

Minimierte Wärmebrücken:

Warme Kante für Isolierverglasung

Ingrid Quel

Abstandhaltersysteme für „Warme Kante“ bei Isolierverglasungen haben in Europa einen kleinen, aber wachsenden Marktanteil. Neue Verordnungen zum energiesparenden Bauen werden in naher Zukunft das Aussehen von Gebäuden, Fenstern, Verglasungen und sogar des Glasrandverbundes stark beeinflussen und den Markt eventuell rasch verändern. Pauschale Marketingaussagen sind hierbei nicht hilfreich. Fundiertes Wissen über die Zusammenhänge und die wechselseitige Beeinflussung von Verglasung, Randverbund und Rahmen ist notwendig, um Isolierglas- und Fensterherstellern zu ermöglichen, ihren eigenen Weg zur Reaktion auf die veränderten Anforderungen zu finden.

Was ist die sogenannte „Warme Kante“ und warum brauchen moderne Fenstersysteme „Warme-Kante“-Lösungen?

Mit dem Begriff „Warme Kante“ wird beschrieben, wie ein verbesserter Isolierglasrandverbund funktioniert: Im herkömmlichen Randverbund bilden Abstandhalter aus hochwärmeleitenden Materialien wie Aluminium eine ausgedehnte lineare Wärmebrücke. Neue Abstandhaltersysteme reduzieren die Wärmeverluste von solchen thermischen „Kurzschlüssen“. In einem beheizten Gebäude bleibt die raumseitige Glaskante einer Isolierverglasung deutlich wärmer, die Verglasung hat eine „Warme Kante“. In klimatisierten, gekühlten Gebäuden funktioniert der verbesserte Glasrand allerdings genau andersherum: Er bleibt kälter als bei einem Aluminium-Abstandhalter und verhindert, daß Wärme an dieser Stelle wieder in das Gebäude eindringt. Ein besserer Ausdruck zur Beschreibung der Vorgänge wäre deshalb „thermisch getrennter Glasrandverbund“ oder „Verglasung mit minimierten Wärmebrücken“.

Bei Gebäuden mit schlecht wärmedämmten Wänden, Dächern und Fenstern sind die von herkömmlichen Aluminium-Abstandhaltern im Glasrand gebildeten Wärmebrücken im Vergleich mit den Verlusten über die gesamte Gebäudeaußenhülle zweit-rangig. Während der letzten Jahrzehnte



Bild 1: Kondensation an der kalten Kante eines Holzfensters mit Aluminium-Abstandhalter

wurde jedoch die Wärmedämmung von Gebäuden beachtlich verbessert. Niedrigenergiehäuser, 3-Liter-Häuser, Passivhäuser und ähnliches haben eine sehr stark gedämmte Außenhülle. Dadurch treten Wärmebrücken deutlich in Erscheinung und werden wichtig, weil sie einen großen Teil zu den verbliebenen Transmissionswärmeverlusten beitragen.

Eine „Kalte Kante“ kann durch Kondensationserscheinungen und Schimmelbildung den Komfort beeinträchtigen und sich negativ auf die Lebensdauer eines Fensters auswirken. Tauwasserbildung an der raumseitigen Glaskante, wie in Bild 1, wird vor allem bei neuen Fenstern häufig reklamiert. Es kommt öfters vor, daß alte Fenster tauwasserfrei sind, und bei dem Fensteraustausch nach einer Sanierung unerwartet Kondensat auftritt, und was zu Schimmelbildung

führen kann (Bild 2). Das spricht nicht gegen die Gesetze der Bauphysik – die neuen Fenster haben eine bessere Rahmenqualität, eine Wärmeschutzverglasung und sind luftdichter – sie lassen aber keine Feuchte aus dem Rauminneren mehr entweichen. Diese Art der Tauwasserbildung ist der sichtbare Beweis für Wärmebrücken in beheizten Gebäuden.

Mit entsprechenden Computerprogrammen (etwa Physibel, WinIso, Framo u. ä.) kann der Temperaturverlauf in einer Konstruktion in Abhängigkeit von Innen- und Außentemperatur berechnet werden. Das hohe Optimierungspotential der verbesserten Abstandhaltersysteme wird durch solche Isothermenbilder eindeutig bewiesen (Bild 3).

Thermographie-Aufnahmen zeigen die Wärmebrückenverluste noch deutlicher. Kleine, zweiflügelige Fenster oder Fenster mit innenliegenden Sprossen verschlechtern die Situation zusätzlich. Eine „Warme Kante“ kann die thermischen Effekte nicht ganz verhindern, aber je nach Leistungsfähigkeit des Systems reduziert sie die Wärmebrücke mehr oder weniger auf ein Minimum.

Fensterwerte und Gebäudedesign

Ausgangspunkt für die Bestrebungen zur wärmetechnischen Verbesserung von Gebäuden waren in den Siebziger Jahren dramatisch gestiegene Energiekosten. Dies mag für einen privaten Bauherrn nach wie vor der Hauptantrieb zur Investition in verbesserte Wärmedämmung sein. Mehr und mehr wird jedoch verstanden, daß die Verschwendung von Heizenergie in Gebäuden einen großen Einfluß auf das Klima hat, weil die Erzeugung von Heizwärme aus fossilen Energieträgern Treibhausgase freisetzt. Ebenso werden in heißen Klimaten enorme Energiemengen zur Kühlung von Gebäuden verschwendet. Aus diesem Grund sehen sich Regierungen gezwungen, Verordnungen zur verbesserten Wärmedämmung zu schaffen. Die Umsetzung wird eine große Herausforderung sowohl in kalten als auch in heißen Klimazonen der Erde werden, denn: was gut ist gegen Kälte, hilft auch gegen Wärme. Um die höheren Anforderungen zu erfüllen, werden sich zukünftig Gebäude und damit auch Fenster und Verglasungen wandeln müssen.

Aus Klimaschutzgründen wird in mehreren europäischen Ländern das Energieeinsparen in beheizten Gebäuden durch neue Verordnungen verstärkt. Die deutsche Regierung hat das Ziel, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 auf ein Niveau von 25 % unter den Wert von 1995 abzusenken. Etwa ein Drittel des Energiebedarfs wird in Deutschland in Gebäuden verbraucht, und ein Großteil davon wird als Heizwärme im wahrsten Sinne des Wortes „zum Fenster hinausgeworfen“. Die neue Energieeinsparverordnung (EnEV), die in den



Bild 2: Starke Kondensation und Schimmelbildung an einem Holzfenster mit „Kalter Kante“

nächsten Monaten in Kraft treten wird, schreibt das Niedrigenergiehaus als Standard vor (70 kWh/m²a) und wird den Primärenergieverbrauch in einer Bilanz aus vielen Parametern wie Transmissionswärmeverluste, Lüftungswärmeverluste, solare Gewinne, interne Gewinne, Wirkungsgrad des Heizsystems, Art des Energieträgers, Antriebsenergien usw. ermitteln. Um die Planer zu intelligenter Planung unter Berücksichtigung aller machbaren Energieeinsparpotentiale zu bewegen, wird es beispielsweise einen drastischen Pauschalzuschlag für Wärmebrücken geben – es sei denn, der Planer weist einzeln eine bessere Ausführung nach. Ein Mindestwärmeschutz von Gebäuden wird in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis vorgeschrieben.

Derzeit ist der durchschnittliche Heizwärmeverbrauch von bestehenden Gebäuden in Deutschland immer noch sehr hoch – etwa 220 kWh/(m²a), was 22 l Heizöl pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr entspricht. Innovative Baustile beweisen, daß dieser Verbrauch auf bis zu 1,5 Liter reduziert werden kann, auf das sogenannte Passivhausniveau.

Passivhäuser sind der neuen EnEV noch weit voraus, wie in Bild 4 gezeigt wird. Sie besitzen eine extrem hoch gedämmte Außenhülle und ein kontrolliertes Lüftungssystem. Außerdem sind sie mit Wärmerückgewinnung ausgestattet, haben keine konventionelle Heizanlage mehr, und funktionieren nur mit hochwärmedämmenden Fensterrahmen mit Dreifachverglasung. Für Passivhäuser wird ein Fenster-U-Wert von $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei einer Verglasung von $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gefordert, berechnet nach dem neuen Europäischen Normentwurf E DIN EN ISO 10 077-2. Nach dieser Norm wird ein U-Wert für Fenster U_w aus den Werten für Rahmen U_f , Verglasung U_g und lineare Wärmebrücke Glasrand ψ (psi) berechnet. In Deutschland wird diese Norm mit der neuen EnEV in Kraft treten. Die Wärmedurchgangskoeffizienten U_w von Fenstern beinhalten dann gleich den Wärmebrückenzuschlag, welcher je nach Art des Randverbundsystems mehr oder weniger stark ins Gewicht fällt. Außerdem werden die Rahmen aufgrund eines

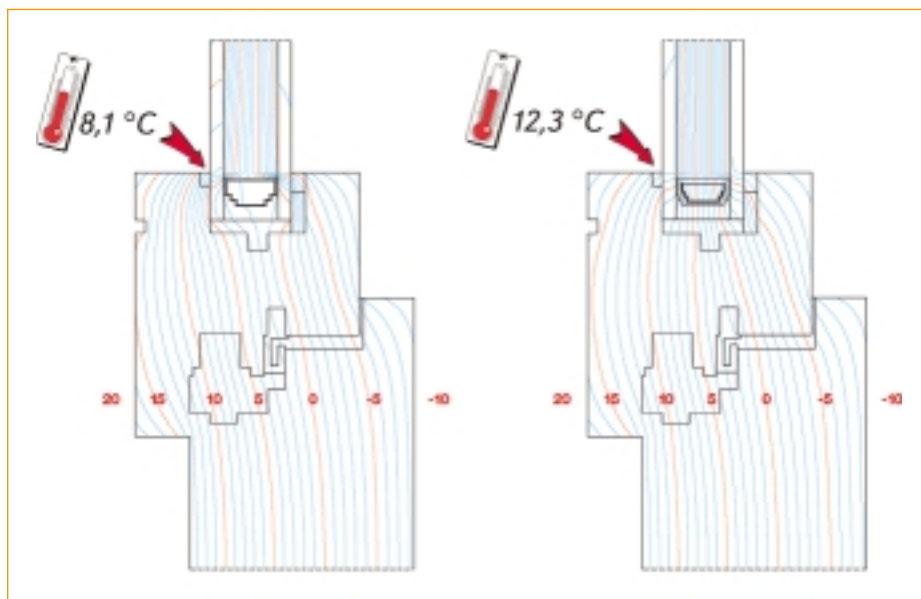


Bild 3: Isothermenverlauf in einem Holzfenster, 20 °C raumseitig, -10 °C außen links mit Aluminium-Abstandhalter, rechts mit Thermix-Abstandhalter






geänderten Ermittlungsverfahrens teilweise etwas schlechter abschneiden. Beides zusammen wird die Fensterwerte von Systemen mit herkömmlichen Isolierglas-Abstandhaltern deutlich verschlechtern. Dieser Werteanstieg kann durch den Einsatz eines Hochleistungssystems für „Warme Kante“ wieder reduziert werden.

Charakteristisch für die neuen „Superfenster“ sind: Thermisch getrennte Rahmen (durch Lagen aus Polyurethan, Polystyrol, Kork u. ä.), Dreifach-Wärmeschutzverglasung, erhöhter Einstand der Verglasung im Rahmenprofil und „warme Kante“ Abstandhalter mit den besten Werten wie etwa von Thermix.

Obwohl die Größenordnung der linearen Wärmedurchgangskoeffizienten ψ im Bereich von Hundertstel bis Zehntel liegt, rechnen sie sich durch die Multiplikation mit der umlaufenden Länge des Glasrandes doch zu beachtlichen Zuschlägen hoch, wie der Vergleich von Aluminium- und Thermix-Abstandhaltern in Tabelle 1 zeigt. Der Einfluß von Fenstergröße und Fensterausführung sollte nicht unterschätzt werden. Um Systeme zu vergleichen, wird natürlich der Wert für eine Referenzgröße benötigt werden, z. B. $1,23 \times 1,48$ m. Aber für eine detaillierte Berechnung des Energieverbrauchs von Gebäuden zeigt sich (Tabelle 1), daß kleine, stark unterteilte Fenster aufgrund des höheren Randanteils viel stärker zu Buche schlagen werden:

Die Differenz zwischen dem schlechtesten Fall mit $2,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und der besten Version mit $1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei dem Beispiel aus Tabelle 1 ist $0,71 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Diese Abstandhalter verbessern die Werte des in Tabelle 1 dargestellten Musterfensters um $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei der einflügeligen Ausführung bis hin zu $0,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei der am meisten unterteilten Version. Diese große Bandbreite kann nicht vernachlässigt werden, da sie ansonsten die Energiebilanz eines Gebäudes stark verzerren würde. Aus diesem Grund werden Fensterhersteller zukünftig nicht nur einen U_w -Wert, sondern auch die einzelnen Werte für Rahmen, Verglasung und Wärmebrücke ψ für jede Glas-Rahmen-Kombination angeben müs-

Tabelle 1: Länge des Glasrandes und U_w -Werte in Abhängigkeit von der Fensterausführung

Holzfenster 1,30m x 1,30 m = 1,69 m ²	Fenster- Ausführung	Glasfläche	Rahmen- fläche	Länge Glaskante bei 30 m ² Fenster	U_w Alu	U_w Thermix
Fenster-Ausführung		%	%	m	W/(m ² K)	W/(m ² K)
Einflügelig		70	30	78,5	1,59	1,42
Zweiflügelig		64	36	113,9	1,74	1,50
Zweiflügelig mit Oberlicht		57	43	141,8	1,87	1,57
Zweiflügelig mit Oberlicht und 1 Sprosse		55	45	174,4	2,00	1,63
Zweiflügelig mit Oberlicht und 2 Sprossen		53	47	207,0	2,13	1,70

Holzfenster $1,30 \times 1,30 \text{ m} = 1,69 \text{ m}^2$

18 Fenster = ca. 30 m^2 Fensterfläche

Rahmen $U_f = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Verglasung $U_g = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,

ψ (Aluminium Abstandhalter) = $0,116 \text{ W}/(\text{mK})$, Ψ (Thermix-Abstandhalter) = $0,052 \text{ W}/(\text{mK})$

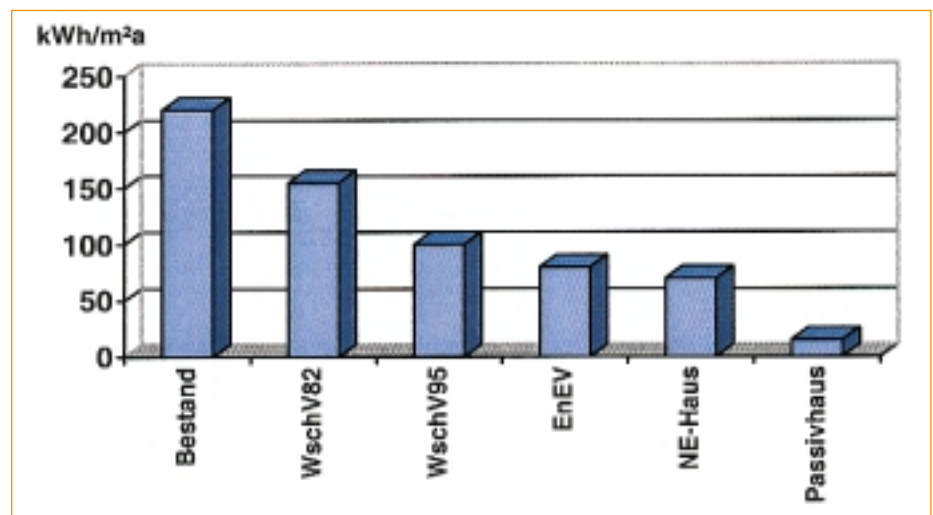


Bild 4: Heizwärmeverbrauch von Gebäuden

sen. Zusätzlich wird das ganze kompliziert durch die Tatsache, daß ψ für ein Abstandhaltersystem keinen festen Wert hat. Außerdem ist ψ keine Materialgröße, sondern beschreibt lediglich die physikalischen Vorgänge an

der Wärmebrücke und der Wert ist sowohl vom Rahmen als auch von der Verglasung abhängig.

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + \psi \cdot L}{A_w}$$

Bild 5: Gleichung zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern

Für einen Fensterhersteller ist die „Warme Kante“ in der Verglasung eine wirtschaftliche Maßnahme zur raschen Verbesserung der Fensterwerte nach neuer Norm. Eine Verbesserung in derselben Größenordnung über erhöhte Dämmung der Rahmen zu erreichen, ist wesentlich aufwendiger. Aufgrund der eingesparten Heizwärme ist die Reduktion von Wärmebrücken natürlich immer eine sehr wirtschaftliche Maßnahme. Diese Einsparungen kommen jedoch erst dem Nutzer der Fenster zugute.

„Warme Kante“-Systeme

Gegenwärtig werden drei Richtungen zur Verbesserung des Isolierglas-Randverbunds besprochen:

- Austausch von Aluminium durch Metalle mit geringerer Wärmeleitfähigkeit (Edelstahl), kombiniert mit Verringerung der Wandstärken
- Austausch von Aluminium durch organische Materialien mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit, verbunden mit einer drastischen Erhöhung der Wandstärken (TPS)
- Austausch von Aluminium durch Kombinationen von technischen Kunststoffen mit Aluminium (Swisspacer), Stahl (TIS) oder Edelstahl (Thermix). Aufgrund der Verwendung von sehr dünnen Edelstahlfolien haben Thermix Abstandhalter mit die besten Werte. □

Literatur:

- [1] „Einfluß der Abstandhalter-Ausführung auf den Jahresheizwärmebedarf eines Einfamilienhauses“, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, 1995
- [2] „Thermix Systemvergleich: Auswirkung des thermisch entkoppelten Randverbunds bei Neubau und Sanierung“, ebök Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte GbR mbH, Tübingen, Dez.1997/Jan. 1998/April 1999
- [3] „Wirtschaftlichkeitsrechnung für den wärmedämmenden Abstandhalter“, Passivhausinstitut Dr. Wolfgang Feist, Darmstadt, Germany, Nov. 1998/April 2001
- [4] „Forschungsvorhaben Warm Edge“, ift Institut für Fenstertechnik, Rosenheim, Juli 1999
- [5] „Dokumentation Wärme- und Sonnenschutz für Fenster und Fensterelemente“, Schweizerische Zentralstelle für Fenster- und Fassadenbau SZFF, Dietikon, 2001
- [6] „Calculation of Typical Values of the Linear Thermal Transmittance“, Eriksen, Kragh, Svendsen, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, March 2001
- [7] „Request for harmonization of product standard and calculation standards on windows“, Prof. Svendsen, Technical University of Denmark, March 2001