

# Die neue Wärmeschutzverordnung und ihre Auswirkungen auf Fenster

Gerd Hauser und Anton Maas

Fachgebiet Bauphysik, Universität – Gesamthochschule Kassel

## 1. Einleitung

Die Wärmeschutzverordnung (WSchVO) wurde zum zweiten Mal novelliert, am 24. August 1994 im Bundesgesetzblatt in der neuen Form publiziert und ist am 1. Januar 1995 in Kraft getreten. Für das Ende dieses Jahrzehnts ist eine weitere Novellierung mit deutlich erhöhten Anforderungen angekündigt. Das Konzept der neuen Verordnung und die wesentlichen Konsequenzen für das Bauteil Fenster, das eine zentrale Rolle insbesondere bei der für 1999 vorgesehenen Novellierung, einnimmt, werden in der Arbeit dargelegt.

## 2. Konzeption der Verordnung (Neubau)

Während in der bisherigen Verordnung nur die Transmissionswärmeverluste unter Vernachlässigung der passiven Solarenergiegewinne durch Verglasungen durch Vorgabe maximal zulässiger  $k$ -Werte und die Lüftungswärmeverluste durch die Begrenzung der Fugendurchlaßkoeffizienten limitiert wurden, richtet sich die novellierte Wärmeschutzverordnung an die Zielgröße, den Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_H$  [1].  $Q_H$  (in kWh/a) errechnet sich alternativ aus den Gleichungen (1 und 2):

$$Q_H \equiv 0,9(Q_T + Q_L) - Q_S - Q_I, \quad (1)$$

$$Q_H \equiv 0,9(Q_T + Q_L) - Q_I. \quad (2)$$

Hier bedeuten:

$Q_T$  = Transmissionswärmebedarf in kWh/a,  
 $Q_L$  = Lüftungswärmebedarf in kWh/a,  
 $Q_S$  = solare Warmegewinne in kWh/a,  
 $Q_I$  = interne Warmegewinne in kWh/a,  
 0,9 = Teilbeizungsfaktor.

Der Transmissionswärmebedarf  $Q_T$  ergibt sich aus:

$$Q_T \equiv 84(A_W k_W + A_F k_F + 0,8 A_D k_D + 0,5 A_G k_G + A_{DL} k_{DL} + 0,5 A_{AB} k_{AB})$$

mit:  $A$  = Fläche in  $m^2$ ,  
 $k$  = Wärmedurchgangskoeffizient in  $W/(m^2 K)$ .

Die Indices bedeuten: W = Außenwand, F = Fenster, D = Dach, G = Grundplatte, DL = Geschoßdecke

Eingegangen am 9. November 1994, überarbeitetes Manuskript am 4. Juli 1995.

gegen Außenluft, AB = Bauteile gegen Gebäudeteile mit niedrigen Innentemperaturen. Der Faktor 84 stellt eine klimatische Größe dar, die einen mittleren klimatischen Standort in Deutschland berücksichtigt [2].

Bei Verwendung der Bilanzierungsgleichung (2) ist  $k_F$  durch den äquivalenten  $k$ -Wert des Fensters  $k_{eq,F}$  (in  $W/(m^2 K)$ ) zu ersetzen, der wie folgt ermittelt wird [3]:

$$k_{eq,F} = k_F - g S_F$$

mit:  $S_F$  = Strahlungsgewinnkoeffizient,  $g$  = Gesamtenergiedurchlaßgrad der Verglasung.

Je nach Orientierung der Fensterflächen gelten folgende  $S_F$ -Werte:

- $S_F = 0,95 W/(m^2 K)$  für die Nordorientierung;
- $S_F = 1,65 W/(m^2 K)$  für die Ost-/Westorientierung;
- $S_F = 2,40 W/(m^2 K)$  für die Südorientierung.

Sollen die solaren Warmegewinne getrennt ausgewiesen werden, ist Gleichung (1) zu verwenden. Hierbei werden die Solargewinne  $Q_S$  (in kWh/a) wie folgt ermittelt:

$$Q_S \equiv \sum_{i,j} 0,46 I_j g_i A_{F,j,i},$$

wobei  $I$  das Strahlungsangebot bedeutet. In Abhängigkeit von der Himmelsrichtung werden folgende  $I$ -Werte angesetzt:

- $I \equiv 160 kWh/(m^2 a)$  für Nordorientierung,
- $I \equiv 275 kWh/(m^2 a)$  für Ost-/Westorientierung,
- $I \equiv 400 kWh/(m^2 a)$  für Südorientierung.

Solare Warmegewinne dürfen nur bis zu einem Fensterflächenanteil von 2/3 der jeweiligen Wandfläche berücksichtigt werden.

Der Lüftungswärmebedarf  $Q_L$  (in kWh/a) wird folgendermaßen bestimmt:

- bei natürlicher Lüftung (Fensterlüftung)  
 $Q_L \equiv 22,85 V_L$ ;
- bei Einsatz einer mechanisch betriebenen Lüftungsanlage  
 $Q_L \equiv 0,95 \cdot 22,85 V_L$ ;
- bei Einsatz einer Wärmerückgewinnungsanlage  
 $Q_L \equiv 0,8 \cdot 22,85 V_L$ ;
- bei Einsatz einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe  
 $Q_L \equiv 0,8 \cdot 22,85 V_L$ .

Tabelle 1. Anforderungen nach der Wärmeschutzverordnung (WSchVO) 1995

$A/V$ -Verhältnis $A/V$ in $m^{-1}$	Jahres-Heizwärmebedarf	
	auf das Volumen bezogen $Q'_H = Q_H/V$ ; $Q'_H$ in $kWh/(m^3 a)$	auf die Nutzfläche bezogen $Q''_H = Q_H/A_N$ ; $Q''_H$ in $kWh/(m^2 a)$
$\leq 0,20$	$\leq 17,3$	$\leq 54$
$\leq 0,20 \leq A/V \leq 1,05$	$\leq 13,82 + 17,32 A/V$	$\leq 43,19 + 54,12 A/V$
$\leq 1,05$	$\leq 32$	$\leq 100$

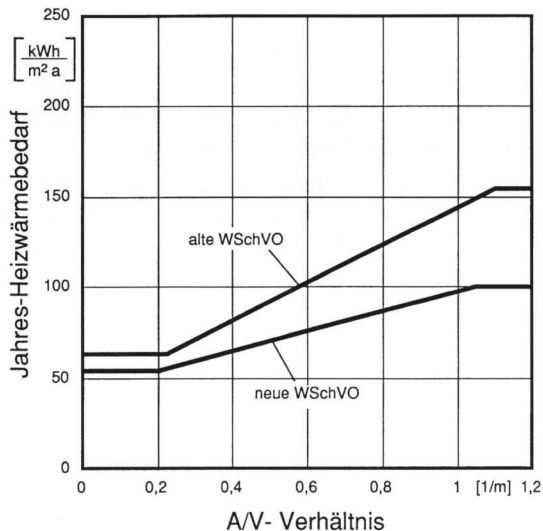


Bild 1. Maximal zulässiger Jahres-Heizwärmebedarf in Abhängigkeit vom  $A/V$ -Verhältnis gemäß der novellierten WSchVO für Gebäude im Vergleich zur bestehenden WSchVO (Approximationsgerade für zahlreiche Gebäude ohne Lüftungsanlagen).

Dabei bedeutet  $V_L = 0,8 V$  das anrechenbare Luftvolumen in  $m^3$ .

Für die nutzbaren internen Wärmegewinne  $Q_I$  ist ein Wert von  $8 kWh/(m^3 a)$  bzw.  $25 kWh/(m^2 a)$  anzusetzen. Für Büro- oder Verwaltungsgebäude beträgt der Wert  $10 kWh/(m^3 a)$  bzw.  $31,25 kWh/(m^2 a)$ . Werden diese erhöhten Wärmegewinne in Ansatz gebracht, finden die genannten Lüftungsanlagen keine Berücksichtigung.

### 3. Anforderungen

Der mit Hilfe der Gleichungen des Abschnittes 2. ermittelte Jahres-Heizwärmebedarf wird allgemein auf das Volumen bezogen

$$Q'_H \equiv Q_H/V$$

(mit  $Q'_H$  in  $kWh/(m^3 a)$ ) und kann bei Gebäuden, deren lichte Geschoßhöhe  $2,6 m$  oder weniger beträgt, auf die Energiebezugsfläche  $A_N$  (Gebäudenutzfläche) bezogen werden ( $A_N = 0,32 V$ )

$$Q''_H \equiv Q_H/A_N$$

(mit  $Q''_H$  in  $kWh/(m^2 a)$ ). Die Energiekennzahlen  $Q'_H$  und  $Q''_H$  müssen die in Tabelle 1 dargestellten Werte einhalten.

In Abhängigkeit vom  $A/V$ -Verhältnis – dem Verhältnis aus wärmeaustauschender Hüllfläche zum umbauten Volumen – ergeben sich  $Q''_H$ -Werte zwischen  $54$  und  $100 kWh/(m^2 a)$ .

Für Gebäude ohne mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung stellen sich im Mittel Heizwärmebedarfsminderungen von etwa  $1/3$  ein, wie aus Bild 1 hervorgeht, in dem der Heizwärmebedarf gemäß der novellierten Wärmeschutzverordnung dargestellt ist und eine Approximationsgerade für zahlreiche Objekte, die exakt der Wärmeschutzverordnung 1982 entsprechen, wiedergegeben ist. Der Nachweis eines ausreichenden Wärmeschutzes ist über ein Formblatt leicht und übersichtlich zu führen. Die Verwendung eines entsprechenden Computerprogramms [4] empfiehlt sich, wenn die Berechnungen häufig durchgeführt werden oder komplexe Projekte bearbeitet werden.

Für kleine Wohngebäude mit bis zu zwei Vollgeschossen und nicht mehr als drei Wohneinheiten gelten die Anforderungen der Verordnung als erfüllt, wenn die Wärmedurchgangskoeffizienten der jeweiligen Bauteile die folgenden Werte einhalten:

Außenwände:	$k_W \leq 0,5 W/(m^2 K)$ ,
Fenster, Fenstertüren, Dachfenster:	$k_{m,F,eq} \leq 0,7 W/(m^2 K)$ ,
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Decken, die Räume nach oben oder unten gegen die Außenluft abgrenzen:	$k_D \leq 0,22 W/(m^2 K)$ ,
Decken über Kellergeschoß, Wände und Decken gegen unbeheizte Räume sowie Decken und Wände, die an das Erdreich grenzen:	$k_G \leq 0,35 W/(m^2 K)$ .

### 4. Konsequenzen, insbesondere für die Verglasung von Fenstern

Konsequenzen der neuen Wärmeschutzverordnung ergeben sich aus dem erhöhten Anforderungsniveau und der veränderten Konzeption bei der Formulierung der Anforderungen.

Da nicht mehr Anforderungen an Einzelgrößen gestellt werden, sondern ausschließlich die Zielgröße limitiert wird, erhält der Planer ein Höchstmaß an Planungsfreiheit. Er kann entscheiden, welche Bauteile besonders

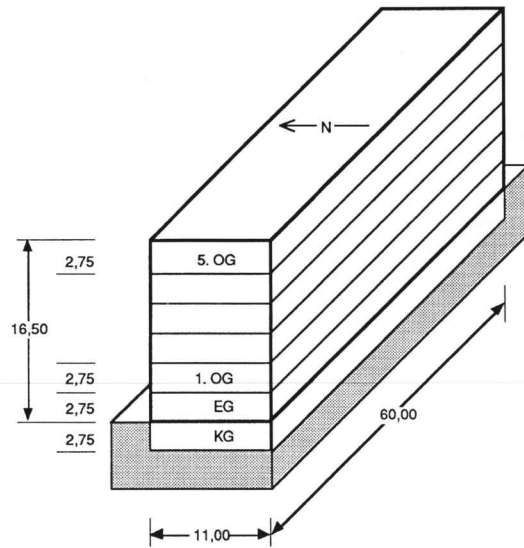
wärmeschützend ausgeführt werden bzw. ob durch Mitwirkung einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung das Ziel erreicht werden soll. Dabei wird er meist gut beraten sein, die Vorgaben der Wärmeschutzverordnung als Maximalwert zu betrachten, der gerade beim Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen leicht zu unterschreiten ist. Passive Solarenergiegewinne, auch mittels Wintergärten – hierbei sind die angrenzenden Außenbauteile, je nach Verglasungsart des Wintergartens, mit Abminderungsfaktoren zwischen 0,5 (Wärmeschutzglas), 0,6 (Isolier- oder Doppelverglasung) und 0,7 (Einfachverglasung) zu multiplizieren –, finden Berücksichtigung. Die Auswirkungen verschiedener Gebäudeorientierungen sowie Verglasungsarten und Fenstergrößen werden sichtbar. Der Planer wird mehr und mehr dazu angehalten, bei seinem Entwurf den energetischen Aspekten mehr Bedeutung beizumessen und die Gedanken des energiesparenden Bauens in sein Konzept stärker einfließen zu lassen. Nicht mehr das nachträgliche einfache Minimieren des  $k$ -Wertes ist gefordert, sondern das zielgrößenorientierte Minimieren des Heizwärmebedarfs.

Je nach Gebäudegröße und -kompaktheit stellen sich auch bei Verwendung gleicher Bauteile unterschiedliche Heizwärmebedarfswerte ein. Es muß deshalb beim Entwurf auch ein kleines  $A/V$ -Verhältnis angestrebt werden, es sei denn, daß bei sehr großen Raumtiefen die Minderung des Heizwärmebedarfs durch einen höheren Energiebedarf für Kunstlicht und gegebenenfalls für Kühlung erkaufte würde [5]. Glatte, wenig gegliederte Fassaden bei Baukörpertiefen bis etwa 18 m, je nach Nutzung des Kernbereichs, liefern die günstigsten Gesamtwerte. Die Formulierung der Anforderungen in Abhängigkeit von der Zielgröße  $A/V$  ist deshalb problematisch. Die Festlegung bestimmter Gebäudetypen und der dazugehörigen maximal zulässigen Jahres-Heizwärmebedarfswerte bereitet jedoch häufig Schwierigkeiten bei der Zuordnung und führt zu Härten an den jeweiligen Grenzbereichen.

Die Darstellung der Auswirkungen des erhöhten Anforderungsniveaus wird durch die genannte maximale Planungsfreiheit infolge der Austauschbarkeit aller, zum Teil auch anlagentechnischer Maßnahmen erheblich erschwert. Dennoch sollen im weiteren an Hand eines Mehrfamilienhauses die wesentlichen Konsequenzen der WSchVO 95 dargestellt werden. Ferner werden die Auswirkungen auf den baulichen Wärmeschutz aufgezeigt, die sich einstellen werden, wenn zum Ende dieses Jahrzehnts eine weitere Verschärfung der Anforderungen um 30 % erfolgt.

Für ein Mehrfamilienhaus mit der in Bild 2 beschriebenen Form und Ausrichtung sind die zur Erfüllung der genannten Anforderungen maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwand für zwei Lüftungsarten in Abhängigkeit von der Dämmung des Daches und der Kellerdecke sowie der Fensterausführungen in Bild 3 dargestellt. Es zeigt sich, daß

a) für Gebäude mit natürlicher Lüftung die Verwendung von Wärmeschutzverglasungen für Fenster ( $k_F =$



Fensterflächenanteile	$f_N = 15\%$
	$f_{o,w} = 25\%$
	$f_s = 35\%$
$A/V$ -Verhältnis	$A/V = 0,34 \text{ m}^{-1}$
Jahres-Heizwärmebedarf $Q''_H$	$Q''_H \leq 61,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Bild 2. Beschreibung des zugrundegelegten Mehrfamilienhauses.

$= 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ,  $g = 0,63$ ) praktisch unumgänglich wird, falls nicht sehr kleine  $k$ -Werte in allen anderen Bereichen realisiert werden, und  $k$ -Werte der Außenwand im Bereich von  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  möglich sind;

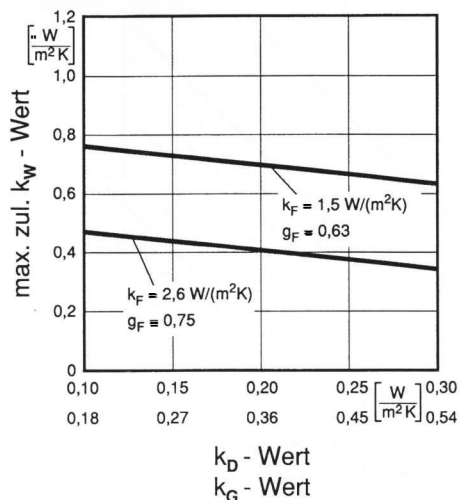
b) für Gebäude mit mechanischen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sehr hohe  $k$ -Werte für die Außenwand möglich werden;

c) der Einfluß der Dach- und Kellerdeckenausführung bei diesem Gebäudetyp relativ gering ist.

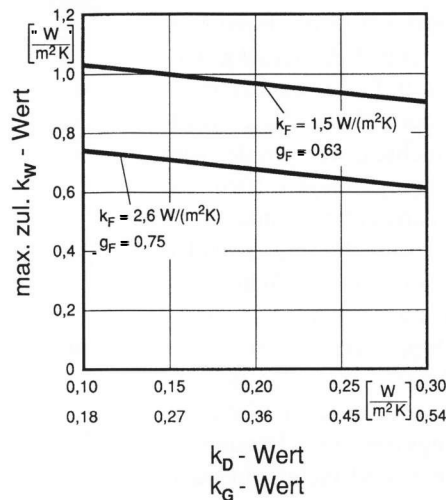
Eine Veränderung der Fensterflächenverteilung auf den einzelnen Fassaden bewirkt die in Bild 4 wiedergegebenen  $k$ -Wert-Veränderungen der Außenwand in der Größenordnung von  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Werden abweichend von Bild 2 auch die Fenstergrößen variiert, so ergeben sich die in Bild 5 dargestellten Auswirkungen auf die Außenwand. Bei  $k$ -Werten der Außenwand über  $0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  ist der mittlere  $k_{eq,F}$ -Wert kleiner als der  $k_w$ -Wert, wodurch mit steigenden Fensterflächenanteilen ein geringerer Wärmeschutz für die Außenwände möglich wird.

Bei der für 1999 zu erwartenden Verschärfung des Anforderungsniveaus um 30 % wird, wie aus Bild 6 hervorgeht, deutlich, daß künftig der Entwicklung und dem Einsatz von hochwertigen Verglasungen eine zentrale Bedeutung zukommt. Bei Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung werden heute übliche Bauteilkonstruktionen auch künftig realisierbar sein.

Wie die Darstellungen verdeutlichen, werden künftig verstärkt Wärmeschutzverglasungen zum Einsatz kommen. Diese sind seit einem Jahrzehnt auf dem Markt



a)



b)

Bilder 3a und b. Auswirkungen der novellierten WSchVO auf den Wärmeschutz des in Bild 2 wiedergegebenen Mehrfamilienhauses; a) natürliche Lüftung, b) Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

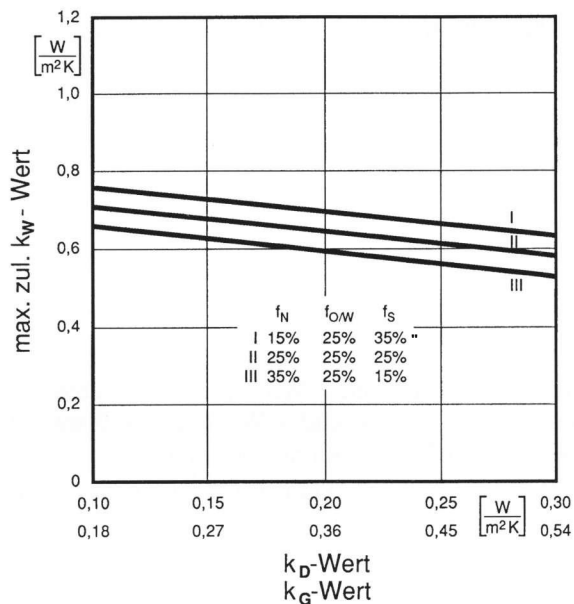


Bild 4. Auswirkungen der novellierten WSchVO auf den Wärmeschutz des in Bild 2 wiedergegebenen Mehrfamilienhauses für drei unterschiedliche Verteilungen der Fensterflächen ( $f_N$ ,  $f_{OW}$ ,  $f_S$ ) auf den Fassaden;  $k_F = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ,  $g = 0,63$ , ohne Wärmerückgewinnung.

und werden nach dem Prinzip der Kathodenzerstäubung hergestellt. Für diese Verglasungen (zwei je 4 mm dicke Glasscheiben und ein Scheibenzwischenraum von 14 bzw. 15 mm) werden nach [6]  $k_V$ -Werte von 1,4 [7 bis 9] bzw.  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$  [10] angegeben. Die entsprechenden Werte sind in Bild 7 dargestellt. Die Argon-Edelgasfüllung ist dabei zu Recht in Ansatz gebracht [11], die entsprechenden Werte werden anerkannt. Bei einem Rahmenmaterial der Gruppe 1 (Holz- bzw. Kunststoffrahmen) beträgt der  $k_F$ -Wert der Fenster nach [12] 1,4 bzw.  $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ . Messungen des Gesamtsystems führen meist zu Werten von  $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ . Als Gesamtenergiedurchlaßgrad nach DIN 67507 [13] werden heute 0,62 [7 bis 9] bzw. 0,63 [9] genannt, während vor einigen Jahren meist höhere Werte von z. B. 0,65 [7, 1986] oder 0,67 [14] zu lesen waren. Diese Verglasungen haben sich in

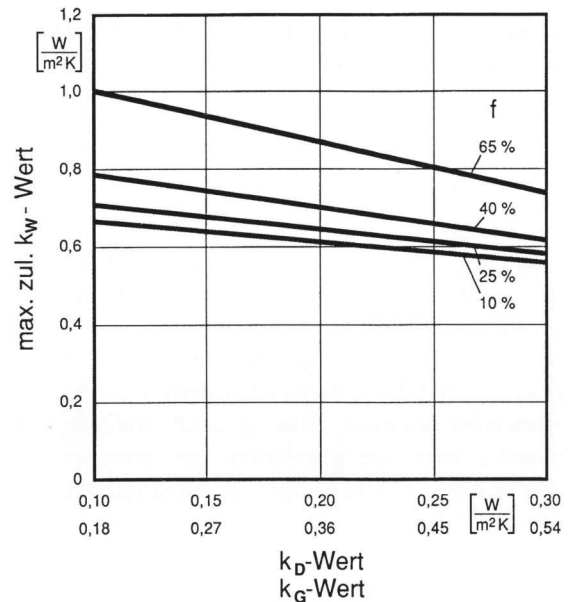
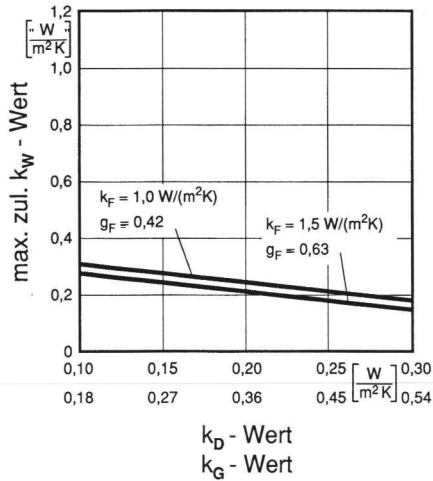


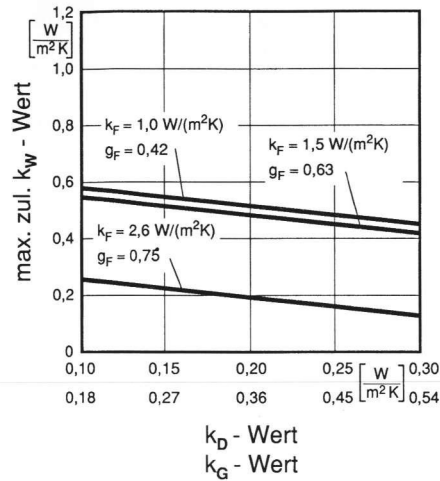
Bild 5. Auswirkungen der novellierten WSchVO auf den Wärmeschutz des in Bild 2 wiedergegebenen Mehrfamilienhauses für verschiedene, jedoch in allen Fassaden gleiche Fensterflächenanteile ( $f_N = f_{OW} = f_S = f$ );  $k_F = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ,  $g = 0,63$ , ohne Wärmerückgewinnung.

der Praxis bewährt und werden heute von allen Herstellern angeboten. Seit neuestem steht als Konkurrenzprodukt noch eine Wärmeschutzverglasung nach dem Prinzip der Pyrolyse-Beschichtung zur Verfügung. Die technischen Daten dieser Verglasung sind ebenfalls in Bild 7 aufgenommen.

Die Entwicklung ist hier noch keineswegs am Ende, wie die Verglasung in Bild 8 zeigt. Eine Dreifachverglasung, die mit dem Edelgas Xenon gefüllt ist, weist bei einer Elementdicke von 28 mm einen  $k_V$ -Wert von  $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$  und einen  $g$ -Wert von 0,42 auf [15]. Der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung wird im Bundesanzeiger voraussichtlich mit  $k_V = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$  aufgenommen. Bei Verwendung eines Rahmenmaterials der Gruppe 1 beträgt der  $k_F$ -Wert des Fensters  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$  [12].

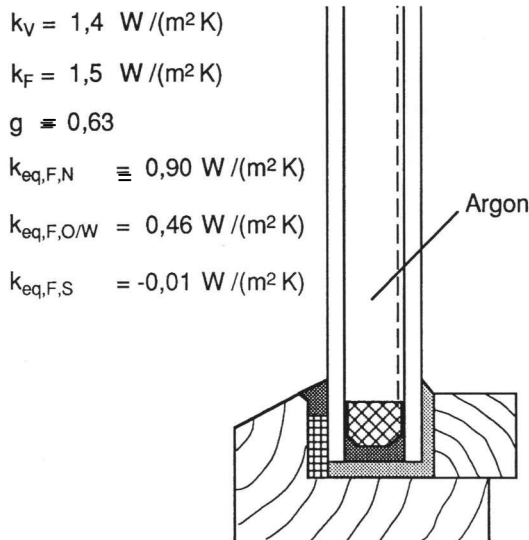


a)

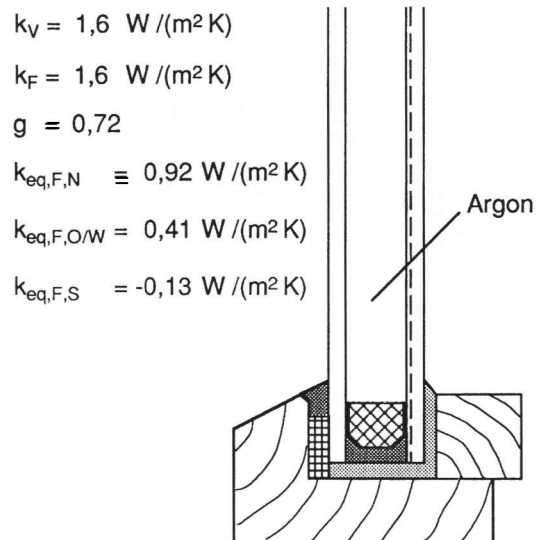


b)

Bilder 6a und b. Auswirkungen der vorgesehenen Novellierung der WSchVO für das Jahr 1999 auf den Wärmeschutz des in Bild 2 wiedergegebenen Mehrfamilienhauses; a) natürliche Lüftung, b) Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.



a)



b)

Bilder 7a und b. Darstellung unterschiedlicher Wärmeschutzverglasungen; a) Kathodenzerstäubung, b) Pyrolyse.

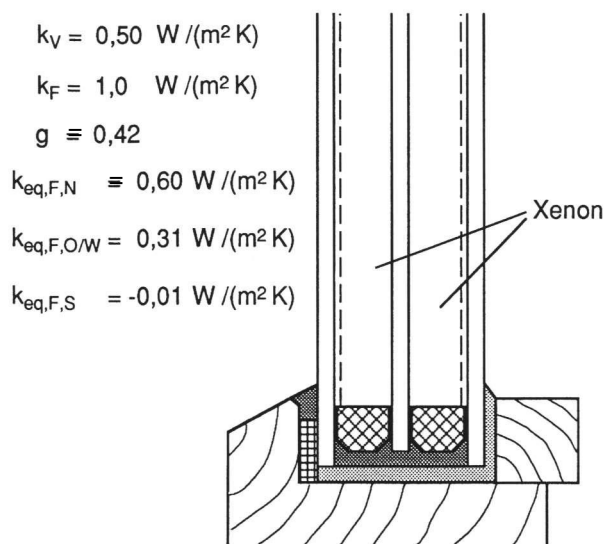


Bild 8. Darstellung einer neuen Dreifachverglasung.

### 5. Fazit

Die wesentliche Konsequenz der Wärmeschutzverordnung 1995 ist die breite Einführung wärmeschutzverglaster Fenster. Diese Verglasungsart wird quasi per Gesetz zur Standardverglasung erhoben. Auch die weitere zu erwartende Verschärfung des Anforderungsniveaus wird voraussichtlich in großem Umfang durch neuere Verglasungstechniken umgesetzt werden können, wobei die künftigen Schwerpunkte in der Entwicklung hochwärmedämmender Fenster nicht mehr in der Verglasung, sondern vielmehr im Fensterrahmenbereich liegen dürften.

Darüber hinaus ist durch die Berücksichtigung der passiven Solarenergiegewinne mit größeren Verglasungen im Gebäudebereich zu rechnen, woraus eine Verschärfung der Problematik des sommerlichen Wärmeverhaltens resultiert. Derzeit bieten sich hier bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen zur Lösung des sommerlichen Wärmeschutzproblems an. Wünschenswert wären

Verglasungen mit Gesamtenergiedurchlaßgraden, die quasi auf Knopfdruck in der Heizperiode relativ hohe und während der Sommermonate relativ kleine  $g$ -Werte aufweisen. In diesem Bereich scheint das wesentliche künftige Entwicklungspotential von Verglasungen zu liegen.

## 6. Literatur

- [1] Hauser, G.; Maas, A.: Konsequenzen der neuen Wärmeschutzverordnung. DBZ **40** (1992) Nr. 9, S. 1321–1329; Isoliertechnik **18** (1992) Nr. 5, S. 38–47; glas+rahmen **44** (1993) Nr. 5, S. 236–242.
- [2] Ehm, H.: Wärmeschutzverordnung 95: Grundlagen, Erläuterungen und Anwendungshinweise. Der Weg zu Niedrigenergiehäusern. Wiesbaden, Berlin: Bauverl. 1995.
- [3] Hauser, G.: Passive Sonnenenergienutzung durch Fenster, Außenwände und temporäre Wärmeschutzmaßnahmen. Eine einfache Methode zur Quantifizierung durch  $k_{eq}$ -Werte. T. 1. Begriffe – Meteorologische Randbedingungen – Tageslicht. T. 2. Aufbau und Nutzung des Gebäudes – Sonnenenergienutzung durch Fenster und Außenwände – Auswirkungen von temporären Wärmeschutzmaßnahmen. HLH (Heizung, Lüftung, Haustechnik) **34** (1983) Nr. 3, S. 111–112; Nr. 4, S. 144–153; Nr. 5, S. 200–204; Nr. 6, S. 259–265.
- [4] Hauser, G.; Hausladen, G.: Energiekennzahl zur Beschreibung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäuden (Version 3.1). Hrsg.: Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung e. V., Berlin. Baunatal: Energiepaß-Service Hauser & Hausladen 1993.
- [5] Hauser, G.: Wege zum Niedrigenergiehaus. In: Proc. 11. Internationaler Velta-Kongreß, St. Christoph (Österreich), S. 9–17.
- [6] Norm DIN 52619, T. 1 bis 3 (Nov. 1982 bis Feb. 1985): Wärmeschutztechnische Prüfungen; Bestimmung des Wärmedurchlaßwiderstandes und Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern, Messung an der Gesamtkonstruktion; Messung an der Verglasung; Messung an Rahmen. Berlin: DIN 1982–1985.
- [7] Das Glas-Handbuch. Gelsenkirchen: Flachglas AG 1986, 1992.
- [8] Gestalten mit Glas. 3. Aufl. Lauenförde: Interpane 1990.
- [9] ISOLAR-Glas-Programm. 1992.
- [10] Balkov, D.; Bock, K. von; Krewinkel, H. u. a.: Glas am Bau. Technischer Leitfaden. Stuttgart: Dtsch. Verlagsanst.; Aachen: Vegla 1986.
- [11] Hauser, G.: Spezialgasfüllung bei Mehrscheiben-Isoliergläsern – die Bedeutung für den Wärmeschutz. Glaswelt **39** (1986) Nr. 9, S. 42/53.
- [12] Norm DIN 4108, T. 4 (Nov. 1991): Wärmeschutz im Hochbau; wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte. Berlin: DIN 1991.
- [13] Norm DIN 67507 (Juni 1980): Lichttransmissionsgrade, Strahlungstransmissionsgrade und Gesamtenergiedurchlaßgrade von Verglasungen. Berlin: DIN 1980.
- [14] Vegla Kompetenz in Glas. Das Isolierglas-Angebot auf einen Blick. Aachen: Vegla 1983.
- [15] Das erste Xenon-Isolierglas mit  $k = 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  bei 28 mm Dicke ist auf dem Markt. glas+rahmen **45** (1994) Nr. 20, S. 1034.

■ 0895T004