen eine durch Permeation stattfindende "Leckrate" (geringfügiger Austausch Gas/Sauerstoff über den Randverbund) berücksichtigen

So kommt es. daß viele als 1.3er Glas gepriesene Gläser nach BAZ (Bundesanzeiger) nur noch 1,4 bringen und die wie die Seuche grassierenden 1,1er Gläser "nur" noch 1,2 haben. Meist wird ja nur vom k-Wert geredet und damit halt der DIN-Meßwert gemeint.

Dies ist nicht nur leichtfertig, sondern sogar schon fast kriminell. Ich garantiere: Wenn eine kWert-Aussage auf dem Richtertisch landet. dann kann es nur eine Sprachregelung geben: Mit dem lapidaren „k-Wert“ eines Glases darf nur der sog. BAZ-Bundesanzeigerwert gemeint sein, und der ist, wie gesagt, meist um 0,1 schlechter als der reine Meßwert.

Hier muß noch angemerkt werden, daß die k_v -Werte (BAZ) lediglich eine Stelle nach dem Komma

Der Rahmen um das Glas

Da das Glas in der Regel einen Rahmen braucht (Holz, Kunststoff, Metall) und dieser flächenanteilig durchaus 25 bis 30 % ausmachen kann - so geht er natürlich in die Gesamtbetrachtung k_F oder $k_{eq,F}$ mit ein. Während beim Glas das *Procedere* messen, beantragen, BAZ, *k*, und *g*-Wert unvermeidlich ist, werden nach DIN 4108 die Rahmen in Rahmenmaterialgruppen eingeteilt, die *ohne weiteren Nachweis* verwendet werden.

Die beste" Rahmenmaterialgruppe (RMG) ist die RMG 1. Sie erfaßt Rahmen aus Holz oder Kunststoff praktisch unabhängig von der Konstruktionsart. So wird bei Kunststoff z. B. *nicht* auf das derzeit grassierende -Kammer-Orchestereingegangen - vor dem Gesetz sind sie *alle* gleich.

Mit Kammer-Orchester meine ich: Vom Ein- über Zwei- und Drei-Kammer-System bis zum Vier- oder Fünf-Kammer-System jeweils mit Option auf Fünfkammer-System - vielleicht sind wir bald wieder bei dem nicht überlebensfähigen Polycella-System = Viele Zellen der 60er Jahre angelangt. Suggestiert werden dabei *k*-Werte von 1,1 bis 1,2 - die -Seriösen- sprechen von etwa 1,4.

Von der Möglichkeit, den Rahmen-*k*-Wert über Bundesanzeiger zu messen und zu veröffentlichen, macht keiner Gebrauch. Würde ja auch für die Werbung eher schädlich bis blamabel sein!

Um nun zur Sache zu kommen: Nach DIN 4108, Teil 4, Tabelle 3, werden die k_v 's (BAZ) des Glases tabellarisch der RMG (Rahmen) zugeordnet und

| Auszug aus DIN 4108, T4, Tab. 3 u. Ergänzung für Fenster der Rahmenmaterialgruppe 1 | |
|---|-------------------------|
| Holz, Kunststoff off | |
| Verglasung (hier gelten aussch. BAZ-Werte) | Fenster einschl. Rahmen |
| 1,8 | 1,8 |
| 1,7 | 1,7 |
| 1,6 | 1,6 |
| 1,5 | 1,6 |
| 1,4 | 1,5 |
| 1,3 | 1,4 |
| 1,2 | 1,4 |
| 1,1 | 1,3 |
| 1,0 | 1,2 |
| 0,9 | 1,2 |
| 0,8 | 1,2 |
| 0,7 | 1,1 |
| 0,6 | 1,0 |
| 0,5 | 1,0 |
| Dimension <i>k</i>-Werte W/m^2K | |

Abb. 2: Tabelle DIN 4108

Da auch die Tabellenwerte der DIN 4108 wieder lediglich eine Stelle nach dem Komma berücksichtigen, kommt es also nochmal zu Rufoder Abrundungen und damit zu gewissen nicht ganz wissenschaftlich gerecht-

Der Vergleich vor dem Gesetz

Streng auf der Grundlage von WSV0 und DIN 4108 werden mittlere $k_{eq,F}$ -Werte (k_m, F_{eq}) ermittelt für Fenster der RMG 1 mit verschiedensten Gläsern. Vereinfachend und damit für den Vergleich eher -beschönigend' wurde angenommen, daß die Fenster eines Hauses nach allen Himmelsrichtungen gleichmäßig verteilt sind. So kommen wir zu einem *mittleren* $k_{eq,F}$, der sich schön vergleichen läßt (Abb. 3 • 4). Aus Neutralitäts

gründen wurden die genauen Fabrikatsbezeichnungen weggelassen - jeder Hersteller wird sich ggf. wiedererkennen. Die rechnerische Ermittlung zeigt Beispielrechnung Abb. 3.

Den mit Abstand besten Wert erreicht dabei die "hundsgewöhnliche" Ausführung mit 1,3er Glas (mittlerer $k_{m,F} = 0,33$) ein Glas mit 64 % *g*-Wert und Argon-Füllung, gleichzeitig auch mit Abstand preisgünstigste, mit 0,33 ist nur noch eine Dreifach-Isolierverglasung mit *k*, 0,7, allerdings nur 46% *g*-Wert, sehr schwer und sehr teuer. Alle anderen bewegen sich dann leicht nach oben bis zu einem max. mittleren $k_{eq,F} = 0,47$. Man mag zwar die Differenz vom Besten (0,33) zum Schlechtesten (0,47) für gewaltig halten: die Unterschiede sind jedoch mehr auf tabellarischen Zuordnungszwängen

als auf physikalischen Unterschieden beruhend. Wie dem auch sei - das Billigste ist auf jeden Fall auch das Beste: die Tabelle zeigt deutlich auch die drastischen Preisunterschiede auf.

Übrigens: Die tatsächlichen Fenster-*k*-Werte liegen im Vergleich mit Wand-*k*-Werten doch schon sehr, *sehr günstig*, und das Vorurteil, das Fenster sei der Energiefresser, sollte damit doch revidiert sein.

Die -gesetzmäßige- Richtigkeit und Zuverlässigkeit dieser Untersuchung zeigt Abb. 5 (Auszug aus Wärme-schutzverordnung, Anhang 1, Muster B).

Die „Randerscheingen“

Wenngleich wir gesehen haben, daß "Edelstgas"-Füllungen bis "Dunkelstglasbeschichtungen" nichts bringen, sollte man doch kurz auf die

| Nr. | Glas-Aufbau | Beschicht.-Ebene | Füllung | g (%) | Licht-durch-lauf % | k_v , DIN 52619 | k_v BAZ | K_F | Glas-Preis % | k_m, F_{eq} | Bemerkung |
|-----|-------------|------------------|---------|-------|--------------------|-------------------|-----------|-------|--------------|---------------|---|
| 1 | 4-16-4 | 3 | Argon | 64 | 77 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 100 | 0,33 | steht 1,3 drauf-ist 1,3 drin! Bestes + Preisgünstigstes |
| 2 | 4-16-4 | 3 | Argon | 71 | 75 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 120 | 0,42 | kostet mehr - bringt weniger! |
| 3 | 4-16-4 | 3 | Argon | 62 | 76 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 100 | 0,47 | der <i>g</i> -Wert macht's schlechter ! |
| 4 | 4-16-4 | 3 | Argon | 57 | 76 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 112 | 0,45 | } die "sog." 1,1er - mehr Geld für weniger Leistung! |
| 5 | 4-16-4 | 3 | Argon | 58 | 77 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 112 | 0,43 | } |
| 6 | 4-10-4 | 3 | Krypton | 57 | 76 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 230 | 0,35 | } man vergleiche Preis/Leistung mit Nr. 1 ! |
| 7 | 4-16-4 | 3 | Ar/Kr | 55 | 76 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 170 | 0,38 | } |
| 8 | 4-12-4 | 2+3 | Krypton | 47 | 68 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 290 | 0,42 | wie vor, nur noch schlechter! |
| 9 | 4-8-4-8-4 | 2+5 | Krypton | 47 | 65 | 0,7 | 0,8 | 1,2 | 470 | 0,42 | 3-fach-Glas: teuer + schlecht ! |
| 10 | 4-8-4-8-4 | 2+5 | Krypton | 46 | 64 | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 515 | 0,33 | Mach-Glas: Leistung wie Nr. 1 Preis= das 5-fache ! |
| | | | | | | | | | | ↑ | darauf kommt's an ! |

Abb. 3: Auswertung von Wärmeschutzgläsern nach mittl. $K_{eq,F}$, (k_m, F_{eq}).

| | | |
|--|--|---|
| Fenster (DIN 4108) RMG: 1 (Rahmen - Materialgruppe) | | |
| Glas: | k-Wert n. DIN 52619 | 1,2 W/m ² K |
| | k _v (amtl. Bundesanzeigerwert) | 1,3 W/m ² K |
| | g-Wert (Bundesanzeiger) | 64% |
| | Type | 1,3/24 |
| | Aufbau: | 4/16/4 low E, Argon |
| | Lichtdurchlässigkeit | 77% |
| k_F | k-Wert Fenster gem. DIN 4108+WVO (tabell. Zuordnung k _v zu RMG n. DIN 4108) | |
| | k _F = 1,4 | |
| k_{eqF} | <u>äquivalenter</u> k-Wert d. Gesamtfensters unter Berücksichtigung der nutzbaren <u>solaren Wärmegewinne</u> gem. WVO <u>Himmelsrichtungsabhängige</u> Berechnung. | |
| | | SF Nord = 0,95 SF O/W = 1,65 SF Süd = 2,4 |
| | Formel: $k_{eqF} = k_F \cdot g \cdot SF$ | |
| | k _{eqF} Nord = 1,4 - 0,64 x 0,95 = | 0,792 |
| | k _{eqF} O/W = 1,4 - 0,64 x 1,65 = | 0,344 |
| | k _{eqF} Süd = 1,4 - 0,64 x 2,4 = | -0,136 |
| | Summe = | 1,0 |
| | Mittelwert = 1/3 Summe = | 0,33 |
| | Unter der <u>ungünstigsten</u> Annahme der <u>gleichmäßigen Verteilung</u> d. Fenster auf alle Himmelsrichtungen ist der Mittelwert: | |
| | k_{eqF} = 0,33 W/m²K | |

Abb. 4: Beispielrechnung (so kann sich jeder „sein Glas“ ausrechnen).

„Randerscheinungen“ dieser Gläser eingehen: Xenon-Gase stehen heute für die Isolierglasfüllung definitiv *nicht mehr zur Verfügung*. Lit.-Hinweis: Der gläserne Ferrari. Das Wenige braucht man für noch „edlere“ Anwendungen z. B. im Automobilssektor.

Krypton gibt es zwar noch, jedoch zu Tageskursen bis Schwarzmarktpreisen, eine zuverlässige und kalkulierbare Lieferbereitschaft ist nicht gegeben. Braucht's ja auch nicht, es gibt ja Günstigeres. Doppelte Beschichtungen reduzieren die Lichtdurchlässigkeit von etwa 76% auf ca. 64%. Da freut sich einer über einen - zwar nicht zutreffenden - niedrigen k-Wert, aber dann sitzt er im Dunkeln. Obwohl fast alle Gläser die Silbe „Neutral“ im Schilde führen: Man *sieht* die Beschichtungen, je intensiver, um so farbiger. Wenn der Kunde schon keinen besseren k-Wert bekommen, jedoch viel Geld dafür bezahlt hat, dann kann er sich ja wenigstens *darin* freuen: Gold und Silber hab ich gern.

Ein früher *nicht* bekannter Effekt: Je intensiver die Beschichtung und damit niedriger k-Wert, um so eher tritt im Winter der Eisblumen- oder Rauhreif-Effekt an der Scheiben-Außenseite auf. Ist ja fast so heimelig wie früher - wo man *innen* das Eis vom Einfachglas abkratzen durfte.

Dipl.-Ing. Horst Harzheim: „Der gläserne Ferrari oder die k_v-Wert-Hechelei bei Verglasungen“ - GFF 17/98

Wärmeschutzverordnung vom 1. 1. 95
DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau

Resümee:

Bei allen Bemühungen zur k-Wert-Absenkung darf man nicht vergessen, daß neben dem Transmissions-Wärmebedarf ja auch noch ein Lüftungsbedarf = Lüftungswärmeverlust besteht. Dann, wenn das Fenster zur Lüftung geöffnet ist, z. B. in Kippstellung, nützt der schönste k-Wert nichts. Vor dem *Gesetz* sind alle Fenster aus Holz oder Kunststoff mit den vielfältigsten Verglasungsarten (fast) gleich. Insofern ist beim Glas das Preisgünstigste auch das Beste: k = 1,3 W/m²K mit Argon-Füllung.

Literatur

Dipl.-Wi.-Ing. Reiner Oberacker: „Warum setzt die Fensterbranche das U-Zeichen nicht um?“ - GFF 4/99.

„Kondensatbildung auf den Außenseiten von Verglasungen“ - Glas und Rahmen 1/99.

Wärmebedarfsausweis nach § 12 Wärmeschutzverordnung

für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen
bei vereinfachtem Nachweis nach Anlage 1 Ziffer 7 Wärmeschutzverordnung

| Benennung / Orientierung der Teilflächen | Fläche [m ²] | maximal zulässiger | vorhandener |
|--|--------------------------|--|-------------|
| | | äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient k _{F,eq} [W/(m ² K)] | |
| Nord | | | |
| Ost | | | |
| West | | | |
| Süd | | | |
| mittlerer äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient k _{m,Feq} | | 0,7 | |

Abb. 5: Auszug aus WVO, Anh. 1, Muster B.