Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 35

Artikel: Wärmedurchgangskoeffizient von Fensterkonstruktionen
Autor: Frank, Thomas / Mühlebach, Hans
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76684

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 26.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wärmedurchgangskoeffizient von Fensterkonstruktionen

Von Thomas Frank und Hans Mühlebach, Dübendorf

Bei der Beurteilung der Wärmedämmeigenschaften von Fensterkonstruktionen bestehen heute vielfach Unsicherheiten über die Vergleichbarkeit der vorhandenen Kennwerte. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass unterschiedliche Definitionen der verwendeten Mess- und Rechenwerte vorliegen.
Eine einheitliche Betrachtungsweise der wärmetechnischen Kenngrössen des Fensters drängt sich deshalb auf. Der vorliegende Berechnungsansatz stützt sich einerseits auf Messungen und Berechnungen, welche an der EMPA durchgeführt wurden, andererseits lehnt er sich stark an die neuen Berechnungsverfahren von Belgien und Frankreich an.

Einleitung

Das Bauelement Fenster stellt eine inhomogene Konstruktion dar. Für die Ermittlung der Wärmeverluste ist eine Aufteilung des Fensters in Teilbereiche gemäss Bild 1 erforderlich. Diese Teilbereiche werden je für sich mit Wärmedurchgangseigenschaften versehen: Zonen mit vorwiegend eindimensionalem Wärmedurchgangsverhalten wird ein flächenbezogener mittlerer *k*-Wert zugeordnet, Störzonen mit mehrdimensionalem Wärmefluss (sog. Wärmebrücken) werden mit einem Perimeter-Zuschlag, dem linearen *k*-Wert versehen. Dieser Ansatz weist den Vorteil auf, dass für die verschiedenen Materialien, Rahmen und Verglasung, Produkte-Kennwerte definiert werden können, welche unabhängig von der Fenstergrösse sind. Der Gesamtwärmedurchgangskoeffizient des Fensters lässt sich rechnerisch wie folgt ermitteln:

$$k_F = \frac{k_R \cdot A_R + k_G \cdot A_G + k_{lin} \cdot L}{A_F}$$

wobei

A_R Projektionsfläche des Rahmens (m²)
A_G Projektionsfläche des Glases (m²)
A_F Projektionsfläche des Fensters (m²)
$A_F = A_R + A_G$
L Perimeterlänge des Glasrandes (m)
(Lichtmass der Glasfläche)
k_R Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens (W/m² K)
k_G Wärmedurchgangskoeffizient des Glases (W/m² K)
k_{lin} Wärmedurchgangskoeffizient des Glasrandverbundes (W/m K)

Die Bestimmung des linearen *k*-Wertes k_{lin} des Glasrandverbundes kann auf rechnerischem Wege mit Hilfe eines Finite-Element-Programmes [vgl. 1, 2, 4, 8] oder durch Labormessungen erfolgen. Umfangreiche Untersuchungen zum vorliegenden Rechenansatz wurden in Belgien und Frankreich durchgeführt. Entsprechende Normierungsentwürfe zur rechnerischen Bestimmung des Fenster-*k*-Wertes liegen in diesen Ländern bereits vor [8, 9, 10, 11].

Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Für die rechnerische Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fensterkonstruktionen werden im folgenden die erforderlichen Kenngrössen für die einzelnen Teilbereiche angegeben. Es handelt sich dabei um Richtwerte für die Planung. Bei neuen Produkten empfiehlt sich in der Regel die Verwendung von Labormesswerten. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass ein direkter Produktevergleich nur bei Prüfungen nach derselben Messmethode möglich ist. Nähere Angaben zur Problematik der Vergleichbarkeit von Messresultaten sind in der SZFF-Norm 41.04 [13] enthalten.

Rahmen-k-Wert

In Tabelle 1 sind die heute üblichen Rahmenarten und deren *k*-Werte aufgeführt. Es ist jeweils eine Bandbreite sowie ein typischer Mittelwert angegeben. Zurzeit wird in einer Arbeitsgruppe des SZFF eine Prüfrichtlinie zur messtechnischen Bestimmung des Rahmen-*k*-Wertes vorbereitet.

Glas-k-Werte

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Wärmeschutzgläser hat in den letzten Jahren sehr grosse Fortschritte gezeigt. Es werden eine grosse Anzahl verschiedenartiger Wärmeschutzbeschichtungen auf dem Markt angeboten. Die Infrarot reflektierenden Beschichtungen können grob in zwei Kategorien eingeteilt werden:

□ *Typ A:* Pyrolytisches Beschichtungsverfahren («hard coated») mit Zinnoxid oder Indiumoxid, $\varepsilon \cong 0{,}15$

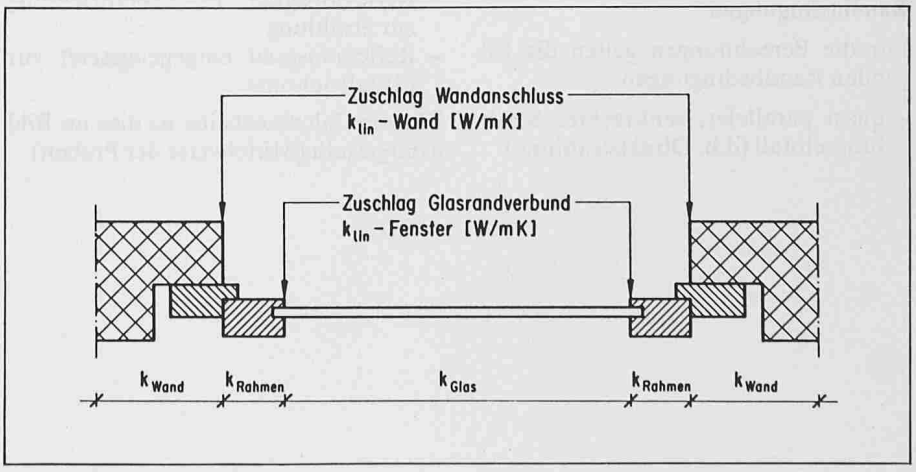
□ *Typ B:* Im Vakuum aufgebrachte Beschichtungen nach dem Sputtering-Verfahren («soft coated») mit Gold, Kupfer oder Silber, $\varepsilon \cong 0{,}10$

Die Glas-*k*-Werte für eine Anzahl Normal- und Wärmeschutzgläser (Typ A und B) wurden auf rechnerischem Wege für folgende Randbedingungen ermittelt:

$t_i = 20\,°C$, $\alpha_i = 8\,W/m^2K$
$t_a = 5\,°C$, $\alpha_a = 20\,W/m^2K$

Als Rechenmodell wurde der Ansatz von Rubin [12] verwendet, für dessen Anwendung im Rahmen des NEFF-Projektes Nr. 266 ein BASIC-Rechenprogramm erstellt worden ist [5]. Die Zuverlässigkeit des Rechenverfahrens wurde an der EMPA mit Hilfe von *k*-Wert-Messungen im Labor überprüft.

Bild 1. Teilbereiche des Fensters
- *Anschluss des Blendrahmens an die Wandkonstruktion*
- *Fensterrahmen (Blend- und Flügelrahmen)*
- *Glasrandverbund*
- *ungestörte Glaszone*



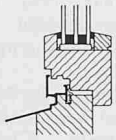
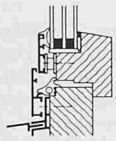
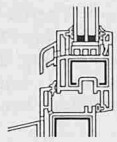
Rahmentyp	k_{Rahmen} [W/m²K]
Holz 	**1.7** (1.4 - 2.0)
Holz-Metall 	**1.8** (1.6 - 2.0)
Kunststoff 	**2.0** (1.6 - 2.4)
Metall (wärmegedämmt)	**3.0** (2.5 - 3.5)

Tabelle 1. Richtwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten von Rahmenkonstruktionen

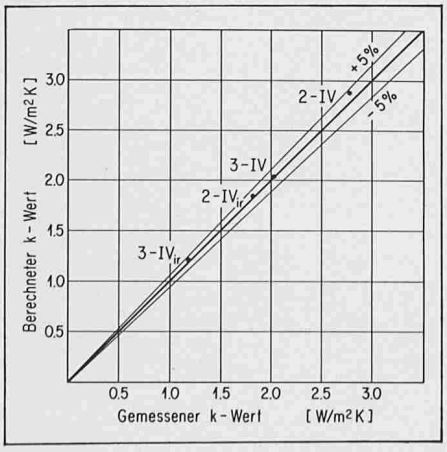
Die Rechengenauigkeit liegt dabei in einer Fehlerbandbreite von ±5% (vgl. Bild 2).

In den Tabellen 2 bis 4 sind die rechnerischen Glas-*k*-Werte für verschiedene Verglasungskonstruktionen mit und ohne Gasfüllung (Argon) angegeben. Teilweise sind heute auch Wärmeschutzgläser mit einer Infrarot-Beschichtung $\varepsilon < 0{,}10$ auf dem Markt. In diesen Fällen sind für die Glas-*k*-Werte die Herstellerangaben (bzw. Prüfzeugnisse) zu konsultieren.

Glasrandverbund

Die metallische Verbindung der Gläser bewirkt im Glasfalzbereich eine lokale Wärmebrücke. Deren Einfluss auf den Wärmedurchgang des Fensters wird mit einem linearen *k*-Wert erfasst. Die

Bild 2. Vergleich berechneter und gemessener Glas-k-Werte



Verglasung (Gastyp)	SZR mm	k_{Glas} W/m²K
DV	30	2.7
EV + 2–IV (Luft)	28 + 8 24 + 12	1.9 1.8
2–IV (Luft)	8 12 16	3.1 2.9 2.8
2–IV (Argon)	8 12 16	2.9 2.7 2.6
3–IV (Luft)	8 + 8 10 +10 12 +12	2.2 2.0 1.9
3–IV (Argon)	8 + 8 10 +10 12 +12	1.9 1.9 1.8

Tabelle 2. Glas-k-Werte für Normalgläser (Rechenwerte)

Tabelle 3. Glas-k-Werte für Wärmeschutzgläser Typ A: ε = 0,15 (Rechenwerte)

Verglasung (Gastyp)	SZR mm	k_{Glas} W/m²K
DV_{IR}	30	1.7
EV + 2–IV_{IR} (Luft)	28 + 8 24 + 12	1.6 1.4
EV + 2–IV_{IR} (Argon)	28 + 8 24 + 12	1.4 1.2
2–IV_{IR} (Luft)	8 12 16	2.3 1.9 1.7
2–IV_{IR} (Argon)	8 12 16	1.9 1.6 1.4
3–IV_{IR} (Luft)	8 + 8 10 + 10 12 + 12	1.7 1.6 1.4
3–IV_{IR} (Argon)	8 + 8 10 + 10 12 + 12	1.4 1.3 1.2
3–IV_{IR-IR} (Luft)	8 + 8 10 + 10 12 + 12	1.5 1.3 1.1
3–IV_{IR-IR} (Argon)	8 + 8 10 + 10 12 + 12	1.2 1.0 0.9

Verglasung (Gastyp)	SZR mm	k_{Glas} W/m²K
EV + 2–IV_{IR} (Luft)	28 + 8 24 + 12	1.5 1.3
EV + 2–IV_{IR} (Argon)	28 + 8 24 + 12	1.3 1.1
2–IV_{IR} (Luft)	8 12 16	2.2 1.8 1.5
2–IV_{IR} (Argon)	8 12 16	1.8 1.4 1.3
3–IV_{IR} (Luft)	8 + 8 10 + 10 12 + 12	1.7 1.5 1.4
3–IV_{IR} (Argon)	8 + 8 10 + 10 12 + 12	1.4 1.2 1.1
3–IV_{IR-IR} (Luft)	8 + 8 10 + 10 12 + 12	1.4 1.2 1.1
3–IV_{IR-IR} (Argon)	8 + 8 10 + 10 12 + 12	1.1 0.9 0.8

Tabelle 4. Glas-k-Werte für Wärmeschutzgläser Typ B: ε = 0,10 (Rechenwerte)

in Tabelle 5 zusammengestellten Werte basieren auf Messungen, welche an der EMPA durchgeführt wurden. Der angegebene Bereich widerspiegelt den vorhandenen Messfehlerbereich. Vergleiche mit rechnerisch ermittelten Werten verschiedener Autoren [1, 2, 4,

Tabelle 5. k_{lin}-Werte des Glasrandverbundes

Verglasung	k_{lin} [W/mK]
DV	**0**
2-IV	**0.05** (0.04 - 0.06)
2-IV (IR)	**0.06** (0.05 - 0.07)
3-IV	**0.04** (0.03 - 0.05)
3-IV (IR)	**0.05** (0.04 - 0.06)
3-IV (IR)	**0.06** (0.05 - 0.07)

8, 11] zeigen einen ähnlichen Streubereich. Die vorliegenden Werte sind deshalb als Richtwerte zu betrachten.

Wirkung von Nachtisolationsvorrichtungen

Der Fenster-*k*-Wert kann durch Verwendung einer Nachtisolationsvorrichtung verbessert werden. Die Wirkung dieser Zusatzisolation kann rechnerisch mit Hilfe eines Zusatzwiderstandes *R(Nacht)* wie folgt berücksichtigt werden:

$$k_F\,(\text{Nacht}) = \frac{1}{1/k_F(\text{Tag}) + R\,(Nacht)}$$

Tabelle 6 vermittelt einen Überblick über die möglichen Bereiche des resultierenden Zusatzwiderstandes.

Nachtisolation	R (Nacht) m^2K/W
– Vorhang, Lamellenstore innen	0.05 – 0.10
– Isolierladen innen	0.20 – 0.60
– Rolladen aussen	0.10 – 0.40
– Isolierladen aussen	0.30 – 0.80

Tabelle 6. Zusatzwiderstand R einer Nachtisolation

Bei den aufgeführten Werten handelt es sich um eine grobe Zusammenstellung aufgrund der Literatur. Die Luftdichtigkeit der Zusatzisolation übt dabei einen wesentlichen Einfluss aus. Bei innenliegenden Vorrichtungen muss dem Problem der Oberflächenkondensation grosse Beachtung geschenkt werden.

Adressen der Verfasser: *Th. Frank*, dipl. Ing. ETH, und *H. Mühlebach*, Arch. HTL, EMPA, Abteilung Bauphysik, 8600 Dübendorf.

Literatur

[1] IEA-Fensterseminar 1986 (EMPA – EPFL), Tagungsbericht 1986
[2] *Rudolphi R.* et al: The thermal transmittance of windows
[3] *Achtziger J.*: Bestimung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern, Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik H 5, 1981
[4] SIA Dokumentation 99: Wärmebrückenkatalog, Neubaudetails, Zürich 1985
[5] Neff-Bericht Nr. 266: Oberflächentemperaturen von besonnten Fensterglasscheiben und ihre Auswirkungen auf Raumklima und Komfort, EMPA Dübendorf, 1986
[6] ISO Draft-Standard: Thermal insulation of glazing, 4th revision May 1986
[7] DIN 52 619: Bestimmung des Wärmedurchgangswiderstandes und Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern, 1982
[8] Belgische Norm NBN B 62-002: Bestimmung des Wärmedurchgangs von Fenstern (Entwurf 1986)
[9] Belgische Norm NBN B 62-004: Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Glas (Entwurf 1987)
[10] *Uyttenbroeck J., Wouters P.*: Une nouvelle méthode normalisé pour déterminer la valeur *k* des fenêtres C.S.T.C. Revue No. 3/4, 1986
[11] *Regles Th-K*: Coefficient *k* des parois vitrées (Entwurf 1986)
[12] *Rubin, M.*: Calculating heat transfer through windows, energy Research, Vol. 6, 1982
[13] SZFF-Norm 41.04: *k*-Wert Beurteilungskriterien, Zürich 1985