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

Artikel: Entwicklung von Fenstersystemen
Autor: Kohler, N.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76689

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: 08.01.2026

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

lässige Fensterhöhe h_{max} in Abhängigkeit des k-Wertes der Verglasung für verschiedene Aussenlufttemperaturen TA angegeben.

Werden diese beiden Bedingungen bezüglich Fenstergrösse und k-Wert eingehalten, so ergibt sich bei einem Verzicht auf die Anordnung des Heizkörpers unter dem Fenster keine Komforteinbusse. In der Praxis setzt dies in der Regel den Einsatz von Wärmeschutzgläsern voraus. Mit Hilfe von Infrarot reflektierenden Polyesterfolien können heute bereits Glas k-Werte um 0,6 [W/m² K] erreicht werden (z. B. HIT-Fenster). Die Anforderungen und Aufgaben eines Heizungs- oder Lüftungssystems können durch Wegfall der thermischen Schwachstelle Fenster somit neu und energiegerechter definiert werden.

Adresse der Verfasser: *T. W. Püntener*, Ing. HTL/-HLK und *Th. Frank*, dipl. Ing. ETH, EMPA Abteilung Bauphysik, 8600 Dübendorf, und *R. Huber*, dipl. Ing. ETH, Institut Bau und Energie IBE, 3006 Bern.

Literatur

[1] ISO Standard 7730 «Moderate thermal environments – Determination of the PMV- and PPD-indices and specifications of the conditions for thermal comfort», 1984
[2] P. O. Fanger «Thermal Comfort», Krieger Publishing Company, 1982
[3] Neff-Schlussbericht Nr. 266: Oberflächentemperaturen von besonnten Fensterglasscheiben und ihre Auswirkungen auf Raumklima und Komfort, EMPA Dübendorf, 1986
[4] Neff-Schlussbericht Nr. 225: Der Einfluss von hochisolierenden Fenster- und Fassadensystemen auf Raumklima und Energiebedarf, Geilinger Winterthur, 1985

Entwicklung von Fenstersystemen

Von N. Kohler, Lausanne

Istzustand

Die zu Beginn des IEA-Forschungsprojektes durchgeführte Studie über die Aufteilung der in der Schweiz üblichen Fenstersysteme und Glastypen zeigte folgendes Bild:

- der schweizerische Fenstermarkt umfasst jährlich rund 750 000 Fenster, was einer Fläche von 1,8 Mio. m² entspricht. Rund 30% der Fenster werden für Renovationen verwendet.
- Holz ist das dominierende Rahmenmaterial, vor allem im Wohnsektor. Der Kunststoffanteil erhöht sich vor allem bei den Renovationen. Metallfenster werden praktisch nur im Industrie- und Verwaltungsbau eingesetzt.
- Das Doppelisolierglas ist der meist verwendete Glastyp. Einfachgläser werden praktisch nicht mehr verwendet. 3fach-Isoliergläser und Wärmeschutzgläser sind im Wettbewerb, wobei die 3 IV-Gläser zurzeit sicher noch dominieren.

Die wichtigsten Entwicklungstendenzen

Unter der Vielzahl von Faktoren, die zur Entwicklung der Fenster beitragen, können drei Hauptgruppen gebildet werden:

Dauerhaftigkeit und Aussehen

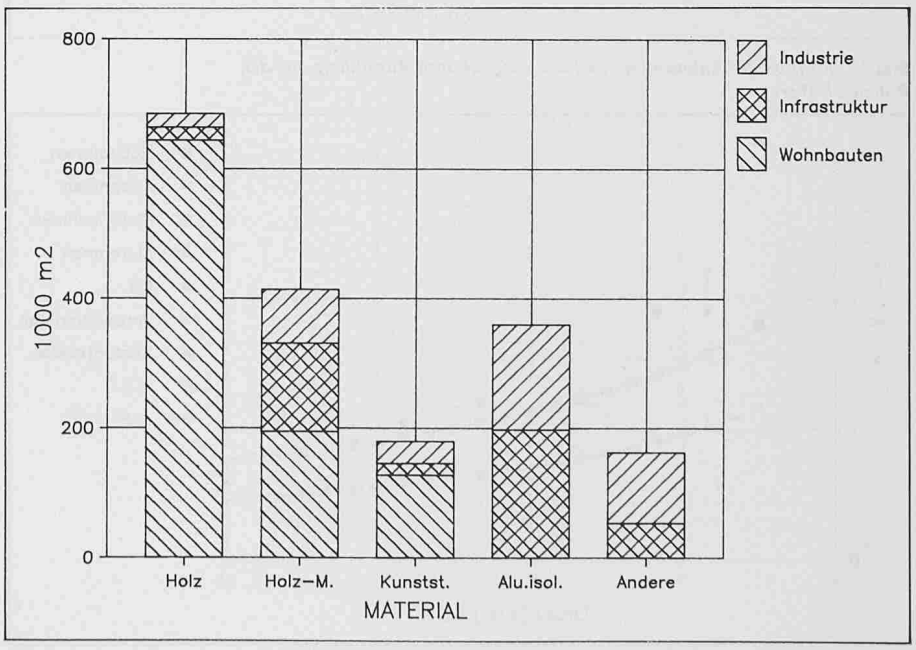
Der Wettbewerb zwischen Holz- und Kunststoffrahmen dreht sich vor allem um Unterhaltsprobleme. Es wird versucht, die Dauerhaftigkeit von Holzrahmen entweder durch direkte Änderung am Holz (z. B. Schichtholz) oder durch verbesserte Beschichtungs- und Anstrichsysteme zu verbessern. Die Entwicklung geht in beiden Fällen in Richtung einer weitergehenden Industrialisierung. Viele Architekten wünschen sich eine grössere Auswahl an Farben und z. T. verschiedene Farben Innen und Aussen. Aluminiumprofile mit getrenntem Steg sowie Holzmetallfenster sind hier im Vorteil.

Herstellung und Montage

Die Holzfensterherstellung wird heute praktisch ausschliesslich industriell getätigt. Auch kleinere Betriebe bleiben durch den Einsatz von NC-Maschinen und EDV bei der administrativen Auftragsabwicklung wettbewerbsfähig. Die Herstellungsmethoden und die konstruktive Ausbildung der Fenster haben sich stark vereinheitlicht. Wie auf dem Gebiet der Kunststoffenster setzen sich auch bei den Aluminiumprofilen Systemhersteller durch, die vollständige Systeme, inbegriffen EDV-Programme für die Auftragsabwicklung und z. T. schon CAD (Computergestützten Entwurf) und CIM (Computergestützte integrierte Fabrikation) anbieten.

Auf dem Gebiet der Montage, des Anschlags auf dem Bau werden immer spezialisiertere Befestigungssysteme, sog. Fasteners, eingesetzt, die eine erhöhte Produktivität auf dem Bauplatz, der eigentlichen Schwachstelle des ganzen Prozesses, erlauben. Aussehen, Dauerhaftigkeit und bauphysikalische Eigenschaften werden dadurch jedoch nicht stark beeinflusst.

Bild 1. Rahmenmaterial nach Anwendungsgebiet



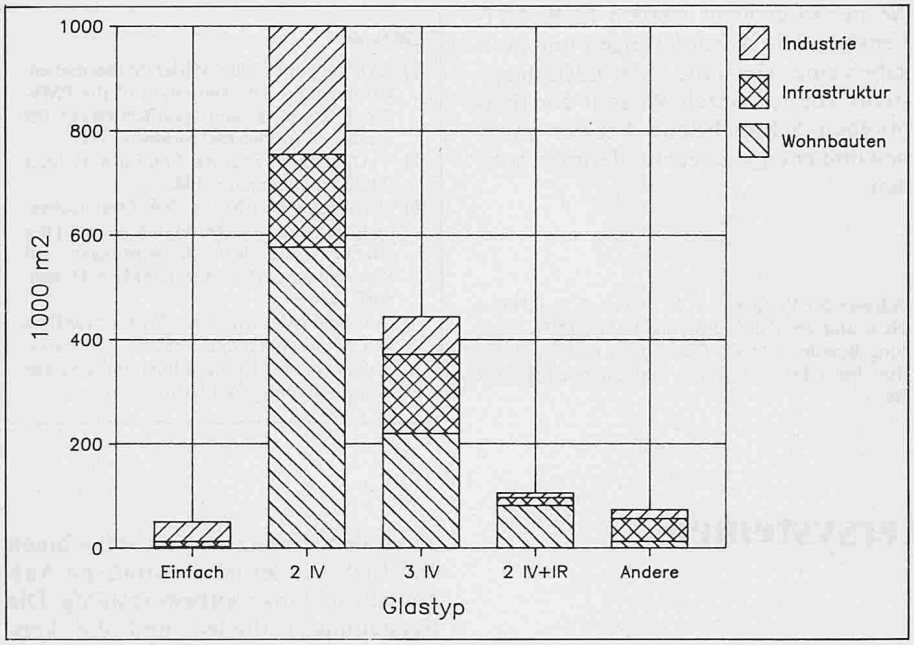


Bild 2. Glastyp nach Anwendungsgebiet

Bild 3. Entwicklung der k- und g-Werte

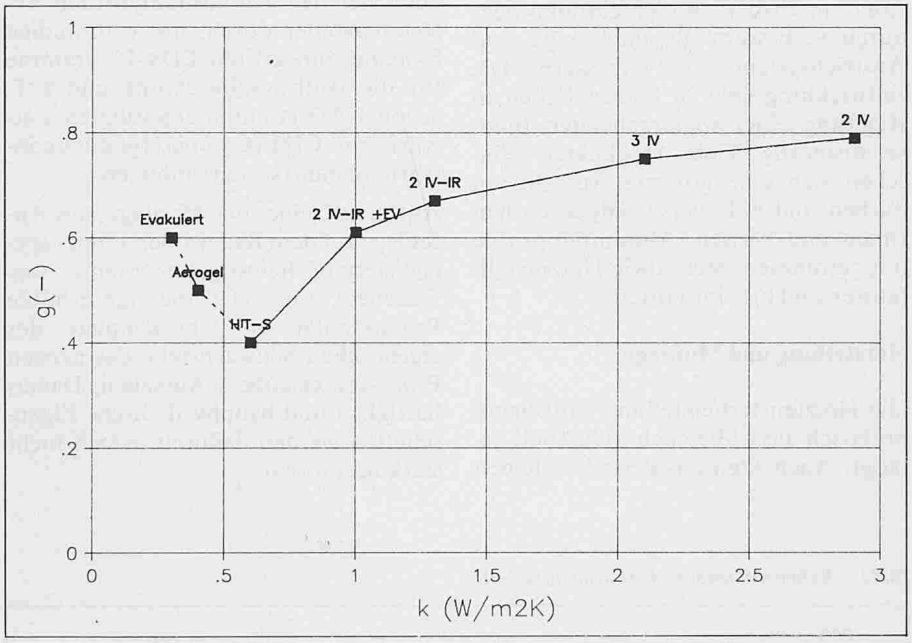
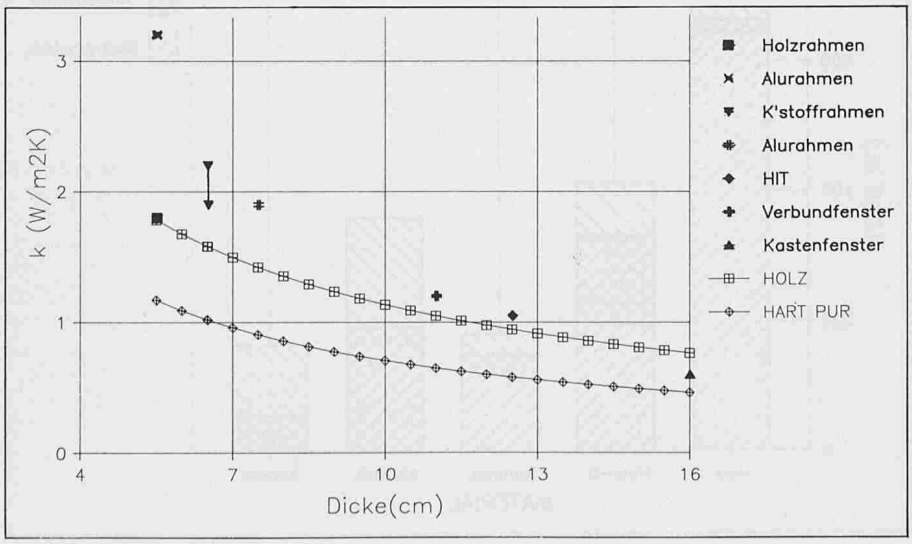


Bild 4. Einfluss der Rahmentiefe und der konstruktiven Ausbildung auf den Rahmen-k-Wert



Bauphysikalische Eigenschaften:

Die Luft- und Wasserdichtigkeit der Fenster hat in den letzten 10 Jahren stark zugenommen. Die Anwendung einer durchlaufenden Mitteldichtung mit einer hinterlüfteten Aussenkammer, die das Abfliessen des Wassers nach aussen erlaubt, hat sich praktisch bei allen Rahmenmaterialien und Systemen durchgesetzt. Durch die verbesserte Luftdichtigkeit hat sich auch der Luftschallschutz etwas verbessert. Die Sanierung besonders lärmexponierter Gebiete in den Städten kann jedoch nur noch mit sogenannten Kastenfenstern mit getrennten Rahmen und mehreren Scheiben realisiert werden.

Die meisten dieser Entwicklungen haben einen mehr oder weniger grossen Einfluss auf den Wärmeschutz von Fenstern. Die wärmetechnische Verbesserung der Fenster führt denn oft auch zu wirklich integrierten neuen Lösungen. Schallschutz, Luftaustausch und Sonnenschutz werden in einer Einheit kombiniert.

Wärmeschutz

Das energetische Verhalten eines Fensters kann durch Massnahmen auf 3 Gebieten verbessert werden: Glastyp, Rahmen und Anschluss. Die Integration von Sonnenschutz und Luftaustausch können noch als zusätzliche Massnahmen ergriffen werden.

Glastyp:

Durch die Einführung von selektiven, Infrarot reflektierenden Schichten sowie Spezialgasen innerhalb der Isoliervergasungen konnte der Wärmedurchgang in Glasmitte gegenüber einem 2 IV-Glas praktisch halbiert werden. Der Randverbund mit den sehr gut leitenden Aluminiumstegen wird dadurch zur Schwachstelle. Der k-Wert der ersten 5 cm liegt bei 3 bis 4 W/m² K. Dieses Problem kann entweder durch die Entwicklung von neuen Randverbundsystemen auf Polymerbasis oder durch Mehrscheibengläser erfolgen.

Es gibt heute Glassysteme auf dem Markt mit k-Werten bis zu 0.6 W/m² K. Entscheidend für die Wahl solcher Systeme sind:

- der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert)
- die Lichtdurchlässigkeit (tau-Wert)
- die Farbechtheit

Die Dicke des Glasaufbaues wird durch solche Systeme von den 20 mm der 2 IV-Verglasung bis auf 120 mm z. B. für HIT-Verglasungen erhöht. Das ist nicht unbedingt ein Platzproblem, da ja die Brüstungselemente einer Aussenhaut aus Wärmeschutzgründen auch

nicht unter 12 cm liegen, sondern ein Gewichtproblem der zu öffnenden Teile eines Fensters.

Längerfristige Entwicklungstendenzen sind:
- Aerogel
- Evakuierte Gläser
- Gläser mit variablen g-Werten in Abhängigkeit der Einstrahlungsintensität oder des Einstrahlungswinkels.

Rahmen

Die thermischen Eigenschaften der Rahmen werden vor allem durch die Leitfähigkeit des Rahmenmaterials, durch die Dicke des Rahmens und durch seine detaillierte konstruktive Gestaltung bestimmt. Als Referenzrahmen kann der Holzrahmen mit einer Dicke von 55 mm angenommen werden, der einen k-Wert von 1.8 W/m² K aufweist. Dieser Rahmen ist noch ein guter Partner für die 3fach IV und vor allem für die Wärmeschutzgläser. Die k-Werte der Kunststoffrahmen liegen je nach Metallaussteifung und konstruktiver Ausbildung zwischen 1.7 und 2.1 W/m² K. Die Aluminiumrahmen mit Isoliersteg sind heute stark in Entwicklung. Ausgangspunkt waren Rahmen mit einer Tiefe von 55 mm und relativ einfacher Ausbildung. Die k-Werte lagen zwischen 3.0 und 3.2 W/m² K. Durch die Erhöhung der Tiefe auf 70 bis 75 mm und eine sehr sorgfältige konstruktive Ausgestaltung, die die Wärmeübertragung durch Strahlung und Konvektion stark reduziert, ist es gelungen, k-Werte unter 2.0 W/m² K zu erreichen und so wieder ein vernünftiges Verhältnis zu den Wärmeschutzgläsern zu finden. Eine weitere Möglichkeit der Verbesserung von Aluminium wie auch von Kunststoffrahmen liegt in der Kombination der beiden Materialien in neuen ca. 70 mm tiefen Rahmen. Die Verbesserung des k-Wertes wird dabei durch die Einführung eines Isoliersteges aus Hart-PUR zwischen dem äusseren tragenden Aluminium-Profil und dem inneren PVC-Profil, das die Glasleiste trägt, erreicht.

Geht man nun von Verglasungssystemen mit k-Werten unter 1 W/m² K aus, so müssen neue Rahmentypen gefunden werden. Das bedingt in allen Fällen eine Erhöhung der Tiefe der Rahmen. Die Länge und die Wärmeleitfähigkeit des Rahmenmaterials und vor allem des Isoliersteges werden zur entscheidenden Grösse. Die Abbildung 4 zeigt, dass dies zu Systemdicken über 11 cm führt. Als Vergleich wurde der k-Wert von Holz und von Hart-PUR Schaum angegeben. Es zeigt sich, dass die Entwicklung praktisch parallel zur Erhöhung der Holzdicke verläuft.

Eine andere Entwicklungstendenz ist die thermische Optimierung des Kastenfensters, das aus zwei getrennten Schalen besteht. Die existierenden Kastenfenster sind im wesentlichen auf Grund von schallschutztechnischen Kriterien optimiert worden und können nicht ohne weiteres übernommen werden.

Anschluss

Die Berechnung der Wärmeflüsse bei verschiedenen Anschluss- und Storentypen zeigt beträchtliche Unterschiede auf. Eine möglichst direkte Verbindung zwischen der Isolierschicht in der Mauer und dem Fensterrahmen, sowie eine möglichst weitgehende Überdekkung des festen Rahmenteils durch die Aussenschale bzw. Aussenisolation, sind unbedingt notwendig. Innenliegende Rolladenkästen stellen in jedem Fall wichtige Verlustquellen dar und werden in Zukunft nicht mehr toleriert. Es gibt jedoch bei den Anschlussarten keine weitergehenden Verbesserungsmöglichkeiten. Die Luftdichtigkeit des Anschlusses wird als gegeben vorausgesetzt.

Fenstersysteme

Der Entwicklung der Fenster als Bauteil sind technologische Grenzen gesetzt wie Glastyp, Rahmenmaterial, Anschlussart. Weiterentwicklungen sind deshalb nur noch im Bereich der Integration von weiteren Funktionen wie Sonnenschutz, Blendschutz und Lufterneuerung möglich. Auch hier zeichnen sich verschiedene Möglichkeiten ab:

- Die sogenannte Hochisolationstechnologie versucht durch eine massive Verringerung der Verluste den Heizenergiebedarf des gesamten Hauses so stark zu reduzieren, dass das statische Heizsystem nicht mehr nötig ist und der verbleibende Wärmebedarf über eine kontrollierte Lüftung mit Luftheizung abgedeckt werden kann. Anderseits soll die Erhöhung der Oberflächentemperaturen neue, turbulenzfreie Lüftungssysteme erlauben. Die genauen Anwendungsmöglichkeiten dieser Systeme müssen in den nächsten Jahren noch ermittelt werden. Es ist jedoch klar, dass solche Systeme nur über eine integrale Planung, d. h. über eine frühzeitige und kontinuierliche Abstimmung zwischen Architekt, Bauherr und Haustechnikplaner, mit Erfolg angewandt werden können.

- Eine andere Systementwicklung sind die sogenannten Integralfassaden, bei denen ein hoher Wärmeschutz im Brüstungs- wie im Fensterteil mit einem kontrollierten Lüftungssystem über einen integrierten, dezentralen Wärmetauscher kombiniert wird. Es ist im weiteren möglich, auch noch Sonnenschutz und Blendschutzvorrichtungen in ein solches Fassadenelement zu integrieren. Die gleichen Bemerkungen zur Notwendigkeit einer integralen Planung gelten auch in diesem Falle.

- Die Probleme des Blendschutzes und der Versuch, in der Tiefe des Raumes eine möglichst gleichmässige Tageslichtverteilung zu erreichen, haben zur Entwicklung von Prismensystemen zur Lichtumlenkung geführt. Diese Prismenplatten können auf verschiedene Arten eingesetzt werden, unter anderem durch direkten Einbau zwischen den Gläsern.

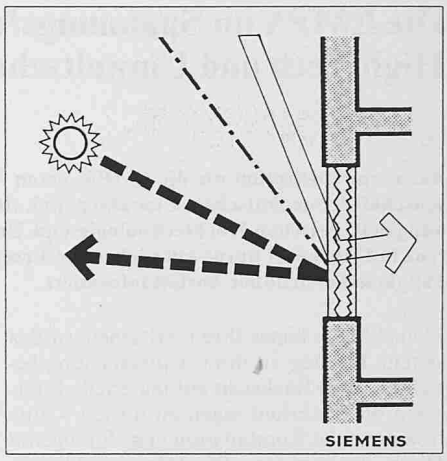


Bild 5. Prismensysteme zur Tageslichtnutzung

Zusammenfassung

Die Entwicklung von neuen Fenstertypen und Fenstersystemen aus energetischen Gründen ist noch nicht abgeschlossen. Im Bereich des traditionellen Fensters, als unabhängigem Bauteil, bestehen immer noch beträchtliche Verbesserungsmöglichkeiten durch den Einsatz der besten Glastypen, durch die richtige Rahmenwahl und durch eine sorgfältige Ausgestaltung der Anschlüsse.

Mittelfristig werden sich sicher Fenstersysteme bei Dienstleistungs-, Schul- und Gewerbebauten durchsetzen. Diese Entwicklung ist eigentlich erst im Anfang und es fehlt auch noch am planerischem Know-how für den optimalen Einsatz dieser Systeme.

Langfristig zeichnet sich auf dem Fenstergebiet die Möglichkeit weiterer Entwicklungen ab, vor allem durch neue Materialien wie Aerogel, evakuierte Gläser, Hologrammbeschichtungen, Flüssigkristallschichten.

Adresse des Verfassers: Dr. *N. Kohler*, dipl. Arch. ETH, EPFL-GRES, Bâtiment LESO, 1015 Lausanne