

$k_V$ -Wert gemäß DIN:

# Entspricht die DIN den aktuellen Anforderungen?

Dr. Hans J. Gläser

An Fenster werden zunehmend steigende Anforderungen gestellt, die in der DIN festgehalten sind. Inwieweit diese Werte bzw. die Grundlagen, auf denen sie basieren, noch ausreichen, soll im folgenden Artikel hinterfragt werden.

In vorhergehenden Veröffentlichungen [1, 2] wurde darauf hingewiesen, daß der heute gemäß DIN 52 619 für Fensterverglasungen angewandte  $k_V$ -Wert nur die Wärmeverluste bei bedecktem Himmel und relativ hoher Windgeschwindigkeit (4 m/s) richtig beschreibt. Bei klarem Himmel sind die Verluste – je nach Einbaulage des Fensters – wesentlich höher. Dieser Unterschied ist in der Festlegung des äußeren Wärmeübergangskoeffizienten  $\rightarrow_a$  mit  $23 \text{ W/m}^2\text{K}$  begründet. Er ergibt sich für die Außenbedingungen Windgeschwindigkeit 4 m/s und bedeckter Himmel.

Vorgeschlagen wurde die Einführung eines  $k_{\text{real}}$ -Wertes, definiert wie folgt:

$$k_{\text{real}} = \frac{k'(t_i - t_{0a})}{t_i - t_a}$$

Dieser Wert beschreibt den Wärmefluß (Wärmeverlust) vom Innenraum mit der Temperatur  $t_i$  zur Außenoberfläche der Verglasung mit der Temperatur  $t_{0a}$ , d. h. der wirkliche (reale) Wärmeverlust der Verglasung bezogen auf die Temperaturdifferenz  $t_i - t_a$ .  $k'$  ist der um den äußeren Wärmeübergang  $\rightarrow_a$  reduzierte  $k_V$ -Wert gemäß DIN. Er ergibt sich aus der Formel  $1/k' = 1/\Lambda + 1/\rightarrow_i$ . Bezüglich des von den Prüfinstituten für eine Verglasung ermittelten Wärmedurchlaßkoeffizienten ändert sich hierbei nichts (Bild 1). Durch Untersuchungen an einer Dachverglasung mit einer Neigung von  $30^\circ$

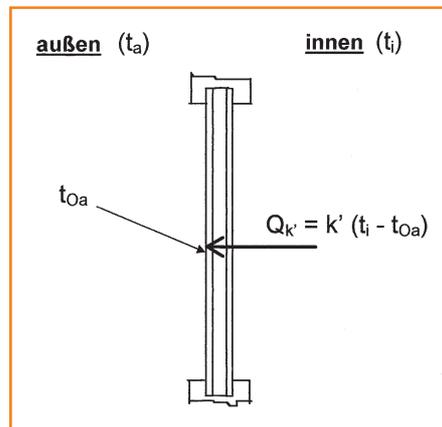


Bild 1: Zur Definition des realen Wärmeverlustes bei einer Verglasung

wurde nachgewiesen [1], daß die Wärmeverluste durch eine Verglasung in einem Bereich liegen, der durch die Umweltbedingungen klarer und bedeckter Himmel begrenzt werden. Bei klarem Himmel beeinflusst die Abstrahlung der Wärme an den Welt-

raum, auch Gegenstrahlung an den klaren Himmel genannt, den Wärmeverlust durch die Verglasung entscheidend; bei bedecktem Himmel ist diese Gegenstrahlung wesentlich geringer.

## Senkrechte Scheiben

Es wird entgegengehalten, daß bei senkrechtem Scheibeneinbau, wie dies im Hochbau überwiegend der Fall ist, die Unterschiede zwischen  $k_{\text{real}}$ - und  $k_V$ -Wert gemäß DIN nicht gravierend seien. In der Tabelle 1 sind die berechneten  $k_{\text{real}}$ -Werte von heute vermarkteten, konventionellen Wärmeschutzscheiben mit dem  $k_V$ -Wert von  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  gemäß DIN für die Außentemperaturen  $t_a = -10^\circ\text{C}$ ,  $0^\circ\text{C}$  und  $+10^\circ\text{C}$ , wie sie in unseren Breiten für Wärmeverluste von Gebäuden relevant sind, sowie für die unterschiedlichen Einbaulagen senkrecht,  $45^\circ$  geneigt und horizontal bei klarem Himmel

1	2	3	4	5	6
$t_a$ (°C)	Einbau	Außenoberfläche nicht beschichtet (wie bei konventionellen Wärmeschutzscheiben) ( $\epsilon = 0,84$ )		Außenoberfläche beschichtet ( $\epsilon = 0,2$ )	
		$k_{\text{real}}$ (W/m <sup>2</sup> K)		$k_{\text{real}}$ (W/m <sup>2</sup> K)	
		klarer Himmel	bedeckter Himmel	klarer Himmel	bedeckter Himmel
-10	senkrecht	1,16 ± 0,04	1,06	0,97 ± 0,01	0,98
-10	45° geneigt	1,22 ± 0,05	1,06	0,99 ± 0,01	0,98
-10	horizontal	1,28 ± 0,06	1,06	1,01 ± 0,01	0,98
0	senkrecht	1,27 ± 0,06	1,08	1,02 ± 0,04	0,99
0	45° geneigt	1,36 ± 0,08	1,08	1,05 ± 0,04	0,99
0	horizontal	1,46 ± 0,11	1,08	1,08 ± 0,04	0,99
+10	senkrecht	1,58 ± 0,11	1,16	1,14 ± 0,05	1,02
+10	45° geneigt	1,78 ± 0,18	1,16	1,21 ± 0,07	1,02
+10	horizontal	2,01 ± 0,24	1,16	1,29 ± 0,09	1,02

Tab. 1:  $k_{\text{real}}$ -Werte einer Verglasung mit  $k_V = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  gemäß DIN 52 619 bei unterschiedlichem Emissionsvermögen der Außenoberfläche

(s. Tabelle 1, Spalte 3) und bedecktem Himmel (s. Tabelle 1, Spalte 4) wiedergegeben. Bei der Berechnung der  $k_{\text{real}}$ -Werte wurde folgendes angenommen:

Innentemperatur  $t_i = 20\text{ °C}$ , Himmels-temperatur  $t_H = 20\text{ °C}$  unter Außentemperatur  $t_a$ , Umgebungstemperatur  $t_U = 3\text{ °C}$  unter  $t_a$  sowie außen vor der Verglasung natürlich Konvektion (d. h. Windstille) bei klarem Himmel bzw. eine Windgeschwindigkeit von 4 m/s bei bedecktem Himmel.

Von diesen Annahmen ist die Himmelstemperatur  $t_H$  die kritischste, da sie von Spurengasen (z. B. Wasserdampf,  $\text{CO}_2$ , Methan) abhängt, die die Wärmeabstrahlung beeinflussen. Von diesen ist der Wasserdampf das unbeständigste. Die Toleranzangaben in Spalte 3 der Tabelle 1 berücksichtigen die von unterschiedlichen Autoren [3] gemessene Gegenstrahlung an den klaren Himmel, aus der die Himmelstemperatur berechnet werden kann.

Aus den  $k_{\text{real}}$ -Werten der Spalten 3 und 4 der Tabelle 1, berechnet für eine konventionelle Wärmeschutzscheibe mit einem  $k_V$ -Wert von 1,1  $\text{W/m}^2\text{K}$  gemäß DIN, kann folgendes geschlossen werden:

### Bei klarem Himmel (s. Spalte 3)

- Bei allen Außentemperaturen  $t_a$  liegen die  $k_{\text{real}}$ -Werte über dem  $k_V$ -Wert gemäß DIN.
- Mit steigender Neigung des Einbaus der Verglasung steigen die  $k_{\text{real}}$ -Werte. Ursache ist, daß der Ausschnitt des Himmels, den die Verglasung sieht, mit der Neigung der Verglasung größer wird.
- Mit steigender Außentemperatur  $t_a$  steigen die  $k_{\text{real}}$ -Werte dramatisch an. Ursache ist, daß mit steigender Außentemperatur die Differenz zur Himmelstemperatur größer wird und somit die Gegenstrahlung an den Himmel dramatisch zunimmt (s. Stefan-Boltzmannsches Gesetz).
- Die Unsicherheit der berechneten  $k_{\text{real}}$ -Werte steigt aus gleichem Grund mit der Außentemperatur  $t_a$  an. Sie sind für  $t_a = -10\text{ °C}$  m. E. sehr gering, für  $t_a = +10\text{ °C}$  sind sie beachtlich. Bei tiefen Temperaturen ist bekanntlich dazu noch das Ver-

1 $t_a$ (°C)	2 Einbau	3 Außenoberfläche nicht beschichtet ( $\square = 0,84$ )		5 Außenoberfläche beschichtet ( $\square = 0,2$ )		7 Wärme- fluß gemäß DIN- $k_V$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )
		Wärmefluß ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )		Wärmefluß ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )		
		klarer Himmel	bedeckter Himmel	bedeckter Himmel	klarer Himmel	
-10	senkrecht	35,0	31,7	29,2	29,3	33
-10	45° geneigt	36,6	31,7	29,8	29,3	
-10	horizontal	38,3	31,7	30,4	29,3	
0	senkrecht	25,3	21,7	20,4	19,8	22
0	45° geneigt	27,3	21,7	20,9	19,8	
0	horizontal	29,3	21,7	21,6	19,8	
+10	senkrecht	15,8	11,6	11,4	10,2	11
+10	45° geneigt	17,9	11,6	12,1	10,2	
+10	horizontal	20,1	11,6	12,9	10,2	

Tab. 2: Reale Wärmeverluste einer Verglasung mit  $k_V = 1,1\text{ W/m}^2\text{K}$  gemäß DIN 52 612 bei unterschiedlichem Emissionsvermögen der Außenoberfläche

mögen der Luft Wasserdampf aufzunehmen geringer als bei hohen Temperaturen.

- Bei senkrechtem Einbau der Verglasung ist der  $k_{\text{real}}$ -Wert bei der Außentemperatur  $t_a = -10\text{ °C}$  5,5 % höher als der  $k_V$ -Wert gemäß DIN, bei  $t_a = 0\text{ °C}$  wird dieser Wert um 16,4 %, bei  $t_a = +10\text{ °C}$  immerhin um 43,6 % überstiegen. Mit diesen Abweichungen muß z. B. bei Structural-Glazing und Wintergarten-Verglasungen gerechnet werden, d. h. überall dort, wo keine Verschattung z. B. durch die Fensterlaibung ins Gewicht fällt. Bei kleinen Fenstern, eingebaut tief in der Fensterlaibung oder bei Fenstern unter Sonnenschürzen, sind die Abweichungen jedoch entsprechend der Abschattung geringer.

### Bei bedecktem Himmel (s. Tabelle 1, Spalte 4)

- Hier entsprechen die  $k_{\text{real}}$ -Werte erwartungsgemäß in etwa den  $k_V$ -Werten gemäß DIN. Sie sind vor allen Dingen für alle Einbaulagen in etwa gleich, sieht man einmal davon ab, daß die Umgebungs- und Wolkentemperatur geringfügig unterschiedlich sein können.

### Geringe bzw. große Temperaturdifferenzen

Nun wird weiterhin entgegengehalten, daß die großen Abweichungen vom  $k_V$ -Wert gemäß DIN bei hohen Temperaturen wegen der geringen Temperaturdifferenz zwischen Innen- ( $t_i$ )

und Außentemperatur ( $t_a$ ) nicht ins Gewicht fallen. In Tabelle 2 sind deshalb die Wärmeflüsse zur Außenoberfläche, d. h. die realen Wärmeverluste der Scheibe mit einem  $k_V$ -Wert von 1,1  $\text{W/m}^2\text{K}$  gemäß DIN dargestellt.

Man erkennt in den Spalten 3 und 4 der Tabelle 2 die gleiche Tendenz wie in den Spalten 3 und 4 der Tabelle 1. Aufgrund des  $k_V$ -Wertes gemäß DIN sollten die Wärmeflüsse bei klarem Himmel und der Außentemperatur  $t_a = +10\text{ °C}$  ein Drittel so hoch wie bei  $t_a = -10\text{ °C}$ . In Wirklichkeit ist der Unterschied etwa halb so groß (Vergleiche Spalte 7 und 3 der Tabelle 2). Ursache hierfür ist, daß die realen Wärmeverluste bei hohen Temperaturen entgegen den Berechnungen mit dem DIN- $k_V$ -Wert um 50 bis 100 % höher sind. Dies darf nicht außer acht gelassen werden.

**Anmerkung:** Wie schon an anderer Stelle [1, 2] ausgeführt wurde, implizieren die Ergebnisse der Spalten 3 und 4 in den Tabellen 1 und 2 auch das hohe Kondensationsrisiko auf der Außenoberfläche von modernen Wärmeschutzscheiben. Kondensation auf der Außenoberfläche von Verglasungen dürften gemäß DIN- $k_V$ -Wert gar nicht auftreten. Es gilt: Außenkondensation ist ein Indiz dafür, daß der  $k_V$ -Wert überschritten wurde. Es gilt nicht: Keine Außenkondensation ist ein Indiz dafür, daß der  $k_V$ -Wert ein-

gehalten wird. Ob Außenkondensation auftritt, hängt entscheidend von der relativen Luftfeuchtigkeit ab, d. h. es kommt auch bei steigenden Außentemperaturen ohne Außenkondensation zu erheblichen  $k_V$ -Wert-Überschreitungen.

## Spezielle Beschichtungen

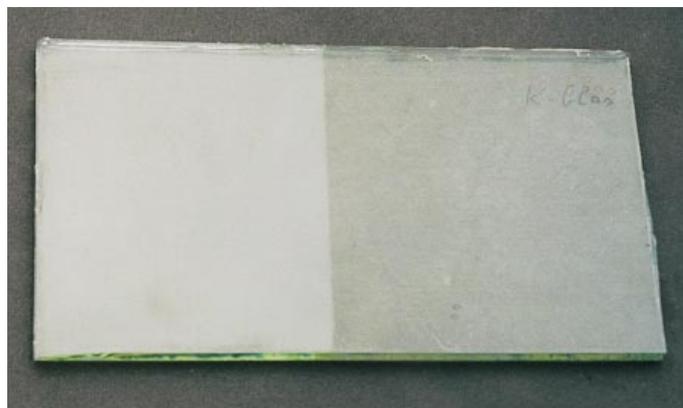
Durch eine niedrigemittierende Schicht mit einem Emissionsvermögen  $\epsilon$  von z. B. 0,2 auf der Außenoberfläche der Wärmeschutzscheibe kann bei klarem Himmel eine dramatische Reduzierung der  $k_{\text{real}}$ -Werte und Wärmeverluste sowie der Spreizung dieser Werte mit zunehmender Neigung der Verglasung erreicht werden. In der Spalte 5 der Tabellen 1 und 2 sind die entsprechend berechneten Werte aufgelistet. Man erkennt folgendes:

- Für Außentemperaturen  $t_a = 0^\circ\text{C}$  sinken mit einer solchen Außenschicht bei allen Einbaulagen die  $k_{\text{real}}$ -Werte (s. Spalte 5 in Tabelle 1) unter den des DIN- $k_V$ -Wertes; für  $t_a > 0^\circ\text{C}$  wird der DIN- $k_V$ -Wert je nach Einbaulage nur noch um 0,04 bis 0,19  $\text{W/m}^2\text{K}$  überschritten. Für die Wärmeflüsse gilt entsprechendes (s. Spalte 5 der Tabelle 2).
- Für die Außentemperatur  $t_a = -10^\circ\text{C}$  liegt bei senkrechtem Einbau einer Verglasung mit einer solchen Außenschicht der  $k_{\text{real}}$ -Wert 11,8 % unter dem DIN- $k_V$ -Wert; bei  $t_a = +10^\circ\text{C}$  liegt er lediglich nur noch 3,6 % über diesem. (Vergleiche hierzu die Verhältnisse ohne niedrigemittierende Schicht in Spalte 3 der Tabellen 1). Für die Wärmeflüsse gilt wiederum entsprechendes (s. Tabelle 2).

Selbst für den Fall des bedeckten Himmels (s. Spalte 6 der Tabelle 1) liegt der  $k_{\text{real}}$ -Wert mit einer solchen Außenschicht im gesamten betrachteten Temperaturbereich entsprechend der Einbaulage 10,9 bis 7,3 % unter dem des DIN- $k_V$ -Wertes.

Mit weiter fallendem Emissionsvermögen einer solchen Schicht auf der Außenoberfläche reduzieren sich bei klarem Himmel die  $k_{\text{real}}$ -Werte und auch ihre Spreizung mit steigender

Neigung weiter. Der Grenzfall wäre bei einem Emissionsvermögen  $\epsilon = 0$  erreicht. In diesem Fall würden unabhängig vom Wolkenbedeckungsgrad die  $k_{\text{real}}$ -Werte und Wärmeflüsse in die der Spalte 6 der Tabellen 1 und 2 für bedeckten Himmel einmünden und die dort aufgeführten Werte noch unterschritten werden. Wie an anderer Stelle [2] schon festgestellt wurde, wäre ein Emissionsvermögen  $\epsilon = 0,1$  für die Außenschicht optimal.



*Bild 2: Aufnahme einer Probe einer 2 Jahre unter  $30^\circ$ -Neigung außenbelagerten K-Glass-Scheibe; rechte Bildseite: nach Außenbewitterung; linke Bildseite: nach Außenbewitterung gereinigt*

Das Beispiel mit einer Außenschicht mit  $\epsilon = 0,2$  wurde deshalb gewählt, weil es heute industriell hergestellte Schichten, z. B. K-Glass und EKO, mit diesem Emissionsvermögen gibt, wobei Produktionstoleranzen und ggf. Schmutzablagerungen auf der Schicht berücksichtigt sind. Bei dem Einsatz dieser Schichten auf der Außenseite von Verglasungen, d. h. auf Position 1 des Isolierglases stellen sich jedoch folgende Fragen:

1. Wie steht es um die Farbgleichmäßigkeit der Schichten? Farbschwankungen auf Position 1 des Isolierglases können die Ästhetik mehr beeinträchtigen als auf anderen Positionen und somit die Akzeptanz des so ausgerüsteten Wärmeschutzisolierrglases in Frage stellen.
2. Wie steht es um die Beständigkeit der Schichten, wenn sie den Umwelteinflüssen ausgesetzt sind? Dies ist die Frage nach der chemischen Beständigkeit.
3. Wie steht es um die Reinigbarkeit der Schichten? Scheiben müssen bekanntlich von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Damit einher geht die Frage nach der mechanischen Beständigkeit.
4. Wie wirken sich Ablagerungen durch Bewitterung auf der Schicht aus?

Zu der 1. Frage erwarte ich, daß die Hersteller einmal Stellung nehmen, ob überhaupt und inwieweit ggf. die notwendige Farbgleichmäßigkeit den Preis der Produkte beeinflusst. Für schrägen Einbau spielen mögliche Farbschwankungen nur eine untergeordnete Rolle.

Die 2. Fragestellung der Umweltbeständigkeit, d. h. der chemischen Beständigkeit der in Frage kommenden K-Glass-Schicht wurde intensiv am

Lehrstuhl Professur für Glas im Institut für Nichtmetallische Werkstoffe an der TU Clausthal-Zellerfeld untersucht [s. u. a. 4]. Es ergab sich, daß diese Schicht – und es kann wegen der chemischen Identität und dem Auftrag bei gleich hohen Temperaturen vor- ausgesetzt werden, daß gleiches auch für die EKO-Schicht gilt – bezüglich der Umwelteinflüsse beständiger als eine normale Flachglasoberfläche ist. Das Problem der Oberflächenkorrosion durch Auslaugung, wie bei Flachglas, ist bei diesen Schichten sogar nicht vorhanden.

Zu der 3. Frage der Reinigbarkeit der Schicht ist zu bemerken, daß die EKO-Schicht glatt ist und sich somit wie normales Flachglas reinigen läßt. Die K-Glass-Schicht ist hingegen sehr rau und weil sie außerdem sehr hart ist, zeigt sie Aufrieb. Bei dieser Schicht bedarf es einer speziellen Reinigungsvorschrift, wie dies auch bei anderen beschichteten Flachglasprodukten heute üblich ist. Ansonsten kann festgestellt werden, daß bei beiden Schichten die mechanische Beständigkeit gegeben ist.

### Schmutzablagerung

Intensiv wurde in den letzten Jahren an verschiedenen Stellen die 4. Frage nach dem Einfluß der Schmutzablagerung durch Außenbewitterung auf die Lichttransmission und das Emissionsvermögen beider Schichten untersucht. In Gummersbach wurde jeweils eine Scheibe mit K-Glass- und EKO-Schicht ohne Zwischenreinigung einer zweijährigen Außenlagerung unter 30°-Neigung ausgesetzt. Bild 2 zeigt eine Probe dieser K-Glass-Scheibe. Wie Tabelle 3 zeigt, hat sich bei der 2jährigen Außenlagerung durch die Verschmutzung das Emissionsvermögen ( $\epsilon$ ) lediglich um 0,01 erhöht, d. h. die Wärmeabstrahlung erhöht sich durch die Schmutzablagerung nur sehr geringfügig (Tabelle 3). Das bedeutet:

Durch Bewitterung abgelagerte Schichten aus Schmutz, der von der Erdoberfläche stammt und durch Re-

Probe	Emissionsvermögen ( $\epsilon$ )		
	unbewittert	außenbewittert	nach Bewitterung gereinigt
K-Glas	-	0,171 <sup>1)</sup>	0,161
Al-Blech (Maschinenbaublech)	0,033	0,041 <sup>2)</sup>	0,033
verzinktes Fe-Blech (Fassadenverkleidung)	0,064	0,274 <sup>2)</sup>	0,268
verzinnertes Cu-Blech (Fassadenverkleidung)	0,026	0,552 <sup>2)</sup>	0,546

1) Bewitterungszeit 2 Jahre 2) Bewitterungszeit 1 Jahr

gen bzw. Wind transportiert wird, sind in hohem Maße transparent für Wärmestrahlen (Infrarotstrahlen).

Diese Erkenntnis hat sehr überrascht und wurde inzwischen auch von der einschlägigen Industrie bestätigt.

Bleibt zu klären, wie sich eine Wässerschicht, aufgebracht durch Regen oder Außenkondensation auf das Emissionsvermögen der Schicht auswirkt. Wie schon an anderer Stelle

ausgeführt [2], steigt bei Benetzung durch Regen das Emissionsvermögen auf ca. 1, d. h. das ursprüngliche Emissionsvermögen der Schicht wird camoufliert. Dies wirkt sich aber auf die Wärmeverluste durch die Verglasung nur geringfügig aus, da in diesem Fall auch der Himmel bedeckt ist, was zur Folge hat, daß die Werte von Spalte 6 der Tabellen 1 und 2 lediglich durch die Werte der Spalte 4 zu

Tab. 3: Emissionsmessungen an außengelagerten Oberflächen

Bilder: H. Gläser

ersetzen sind. Bei Abtrocknung der Scheiben gelten wiederum die Werte von Spalte 6 dieser Tabellen. – Im Falle von Außenkondensation, die bei klarem oder leicht bedecktem Himmel stattfindet, wäre der Unterschied gravierender. Hier wäre die Spalte 5 der Tabellen 1 und 2 durch Spalte 3 zu ersetzen. Aber bei einer niedrigemittierenden Außenschicht mit  $\epsilon = 0,2$  sinkt das Kondensationsrisiko erheblich. Kondensation kann dann bei klarem Himmel nur noch oberhalb einer Außentemperatur  $t_a = 0^\circ\text{C}$  auftreten. Bei einem Emissionsvermögen der Außenschicht von 0,1 würde Außenkondensation nur noch für Außentemperaturen  $t_a > 15^\circ\text{C}$  auftreten [1, 2].

Im Bild 3 ist die Messung der totalen spektralen Transmission und Reflexion (= direkte + diffuse Transmission bzw. Reflexion) im Bereich des sichtbaren Lichtes an der in Bild 2 dargestellten K-Glass-Scheibe wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die abgelagerte Schmutzschicht das Transmissions- und Reflexionsverhalten im sichtbaren Bereich im Vergleich zum Emissionsvermögen (im Infraroten) erheblich beeinflusst. Die totale Transmission hat sich bei der Wellenlänge  $l$  von 500 nm durch die abgelagerte Schmutzschicht immerhin um ca. 8 % verringert und die totale Reflexion um ca. 4 %. Um den Einfluß der abgelagerten Schmutzschicht noch zu verdeutlichen ist in Bild 4 ihr Absorptionsvermögen dargestellt.

Man erkennt, daß sich in den zwei Jahren Außenlagerung das Absorptionsvermögen bei  $l = 500$  nm durch die abgelagerte Schmutzschicht um 12,5 % erhöht hat. (Es addieren sich die Absorptionen der transmittierten und reflektierten Strahlung).

Anzufügen bleibt, daß eine gleichzeitig außengelagerte EKO-Schicht das gleiche Verhalten zeigte. Ein wesentlicher Unterschied bei beiden Schichten wegen der unterschiedlichen Oberflächenrauigkeit konnte nicht festgestellt werden. Auch normales unbeschichtetes Flachglas zeigt in etwa das gleiche Verhalten.

In der Tabelle 3 sind außerdem die Emissionsmessungen an drei Blechen

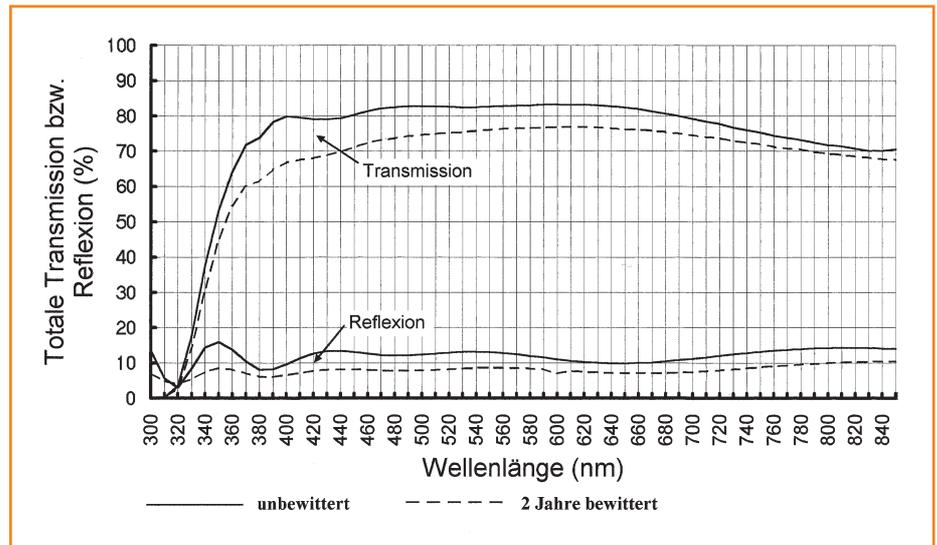


Bild 3: Totale spektrale Transmission bzw. Reflexion im Bereich des sichtbaren Lichtes einer zwei Jahre außengelagerten K-Glass-Scheibe im Vergleich nach der Reinigung  
Bild: Jülich GmbH

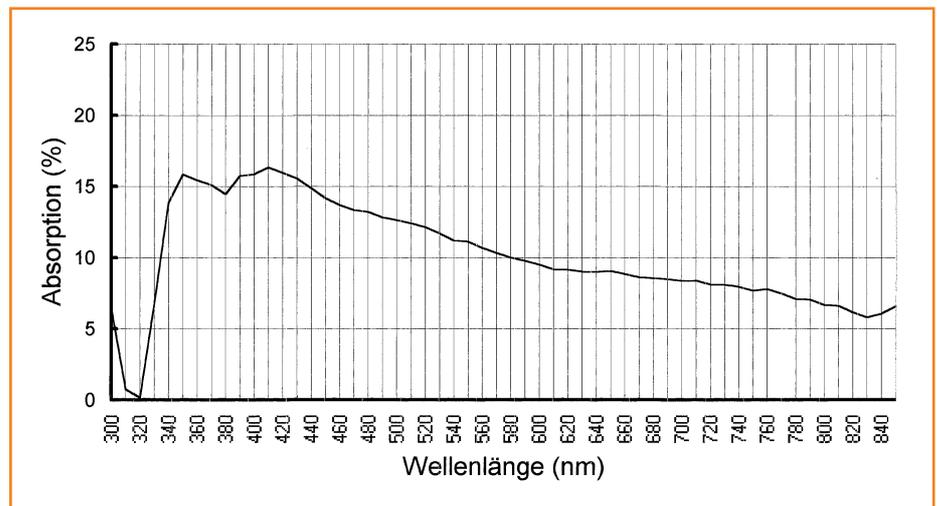


Bild 4: Spektrale Absorption im sichtbaren Bereich der in zwei Jahren durch Außenlagerung entstandenen Schmutzschicht.  
Bild: Jülich GmbH

aufgeführt, die zum Teil als Fassadenverkleidung benutzt werden und vergleichbar 1 Jahr außengelagert waren. Es zeigt sich, daß sich die Oberfläche des Aluminiumbleches wie die K-Glass-Schicht verhält, d. h. das Emissionsvermögen verändert sich nur geringfügig durch die abgelagerte Schmutzschicht. Daraus kann gefolgert werden, daß die Aluminiumoberfläche durch die natürliche Aluminiumoxidschicht so gut geschützt wird, daß sie gegenüber Außenbewitterung chemisch resistent ist. Ganz anders verhalten sich die Oberflächen des verzinkten Eisenbleches und verzinn-ten Kupferbleches. Sie zeigen eine

deutliche Erhöhung des Emissionsvermögens, die auf eine chemische Veränderung der Oberflächen durch die Außenbewitterung zurückzuführen ist. Dies bedeutet aber nicht, daß die Lebensdauer dieser Bleche als Außenverkleidung einer Fassade nicht gegeben ist. Korrosion kann auch schützend wirken! Die Wärmeverluste von modernen Wänden mit  $k_w = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  werden auch durch niedrigemittierende Außenoberflächen auch nur sehr

geringfügig reduziert. Das Problem sind die modernen Wärmeschutzverglasungen.

#### Festzuhalten bleibt:

Normale, d. h. ggf. nicht von speziellen Industrieemissionen stammende Schmutzablagerungsschichten durch Bewitterung beeinflussen das spektrale Verhalten im Bereich der Wärmestrahlen, d. h. im Infraroten, der K-Glass- bzw. EKO-Schichten nur sehr geringfügig. Die Transmission und Reflexion im sichtbaren Bereich – und es gibt Anzeichen, daß dies auch für den ganzen solaren Bereich gilt – wird hingegen durch solche Ablagerungen erheblich beeinflusst.

Diese Erkenntnis ist meines Erachtens für Bauverglasungen von erheblicher Bedeutung und sollte von den Flachglasveredlern genutzt werden. Ich bin überzeugt, daß wegen dieser Erkenntnis Wärmedämmschichten auf der Außenseite von Verglasungen die gleiche Bedeutung erlangen werden wie die bei Wärmeschutzscheiben im Scheibenzwischenraum und somit die Zukunft des Werkstoffes Flachglas im Hochbau und bei der Fahrzeugverglasung weiter absichern. Auf den Punkt gebracht haben sie in Abhängigkeit vom Emissionsvermögen folgende Vorteile:

- Sie reduzieren erhebliche den Wärmeverluste,

- sie vereinheitlichen weitestgehende die Wärmeverluste unabhängig von der Außentemperatur und der Neigung der Verglasung im eingebauten Zustand und
- sie reduzieren das Außenkondensationsrisiko der Wärmeschutzscheiben erheblich.

#### Ist die DIN noch aktuell?

Die Fragestellung muß ich im Hinblick auf die heutigen technischen Möglichkeiten eindeutig mit „nein“ beantworten. Um den modernen Anforderungen gerecht zu werden, ergeben sich meines Erachtens für Isolierglashersteller in Zukunft zwei Alternativen:

1. Er gibt entweder statt des k-Wertes gemäß DIN nur noch den Wärmedurchlaßzahl  $\Lambda$  seiner Produkte an und der Bauingenieure oder Architekten berechnen anhand dieses Wertes für das jeweilige Hochbauprojekt die Wärmeverluste der Verglasungen. Der  $\Lambda$ -Wert ist die eigentliche spezifische Größe des Wärmeverlustes eines Produktes, der durch die Prüfinstitute bestimmt wird. Diese Alternative würde meines Erachtens aber die Anwendung des Werkstoffes Flachglas in Hochbau sehr komplizieren und sich auf seinen Einsatz negativ auswirken. Oder

2. die Wärmeschutzverglasungen werden in Zukunft grundsätzlich mit einer niedrigemittierenden Außenverglasung ausgestattet. Die Bauingenieure und Architekten könnten dann wie bisher mit einem konstanten Verlustwert für die Wärme weiterrechnen, z. B. mit  $k_{\text{real}} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  im oben dargestellten Beispiel. Die weiteren Vorteile dieser Alternative sind oben dargestellt.

Ich bin sicher, daß die zweite Alternative wegen der großen Vorteile sich durchsetzen wird. Die heute industriell hergestellten Produkte K-Glass und EKO können hierzu den Einstieg bilden.

**Danksagung:** Herrn Dr. Stiebig vom Institut für Schicht- und Ionentechnik – Photovoltaik – des Forschungszentrums Jülich GmbH möchte ich für die Messungen zu den Bildern 3 und 4 herzlich danken.

#### Literatur:

- [1] Gläser, H. J.: Condensation on the outer surface of window glazings – Causes, effect on heat loss and method for prevention, *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* 70 (1997), 146–154
- [2] Gläser, H. J.: In: *Dünnschichttechnologie auf Flachglas*, Verlag K. Hofmann, Schorndorf, 1999, S. 185–200
- [3] Feist, W.: In: *Thermische Gebäudesimulation*, Verlag C. F. Müller, Heidelberg, 1994, S. 292
- [4] Rälain, E., Ambos, R. und Frischat, G. H.: Atomic force microscopy of coated glasses, *Fresenius J. Anal. Chem.* 353 (1995a), S. 413–41