Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 39 (1982)

Heft: 4

Artikel: Fenster und Wärmeschutz

Autor: Spörri, René

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-782884

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: 11.12.2025

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

MUBA
Sonderschau
Energie

Die Rolle des Fensters

Fenster und Wärmeschutz

René Spörri, Leiter Technik und Entwicklung EgoKiefer AG, Altstätten

Dass Fenster energietechnisch gesehen schwache Bauelemente sind, ist nachgerade bekannt. Dass sie aber auch mithelfen können, Energie zu sparen, darüber liegen grösstenteils mehr Vermutungen als praktische Erfahrungen vor. Welche Voraussetzungen aber getroffen werden müssen, dass auch Energiegewinn über die Fenster möglich wird, damit befasst sich der nachfolgende Beitrag.

Wärmeverlust durch Lüftung

Der Luftaustausch zwischen der Aussenluft und dem Innern eines Gebäudes kann auf natürliche Art oder durch künstlich erzwungene Lüftung geschehen.

Der natürliche Luftaustausch ist in erster Linie abhängig von der Druckdifferenz zwischen innen und aussen. Zu hohe Druckdifferenzen entstehen durch Wind, aufsteigende Warmluft in hohen Gebäuden, Entlüftungsanlagen, offene Kamine und ähnliches mehr. Durch dichtschliessende Fenster und Türen lässt sich dieser Luftaustausch erheblich reduzieren und auch den Bedürfnissen anpassen (lüften nur wenn nötig!). Allerdings gilt zu beachten, dass neben den Fenstern auch alle Anschlussfugen verschiedener Bauelemente zueinander, sowie veschiedene Öffnungen (Cheminées, Zu- und Abluftanlagen, Dauerlüfter usw.) den Wärmeverlust durch Lüftung beeinflussen können.

Ein gewisser minimaler Luftaustausch ist aus hygienischen und bauphysikalischen Gründen notwendig. Der stark reduzierte Luftaustausch führt je nach Feuchteproduktion im Rauminnern zu einer erhöhten Luftfeuchtigkeit. Damit besteht die Gefahr, dass sich an ungenügend isolierten Gebäudeteilen Kondensat bilden kann.

Diese Kondensatbildung ist vor allem auch bei Fenstern zu beobachten. Insbesondere Isolierglasfenster neigen an der unteren Glasrandzone bei Aussentemperaturen unter 0°C und relativen Luftfeuchtigkeiten über 50% zu Schwitzwasserbildung, weil durch die kassettenförmige Vertiefung des Glaselementes und die metallenen Distanzstege des Isolierglases an dieser Stelle relativ tiefe Oberflächentemperaturen zu registrieren sind. Die Fensterbauer machen sich ernstlich Gedanken darüber, wie diesem Problem in Zukunft beizukommen ist. Bewährt haben sich sogenannte Schwitzwasserrinnen, welche anstelle oder zusätzlich zur unteren inneren Glasleiste angebracht werden.

Trotz diesen Problemen ist es sinnvoll – bei klimatisierten Gebäuden jedoch ein unabdingbares Erfordernis –, Fenster möglichst dicht zu bauen. Dabei genügt es, sofern es nicht um Schallschutzfenster geht, zwischen Flügel- und Blendrahmen eine rundumlaufende, in einer Ebene liegende Dichtung vorzusehen. Ein neuwertiges Fenster dieser Bauart weist in der Regel einen *a*-Wert $\geq 0{,}1$ $m^3/h\ Pa^{2/3}$ auf. Aus Erfahrung wissen wir, dass dieser *a*-Wert sich relativ rasch durch die Beanspruchung während der Bauzeit und beim späteren Gebrauch des Fensters verändert, aber auch nach fünf bis sechs Jahren bei ausreichender Dichtungsqualität 0,2 $m^3/m\ h\ Pa^{2/3}$ kaum übersteigt.

Transmissionswärmeverluste

Bei der Diskussion der Transmissionswärmeverluste konzentriert sich das Geschehen meist auf den Einsatz des richtigen Glases. Dabei wird oft übersehen, dass der Rahmenanteil bei modernen Baukonstruktionen durch breite Setzstücke, Kämpfer- und Kombinationspartien bis 40% betragen kann. Deshalb ist es sicher richtig, dass auch dem Rahmenmaterial die notwendige Beachtung geschenkt wird. Interessant ist, dass Holz als traditioneller Werkstoff für Fenster einen Vergleich mit modernen Werkstoffen nicht zu scheuen braucht *(Abb. 1)*.

Das gute Isoliervermögen einzelner Rahmenwerkstoffe führt aber auch dazu, dass sowohl im Sommer wie im Winter grosse Temperaturdifferenzen zwischen der inneren und äusseren Oberfläche der Profile entstehen. Dies bewirkt, je nach Wärmedehnungsverhalten der Werkstoffe, zwangsläufig einen Verzug der Profile. Diesem Verzug muss durch konstruktive Massnahmen, zum Beispiel durch

- stark unterschiedliche Querschnitte oder freie Dilatationsmöglichkeit bei isolierten Metallprofilen und
- Einschieben und Verschrauben von Stahlaussteifungen bei KS-Profilen

entgegengewirkt werden. Bei Holz tritt dieses Problem kaum auf, sofern für die Aussenseite der Fenster kein dunkler Farbanstrich gewählt wird.

Für die Verglasung stehen die verschiedensten Massnahmen zur Verminderung des Wärmedurchgangs zur Verfügung. Dazu gehören

- das Luftpolster (idealer Scheibenabstand 30–40 mm)
- Spezialluftfüllung anstelle von Normalluft in der Zwischenverglasung
- Mehrscheibenverglasungen
- Reflexionsbeläge

Ein Luftpolster von 30 bis 40 mm ist bei Isoliergläsern nicht realisierbar. Hier sind aus Gründen der Alterung des bei grösserem Luftpolster höher beanspruchten Randverbundes Scheibendistanzen von 6 bis 18 mm verantwortbar. Bei Doppelverglasungsfenstern ist ein Luftpolster von etwa 30 mm üblich; hier sind aber andere Nachteile, wie Verunreinigung der Zwischenverglasung durch Staub oder Kondensat, begrenzte Wärmedämmung (*k*-Wert der Verglasung allein etwa 2,8 W/m^2K) in Kauf zu nehmen.

Spezialluftfüllungen sind meist Luft-Gas-Gemische, welche einen geringeren Wärmeleitwert aufweisen als Normalluft. Verwendet werden Gase wie CO_2, Argon, SF 6.

Die damit erzielte wärmetechnische Wirkung liegt bei etwa 0,35 W/m^2K. Noch unklar ist, wie lange dieses Gas in seiner ursprünglichen Zusammensetzung und Wirkung während der Gebrauchsdauer eines Fensters erhalten bleibt. Entsprechende Untersuchungen werden in Deutschland angestrengt, nachdem der Gesetzgeber dort die Wirkung solcher Spezialluftfüllungen für den wärmetechnischen Nachweis des Gebäudehüllen-*k*-Wertes nicht zulässt.

Mehrscheibenisoliergläser (Dreifach-, Vierfachglas) haben sich in der Schweiz bereits stark durchgesetzt. Es werden heute schätzungsweise 30–35% aller Isoliergläser in Dreifachglas hergestellt. Jede weitere Unterteilung der Luftschicht führt dazu, dass der Wärmeübergang Luft/Glas bzw. Glas/Luft als zusätzlicher Widerstand eine erhebliche Verminderung der Wärmedurchgangszahl mit sich bringt. Da das minimale Luftpolster zwischen den Scheiben mindestens 6, beser 9–12 mm und die

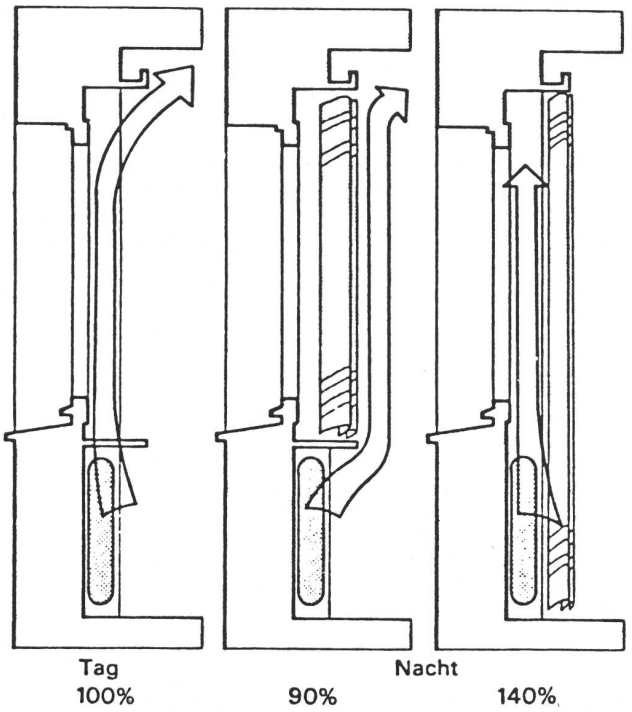
Werkstoff	k-Wert W/m2K
Aluminium unisoliert	5,5 - 5,8
Aluminium thermisch isoliert	2,4 - 3,2
Stahl unisoliert	5,2 - 5,7
Stahl isoliert	2,4 - 3,0
Kunststoff (PVC) ohne Metallverstärkung	1,7 - 2,0
Kunststoff (PVC) stahlverstärkt	1,9 - 2,2
Holz 74 - 54 mm stark	1,5 - 1,8

Abb. 1. k-Werte von verschiedenen Fensterrahmenmaterialien.

Scheibenstärke minimal aus stabilitäts- und fertigungstechnischen Gründen 4 mm sein muss, stellt das Dreifachisolierglas-Element wohl ein Optimum dar. Darüber würde die Elementstärke wie auch das Gewicht dieser Einheiten zu beachtlichen Problemen führen.
Reflexionsschichten, welche insbesondere die langwellige Wärmestrahlung, wie sie von warmen Gegenständen aller Art (inkl. Heizkörper) ausgehen, reflektieren, kurzwellige Sonnenstrahlung jedoch möglichst ungehindert passieren lassen, können die Wärmedämmung der Verglasung ganz erheblich verbessern. Leider ist es bisher nicht gelungen, diese Beläge völlig farbneutral zu halten und eine gewisse Reflektion der kurzwelligen Strahlung restlos auszuschalten. Trotzdem dürfte gerade diese Lösung, kombiniert allenfalls mit Dreifachverglasung oder Spezialluftfüllungen inskünftig mithelfen, dass Fenster nicht global als Wärmelöcher verurteilt werden.

Nachtabdeckung
Während des Tages ist, selbst bei trüber Witterung, ein gewisser Energiegewinn oder eine Wärmeverlustreduktion durch die eingestrahlte Globalstrahlung im Fensterbereich möglich. Während der Nacht allerdings ist und bleibt das Fenster, selbst mit Spezialverglasungen, nach wie vor ein Wärmeloch. Deshalb kommt sogenannten Nachtabdeckungen im Fensterbereich grösste Bedeutung zu. Dabei müssen solche Nachtabdeckungen nicht unbedingt ausschliesslich auf der Aussenseite liegen. Denkbar wäre beispielsweise eine äussere, sehr dicht schliessende Rafflamellenstore, welche die Sonnenenergieeinwirkung in der wärmeren Jahreszeit reguliert, mit einer inneren Abdeckung in Form einer wärmedämmenden oder -reflektierenden Store für den Nachtbetrieb zu kombinieren. Wichtig ist dabei, dass ein vom Radiator, Grundlastheizkörper oder von der Klimaanlage erzeugter Warmluftauftrieb nicht zwischen diese innere Abdeckung und das Fenster gelangen kann. Damit würde der Wärmeverlust nicht reduziert, sondern durch den erzeugten Wärmestau sogar erheblich vergrössert *(Abb. 2)*.

Beispiel für die Wirkung von Vorhängen



Die Prozentzahlen sagen aus, welcher *Wärmestrom* durchgelassen wird, bezogen auf das Fenster allein mit 100% Wärmedurchgang.

Abb. 2 [2]

Wärmegewinn durch Sonnenstrahlung
Fenster sind – je nach Fassadenorientierung – brillante, funktionssichere und billige Sonnenkollektoren. Glas hat gegenüber kurzwelliger Sonnenstrahlung einen geringen Widerstand, lässt anderseits aber langwellige Strahlung, wie sie von erwärmten Gegenständen ausgeht, kaum durch. Es handelt sich hier um den sogenannten Treibhauseffekt, ein Phänomen, das im Sommer ausgesprochen unerwünscht ist, im Winter dagegen grosse wärmetechnische Vorteile mit sich bringt.
Von dieser Einstrahlung profitieren vor allen Dingen südost- bis südwestgerichtete Fensterflächen. Die durch die Verglasung eingestrahlte Energie ist je nach Glasart, Scheibenstärke, Scheibenzahl und allfälliger Reflexionsbeläge recht verschieden; als Orientierungshilfe dient der sogenannte Gesamtenergiedurchlass-Grad *g (Abb. 3)*.
Leider herrscht nun vielfach die Meinung vor, dass auf der Südseite eines Gebäudes wegen der anfallenden Energieeinstrahlung im Winter Zweifachverglasungen gegenüber speziellen Wärmedämmverglasungen überlegen seien. Zwar ist richtig, dass der Gesamtenergiedurchlassgrad solcher Spezialverglasungen zwischen 10 und 25% geringer ist als bei konventioneller Zweifachverglasung. Gleichzeitig muss aber bedacht werden, dass
- der Wärmeverlust solcher Gläser zwischen 30 und 45% geringer ist,
- selbst bei Einsatz von Nachtabdeckungen das Fenster mindestens während der Zeit zwischen Dämmerung und Wirksamkeit der Sonneneinstrahlung, das heisst etwa 3 bis 4 Stunden pro Tag, ohne Nachtabdeckung und ohne Wärmeeinstrahlung durch die Sonne auskommen muss,
- das Energieangebot durch Sonneneinstrahlung gerade im Winter sehr unterschiedlich ist.

Besonders der letzte Punkt ist von grösster Bedeutung. An trüben Wintertagen (und diese herrschen im Schweizer Mittelland während vieler Tage vor) ist das Energieangebot durch die Globalstrahlung so gering, dass ein minimaler Wärmeverlust durch die Verglasung von grösster Bedeutung wird. Umgekehrt ist an sehr schönen Wintertagen das Energieangebot durch die Sonne so gross, dass die eingestrahlte Wärme gar nicht optimal genutzt werden kann. Selbst bei rasch reagierenden Heizungssystemen ist es unvermeidlich, dass in diesen Fällen vielfach eine Überwärmung der Südräume stattfindet, zu deren Korrektur meist zusätzlich gelüftet (und dabei Wärmeenergie verschwendet) oder die Sonne und damit auch die eingestrahlte Energie abgeschirmt wird.

Zusammenfassung
Moderne Fensterkonstruktionen sind heute generell mit einer zusätzlichen, elastischen Falzdichtung zwischen Flügel- und Blendrahmen ausgerüstet. Auf diese

Aufbau	Ausführung	Lichtdurchlässigkeit	Gesamtenergiedurchlässigkeit	k-Wert W/m2K
2fach Isolierglas	LZR 8-18 mm ohne Gasfüllung	81 - 82 %	77 - 79 %	3,1 - 2,9
	mit Gasfüllung	81 - 82 %	77 - 79 %	2,8 - 2,5
3fach Isolierglas	LZR 6-12 mm ohne Gasfüllung	72 - 75 %	70 - 75 %	2,2 - 2,1
	mit Gasfüllung	72 - 75 %	70 - 75 %	1,9 - 1,7
2fach Isolierglas	LZR 12-16 mm mit Reflexionsbelag ohne Gasfüllung	60 - 65 %	57 - 65 %	1,7 - 1,9
	mit Gasfüllung	60 - 65 %	57 - 65 %	1,5 - 1,7
Doppelverglasung	LZR 25-30 mm	81 - 82 %	77 - 79 %	2,8 - 2,7

Abb. 3. Lichtdurchlässigkeit, Gesamtenergiedurchlässigkeit und Wärmedurchlasszahl von Verglasungen.

Weise kann der Lüftungswärmeverlust auf die hygienisch und bauphysikalisch notwendigen Luftwechselraten reduziert werden. Bewusstes Lüften ist sinnvoller als ein unkontrollierter Luftaustausch über undichte Fensterfälze.
Zur Reduktion des Transmissionswärmeverlustes stehen uns heute – neben besonders geeigneten Werkstoffen für das Rahmenmaterial – eine ganze Reihe von Wärmedämmgläsern zur Verfügung. Trotz dem etwas geringeren Sonnenenergiegewinn durch solche Gläser ist deren Energiebilanz auch auf südost- bis südwestorientierten Fassaden positiv.

Bei den stetig steigenden Preisen unserer Energieträger lassen sich die Mehrinvestitionen für eine bessere Verglasung wohl bei Neubauten wie bei Altbaumodernisierungen innert 8 bis 10 Jahren amortisieren.

Literatur

[1] EgoKiefer Schriftenreihe, Heft 2, «Fenster und Lüftung», Erfahrungen mit Falzdichtungen im Fensterbau.
[2] Bundesamt für Konjunkturfragen: Leitfaden für die wärmetechnische Gebäudesanierung.

Fenster, Türen und Rolladen als Schwachstellen

Diese Bauteile gelten nach wie vor als wärmetechnisch schwache Elemente. Einerseits sollen sie bestimmte Gebrauchsbedingungen erfüllen – sie müssen geöffnet werden können, zum Teil durchsichtig sein und auch eine gewisse Handlichkeit aufweisen –, anderseits soll durch sie möglichst wenig Wärme im Winter von innen nach aussen abfliessen. Mindestens beim Fenster wird es auch in den nächsten Jahren kaum gelingen, die Wärmedurchgangszahl *k* ohne schwerwiegende Nachteile auf 1,0 oder gar 0,6 W/m²K zu reduzieren. Dies im Gegensatz zu den übrigen Aussenwandelementen, welche einfach mit einer entsprechend dickeren Isolationsschicht versehen werden können.
Das soll nun aber nicht heissen, dass es sich nicht lohnen würde, im Fensterbereich Massnahmen zum Energiesparen zu treffen. Zwar ist das «Nachisolieren» von Fenstern, bisweilen auch von Türen oder Rolladenkästen, nicht ganz so einfach und meist auch weniger wirtschaftlich als von nichttransparenten Aussenwänden. Es gibt aber eine ganze Reihe von Massnahmen im Fensterbereich, welche wenig oder gar kein Geld kosten und trotzdem viel zum Energiesparen beitragen. Zu deren Verständnis muss man sich vor Augen halten, wie der Wärmeverlust an Fenstern zustande kommt.

Der Lüftungswärmeverlust

Über die Fugen zwischen dem festen und dem beweglichen Teil des Rahmens wird dauernd mehr oder weniger Luft ausgetauscht. Die Menge hängt vom Dichtheitsgrad des Fensters bzw. des Rollladens oder der Türe (der sogenannten Passgenauigkeit) und vom Druckunterschied der Luft zu den beiden Seiten des Bauteils ab. Dieser Druckunterschied wird durch Wind, Absauganlagen in WC, Bad oder Küche, Cheminée-Öffnungen usw. hervorgerufen. Der Wind bläst nicht überall gleich häufig oder gleich stark. Es gibt exponiertere Bauten, freistehend, vielleicht sogar quer zur Hauptwindrichtung gestellt, die dauernd mehr oder weniger grossen Luftströmungen ausgesetzt sind. Häuser in dichter Besiedlung dagegen sind oft sehr gut vor Wind geschützt. Die über diese undichten Stellen eindringende Luft muss nun im Winter erwärmt werden. Die Energiemenge, die hierfür benötigt wird, kann bei einem Bauelement ohne spezielle Falzdichtung je nach Passgenauigkeit, Druckunterschied, äusseren und inneren Klimadaten zwischen 100 und weit über 500 kWh (etwa 10–50 kg Heizöl) pro Winter und einem Meter Fugenlänge betragen. Es lohnt sich also, undichte Fugen aufzuspüren und abzudichten. Gerade diese Massnahme kann praktisch jeder ohne spezielle Kenntnisse und vor allem mit geringsten Kosten durchführen. Gute Dichtungen kosten ein bis zwei Franken pro Meter.

Der Transmissionswärmeverlust

Durch jede Bauhülle – sie mag noch so luftdicht konzipiert sein – geht während der kalten Jahreszeit Wärme durch Transmissionen verloren, das heisst, die Wärme fliesst durch das Bauelement. Nun ist die Wärmemenge, die da verlorengeht, natürlich von verschiedenen Faktoren abhängig:

1. von den Temperaturdifferenzen: Je kälter es draussen ist, um so mehr Wärme fliesst durch den Bauteil ab;
2. von der Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Baustoffe, wobei Kupfer und Aluminium gute Wärmeleiter, Glas, Holz und Kunststoff aber schlechte Wärmeleiter sind. Steinwolle, Glaswolle, Kunststoffschäume und auch Luft sowie verschiedene andere Gase bezeichnet man als Wärmeisolatoren;
3. von der Stärke (Dicke) des Bauteils, denn je dicker die Konstruktion, um so geringer der Wärmeabfluss und um so wärmeisolierender die Bauteile;
4. von der Grösse des Bauteils, also je mehr Quadratmeter Fläche er aufweist, um so grösser ist der Transmissionswärmeverlust.

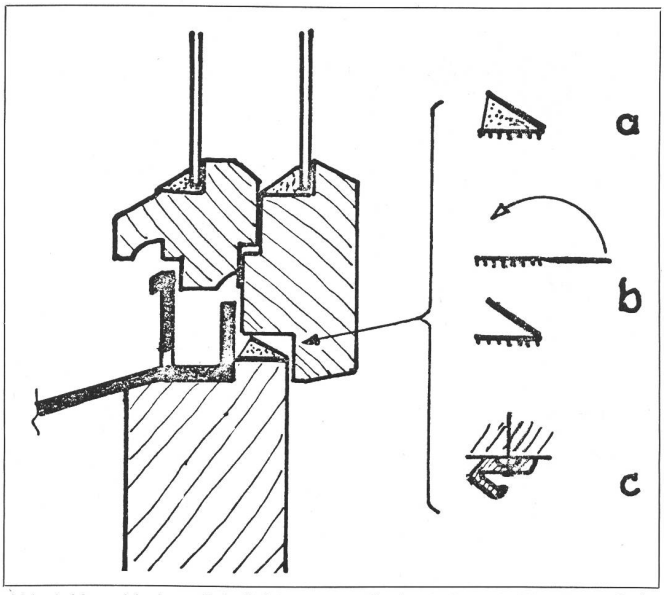


Abb. 1. Verschiedene Falzdichtungen: a Sedur, b Scotch-Weathers-Strip, c Neoprendichtung Mettler.

Bei der Verglasung gibt es einige spezielle Punkte zu beachten. Der Isolationswert einer Verglasung hängt weitgehend von der Stärke des zwischen den Scheiben liegenden Luftpolsters ab. Die Luft ist nämlich der eigentliche Isolator. Bei den Fenstern ist der Luftzwischenraum je nach Verglasung recht verschieden. Üblich ist bei Isolierglas 12–15 mm, bei Doppelverglasung 25–35 mm. Durch den doppelt so grossen Luftzwischenraum lässt sich aber die Wärmeschutzwirkung nicht verdoppeln. Dies deshalb, weil die Luftschicht zwischen den Scheiben durch die Temperaturunterschiede zwischen innen und aussen in Zirkulation gerät. Je grösser der Scheibenabstand und der Temperaturunterschied sind, um so intensiver wird dieser Wärmeverlust durch Konvektion (Luftzirkulation). Der optimale Scheibenabstand liegt bei etwa 30 bis 40 mm.
Eine bessere Wärmeisolationswirkung erzielt man jedoch durch verschiedene moderne Techniken, wie etwa Unterteilung dieser Luftschicht durch eine dritte Scheibe (sogenannte Dreifachverglasung), Verwendung von schlecht wärmeleitendem Gas anstelle von Luft im Zwischenraum der Isoliergläser, durch Aufdampfen von Reflexionsbelägen auf das Glas oder durch Kombination beider Verfahren.

Alte Fenster ersetzen?

Im Blick auf einen allfälligen Ersatz alter Fenster leisten folgende