



Hochwirksame Wärmeschutzschichten mit 3 Prozent Emissionsvermögen

# Im Zwielight gültiger Toleranzen

**Friedrich W. Nickol**

**DEUTSCHLAND IST IN DER Dünnschichttechnologie seit Jahrzehnten auf einem hohen technischen Stand. Niedrig emittierende Schichten auf Glas haben als Anwendungsbereich in der Architektur dabei einen besonderen Stellenwert. Allein in Deutschland werden pro Jahr mehrere 10 Mio. m<sup>2</sup> Glas mit niedrig emittierenden Wärme- und Sonnenschutzschichten veredelt, die die gestalterischen Freiheiten moderner Fassaden erst ermöglichen.**

Durch die konsequente Weiterentwicklung von Verfahren und Materialien konnten die technischen Eigenschaften der Schichten in den vergangenen 15 Jahren immer weiter verbessert werden.

Schon in den frühen 90er Jahren waren Wärmeschutzschichten mit einem nominellen Emissionsvermögen von  $\epsilon_n = 4\%$  bekannt. Damals schon konnte man Isolierglas mit dem hervorragenden k-Wert von  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  (heute  $U_g$ -Wert =  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) produzieren. Lange galten diese Werte als machbare Grenzen, die mit einer einzelnen Silberschicht im Schichtsystem nicht unterboten werden konnten.

Seit Erscheinen der 4% - Schichten am Markt dauerte es noch etwa 10 Jahre, bis die Wärmeschutzschichten älterer Generation, mit  $\epsilon_n = 7\%$  und einem k-Wert =  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ganz vom Markt verschwunden waren. Ihre vollständige Substitution erforderte noch eine intensive Entwicklungsarbeit sowie zusätzliche Investitionen durch die Beschichtungsunternehmen.

Seit wenigen Jahren ist nun eine neue Generation von Wärmeschutzschichten auf dem Markt. Schichten, die mit nur einer Silberlage ein nominelles Emissionsvermögen von nur noch 3% haben und damit einen  $U_g$ -Wert =  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  im Isolierglas erzielen.

Die Entwicklung und Produktion derartiger Schichten ist anspruchsvoll, weil man damit erneut den physikalischen Grenzen der Schicht- und Produktionstechnik ein Stück näher gekommen ist.

## Nicht im Einklang

Leider stehen die vor Jahren festgelegten Toleranzen und Rundungsregeln zur Charakterisierung von Schichteigenschaften nicht mehr im Einklang mit den technischen Eigenschaften dieser Schichtgeneration. Nach der üblichen mathematischen Rundungsregel darf der  $U_g$ -Wert eines Isolierglases auf  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  abgerundet werden, wenn der theoretische Wert  $< 1,149 \text{ W/m}^2\text{K}$  liegt.

Diesen Wärmedurchgangskoeffizienten erreicht ein Isolierglas mit einem Gasfüllgrad von 90% und einem Scheibenzwischenraum von 16 mm nur dann, wenn das Emis-

### ! Autor

**Dipl.-Phys. Friedrich W. Nickol** ist Prokurist bei der Semco Glastechnik GmbH in 17034 Neubrandenburg, Tel. (03 95) 4 30 70-512, [nickol@semcoglasbeschichtung.de](mailto:nickol@semcoglasbeschichtung.de), [www.semcoglas.com](http://www.semcoglas.com)

### ! Was kann für den Kunden getan werden?

1. Das in der Bauregelliste definierte Toleranzband zum normalen Emissionsvermögen sollte eingeschränkt werden.
2. Die verfahrensbedingten Messtoleranzen zur Bestimmung von  $\epsilon_n$  sind in der Regel Plustoleranzen. Sie können das Messergebnis an modernen Schichten um bis zu + 20% verfälschen. Hier besteht Handlungsbedarf seitens der Gerätehersteller und Labore.
3. Es liegt in der Verantwortung der Beschichtungsunternehmen, den möglichen Freiheitsgrad derzeit gültiger Toleranzen nicht auszuschöpfen, so dass die neuen 3%-Produkte – mit ihren sehr guten Eigenschaften – eindeutig von 4%-Produkten – mit ihren guten Eigenschaften – unterschieden werden können.
4. Die in Umsetzung befindliche CE Norm 1096-4 bietet für o.g. Fragestellung keine Hilfe, weil darin für das Emissionsvermögen einer Schicht sogar ein Toleranzband von + 2% festgelegt wurde.

sionsvermögen der verwendeten Schicht  $\epsilon_n < 3,8\%$  liegt. Bei dieser Betrachtung müssen alle anderen möglichen Toleranzen des SZR oder des Gasfüllgrades zu Null angenommen werden. Läge das Emissionsvermögen etwas höher bei 3,9%, ergäbe sich – unter sonst gleichen Bedingungen – ein theoretischer

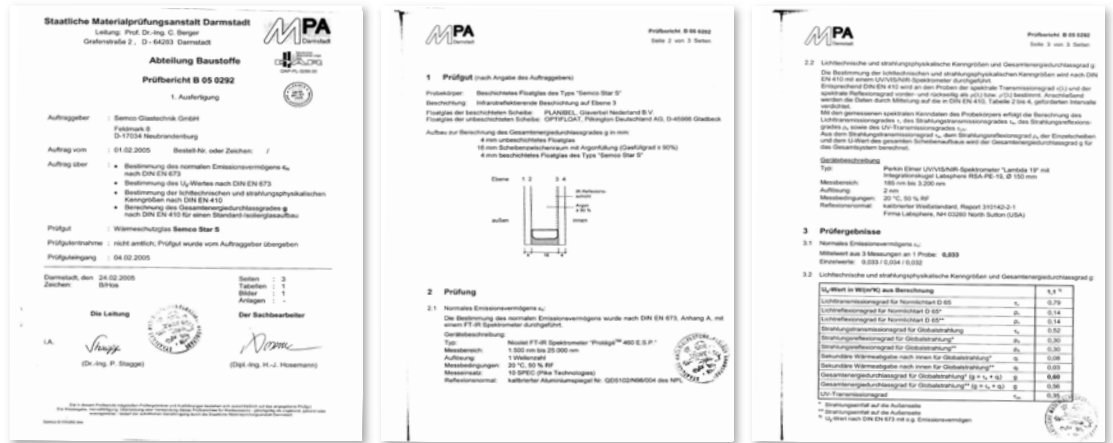
$U_g$ -Wert von 1,151 W/m<sup>2</sup>K, nach Rundung jedoch von 1,2 W/m<sup>2</sup>K. Das bedeutet, die exakten Ergebnisse liegen nur um 0,002 W/m<sup>2</sup>K auseinander, während die gerundeten Werte sich mit 0,1 W/m<sup>2</sup>K deutlich unterscheiden und damit technisch ganz unterschiedliche Produkte indizieren.

Die eindeutige Charakterisierung dieser technischen Schichteigenschaften wird durch die EN 673 und eine Festlegung in der Bauregelliste weiter erschwert. Nach der EN 673 wird das Emissionsvermögen einer Schicht mit nur zwei Nachkommastellen angegeben. Das bedeutet, ein theoretisches Emissionsvermögen  $\epsilon_n = 0,0349$  wird auf  $\epsilon_n = 0,03 = 3\%$  gerundet. Die Bauregelliste erlaubt für das Emissionsvermögen einer Schicht zusätzlich ein Toleranzband von  $\pm 1\%$ . Daraus folgt: Man kann ein Isolierglas mit einer Wärmeschutzschicht, deren reales Emissionsvermögen  $\epsilon_n = 4,49\%$  beträgt, als „3%-Produkt“ deklarieren.

Der  $U_g$ -Wert dieses Produktes kann gegebenenfalls mit 1,1 W/m<sup>2</sup>K angegeben werden, obwohl er real (wieder unter Vernachlässigung möglicher Toleranzen im SZR oder Gasfüllgrad) bei 1,18 W/m<sup>2</sup>K, also gerundet bei 1,2 W/m<sup>2</sup>K liegt.

Aufgrund der EN 673 und der Festlegung der Bauregelliste können daher „3%-Produkte“ nicht eindeutig von „4%-Produkten“ und Isolierglas mit einem  $U_g$ -Wert = 1,1 W/m<sup>2</sup>K nicht von solchem mit einem  $U_g$ -Wert = 1,2 W/m<sup>2</sup>K hinreichend scharf unterschieden werden. Kunden könnten von Produkteigenschaften enttäuscht sein, die sich aus Rundungen und Toleranzen herleiten. Eine klare Unterscheidbarkeit der bei-

Die Semcoglas hat mit „SemcoStar S“ ein „echtes 3%-Produkt“ entwickelt, dessen normales Emissionsvermögen bei  $\epsilon_n < 3,5\%$ , inklusive der Fertigungstoleranzen, liegt. Dieser sehr gute Wert ergibt sich aus den engen Toleranzen der kontinuierlichen Eigenüberwachung und wird im Prüfbericht der Staatlichen Materialprüfungsanstalt Darmstadt bestätigt



den Schichtgenerationen im Wärmeschutz ist nur dann gegeben, wenn sich das Emissionsvermögen der „3%-Produkte“ real im unteren 3%-Bereich bewegt. Echte „3%-Produkte“ sind technisch möglich. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass alle Ergebnisse, inklusive der Fertigungstoleranzen, in einem Band  $\epsilon_n < 3,5\%$  liegen. Grundsätzlich gilt: Das Emissionsvermögen von Wärmeschutzschichten ist proportional zum so genannten Flächenwiderstand des Schichtsystems:  $\epsilon_n = 0,0106 \times R_{\square} / 1$ . Niedrigere Emissionsvermögen silberhaltiger Schichtsysteme können also prinzipiell durch dickere Silberschichten erzielt werden.

Allerdings stößt man mit dieser Optimierungsstrategie schnell auf Grenzen, weil mit wachsender Dicke des Silbers die Schicht im sichtbaren Bereich des Sonnenspektrums immer schlechter entspiegelt werden kann. Das bedeutet, in Reflexion und Transmission kann das Produkt seine Neutralität einbüßen und sein Reflexionsgrad kann steigen. Allein mit einer Erhöhung der Silberschichtdicke ist es also nicht getan. Das gesamte Schichtsystem muss optimiert werden und dabei spielt insbesondere die Qualität der Silberschicht eine entscheidende Rolle.