Bauliche Maßnahmen 3.0
Fenster 3.3

Das traditionell sehr kleine engadiner Fenster lässt durch die Abschrägung der Fensterlaibung dennoch viel Licht in den Raum. So wird die Tageslichtausbeute maximiert, ohne durch die einfachverglaste Öffnung unnötig viel Wärme zu verlieren. Bei Nacht werden die Fensterläden geschlossen, um den Wärmeverlust durch die "Schwachstelle Fenster" zu verringern.

Foto: Clemens Richarz

Eine effiziente Maßnahme, um Wärmeverluste durch die Außenwand zu vermeiden, ist die Optimierung ihrer verglasten Flächen. Dies gilt gleichermaßen für Neubauten und Sanierungsobjekte. Bei der energetischen Verbesserung von Bestandsgebäuden ist der Einbau neuer, leistungsfähiger Fenster häufig die wirksamste Maßnahme zur Verringerung der Wärmeverluste, da die nachträgliche Dämmung von Wand- und Dachflächen wegen zahlreicher Anschlussprobleme oft mit hohem Aufwand verbunden ist (siehe hierzu Infoblatt 3.1 und 3.7).

Die energetische Qualität eines Fensters wird mit Kenngrößen für die Wärmeverluste (U-Wert, siehe Infoblatt 3.1), den Sonnenenergiedurchgang (g-Wert) und den Tageslichteintrag (T-Wert) beschrieben: Die Wärmeverluste eines Fensters ($U_{Fenster}$) sind abhängig von der Qualität der Verglasung und von der Bauart des Rahmens. Bei heute marktgängigen Fenstern liegt $U_{Fenster}$ zwischen 0,6 und 1,4 W/m²K. Demgegenüber weist eine Wand mit 20 cm Wärmedämmung nur einen Wärmeverlust von ca. 0,16 W/m²K auf, bei 30 cm Dämmstärke von nur 0,1 W/m²K. Transparente Bauteile haben jedoch die Möglichkeit, im Winter bei Besonnung Wärme für den Innenraum zu gewinnen und damit die Wärmeverluste teilweise zu kompensieren. Allerdings ist die solare Energie nicht dosierbar und führt im Sommer zur massiven Überhitzung der Räume, falls kein steuerbarer Sonnenschutz vorhanden ist. Die zweite Kenngröße, der g-Wert, betrifft die Sonnenschutzfunktion des Glases und gibt an, wieviel Prozent der vorhandenen Sonnenstrahlung durch die Glasflächen in den Raum gelangen.

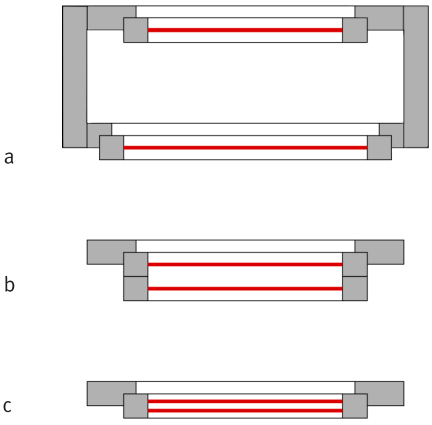
Der dritte Kennwert neben U- und g-Wert ist der T-Wert für die Lichtdurchlässigkeit der Verglasung. Je höher dieser Wert ist, desto mehr Tageslicht gelangt in den Raum. Die Prozentzahl gibt an, wieviel Tageslicht im Vergleich zu einer Öffnung ohne Glas in den Raum gelangt.

Nachhaltigkeit in Bezug auf Fenster umfasst jedoch nicht allein energetische Aspekte. Technisch fundierte baukonstruktive Lösungen erhöhen die Lebensdauer eines Fensters, weil es sich leichter warten lässt. Intelligente Konzepte für die Größe, Anordnung und Ausstattung von Fenstern verbessern die räumliche Qualität des Innenraums, seine Möblierbarkeit und schaffen Spielräume für spätere Nutzungsänderungen, ohne das Bauteil "Fenster" antasten zu müssen.

Fensterkonstruktionen im Bestand
Lange Zeit wurden Fensterrahmen ausschließlich aus Holz und Stahl gefertigt. In den fünfziger Jahren kamen dann auch Kunststoff- und Aluminiumfenster hinzu. Die folgende Tabelle zeigt die Wärmedurchgangskoeffizienten alter Fenster in W/m²K, hier exemplarisch für einen Rahmenanteil von 30 %:

Fenster	U_{Rahmen}	U_{Glas}	$U_{Fenster}$
Holz			
- einfachverglast	3,0	5,0	4,5
- Kastenfenster	3,0	2,8	2,5
- Verbundfenster	3,0	2,8	2,5
- Isolierglas	3,0	2,8	2,5
Stahl			
- Isolierglas	5,0	2,8	3,2
Aluminium			
- Isolierglas	5,0	2,8	3,2

Jahrhundertelang wurden Verglasungen mit nur einer Scheibe ausgeführt. Um die Wärmeverluste und Undichtigkeiten zu verringern, wurden seit Mitte des 19. Jahrhunderts Kastenfenster gebaut. Sie bestehen aus zwei einfach verglasten Fenstern, die durch ein umlaufendes Futter zu einem Kasten verbunden sind, aber unabhängig voneinander bedient werden. Im nächsten Entwicklungsschritt werden die inneren und äußeren Flügel zu einem Bauteil verbunden (Verbundfenster). Diese aufwändigen "Doppelfenster" wurden in den 60er Jahren erstmals durch Isolierglasscheiben ersetzt: Ein Paket aus zwei Scheiben, die durch einen umlaufenden Steg fest miteinander verbunden sind und ein wärmedämmendes Luftpolster umschließen, konnten nun mit dauerelastischen Dichtungsmaterialien in einen einfachen Rahmen eingebaut werden und erzielten bessere Wärmedämmwerte denn je.



Fensterkonstruktionen
a Kastenfenster
b Verbundfenster
c Isolierverglasung

Tabelle und Grafik:
Clemens Richarz

Neue Fensterkonstruktionen
Reflektierende Beschichtungen der Gläser, Gasfüllung des Zwischenraums (Wärmeschutzverglasung) und Dreischeibenisolierglas haben den Wärmedurchgang durch das Fenster im Verbund mit hochentwickelten Rahmenprofilen bis heute weiter reduziert.
Als Rahmenmaterial stehen Holz, Kunststoff, Aluminium und Stahl zur Verfügung. Alle Rahmenkonstruktionen mit Ausnahme von Stahl können U_{Rahmen}-Werte bis 1,0 W/m²K erreichen, je nachdem ob sie den Wärmeabfluss durch Lufteinschlüsse oder – bei Metallrahmen – durch thermische Trennungen aus Kunststoff behindern.

Holz
Holzfenster werden aus Fichte, Kiefer oder hochwertigen Harthölzern hergestellt, die aus zertifiziertem nachhaltigen Anbau (FSZE) stammen sollten, um den ökologischen Vorteil des nachwachsenden Rohstoffs voll zu nutzen. Das Rahmenholz muss durch Anstrichsysteme geschützt und regelmäßig gewartet werden. Die Wartungsintervalle betragen je nach Witterungsbeanspruchung zwei bis fünf Jahre. Die Möglichkeit der Wartung erlaubt es auch, problemlos kleinere Reparaturen auszuführen, so dass gerade Holzfenster bei entsprechender Pflege dauerhaft schön und funktionstüchtig bleiben.
Eine Optimierung von Holzfensterkonstruktionen kann erreicht werden, wenn ein Hartholz (Eiche) verwendet wird oder das Holz außenseitig durch eine Aluminiumschale geschützt wird. Man spricht dann von Holz-Alu-Fenstern.

Kunststoff
Häufig wird der Einsatz von Kunststofffenstern empfohlen, da sie kostengünstig hergestellt werden können und keiner Pflege bedürfen. Die in Aussicht gestellte lange Lebensdauer von Kunststoffenstern ist aber, zumindest was die Qualität der Oberfläche betrifft, kritisch zu hinterfragen. Denn Schmutzpartikel, die sich auf der Oberfläche festsetzen und einbrennen, können – insbesondere bei farbigen Kunststoffrahmen – nicht ohne wahrnehmbare Beeinträchtigungen beseitigt, geschweige denn abgeschliffen und überstrichen werden. Auch können kleinere Beschädigungen nicht repariert werden, was ebenfalls das optische Erscheinungsbild beeinträchtigt.

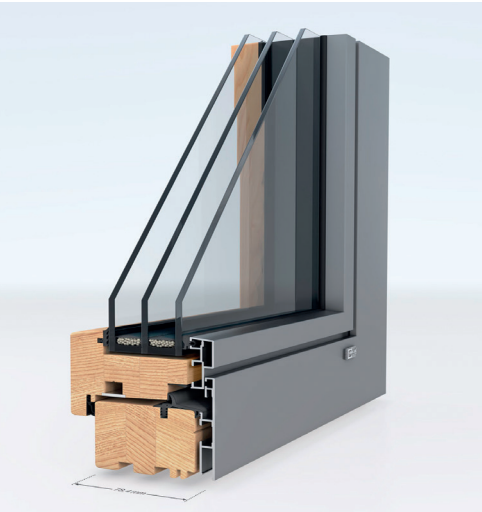
Aluminium
Im Vergleich zu Kunststofffenstern sind Aluminiumfenster unverwüstlich. Dies betrifft sowohl die Dichtigkeit als auch die Funktionstüchtigkeit selbst bei extremer Bewitterung. Allerdings können auch hier Beschädigungen der Oberfläche kaum repariert werden, so dass der Einsatz von Aluminiumfenstern in stark beanspruchten Räumen nicht sinnvoll ist. Da außerdem der primärenergetische Herstellungsaufwand von Aluminiumfenstern extrem hoch ist, kann ihr Einsatz nur bei außergewöhnlich hoher Witterungsbeanspruchung empfohlen werden.

Stahl
Wegen der hohen Tragfähigkeit des Materials können mit Stahl besonders schlanke Rahmenprofile realisiert werden. Allerdings liegen die U-Werte der Rahmen nicht unter 1,9 W/m²K. Daher kommen Stahlfensterkonstruktionen nur bei sehr großflächigen Verglasungen, stark beanspruchten Türen und Toren oder beim Ersatz historischer Fenster zum Einsatz.

Kosten
Ein Preisvergleich führt in etwa zu folgendem Ergebnis:

Holz (ohne Wartung)	100 %
Kunststoff	100 %
Holz-Aluminium	140 %
Aluminum / Stahl	160 %

Für eine nachhaltige Materialentscheidung sollten neben den Kosten auch der Primärenergieverbrauch bei der Herstellung und Wartung sowie die zu erwartende Lebensdauer berücksichtigt werden, was dann zur Favorisierung eines Holz-Alu-Fensters führen kann.



Energetische Kennwerte eines Holz-Aluminium-Fensters mit aktuellem technischen Standard:
- verbesserter Holzrahmen z.B. durch sog. Verbundrahmen
- Dreifachwärmeschutzverglasung
- U-Wert$_{Glas}$: 0,6 W/m²K
- U-Wert$_{Rahmen}$: 1,0 W/m²K
- U-Wert$_{Fenster}$: 0,8 W/m²K bei 30 % Rahmenanteil
- g-Wert: 38 %
- T-Wert: 72 %

Foto: unilux.de

Verglasung
Mit der Verglasung können je nach Aufbau der Scheiben unterschiedlichste Funktionen erfüllt werden. Zum Einsatz kommt heute in der Regel Zweifach- oder Dreifachwärmeschutzglas. Durch die Beschichtungstechnik können die Gläser hinsichtlich des Wärmedurchgangs von außen nach innen (Sonnenschutz, g-Wert) oder von innen nach außen (Wärmeschutz, U-Wert) und hinsichtlich des Tageslichtdurchgangs (T-Wert) optimiert werden.
Dabei sind U_{Glas}-Werte von 0,6 – 1,1 W/m²K, g- Werte von 80 – 20 % und mit dem g-Wert in Beziehung stehende T-Werte von 80 – 50 % erzielbar.
Während gute U- und T-Werte immer erstrebenswert sind, ist die Optimierung des g-Wertes schwierig. Im Winter ist ein hoher g-Wert gewünscht, um möglichst viel Sonne und Wärme in den Raum hineinzulassen, während im Sommer ein kleiner g-Wert dazu beitragen würde, die dann unerwünschte Energie vom Innenraum fernzuhalten. Gerade bei Nichtwohngebäuden ist es sinnvoll, bei der Optimierung das Augenmerk auf die Klimaverhältnisse im Sommer zu richten und gegebenenfalls auf die – im übrigen nicht besonders hohen – Energiegewinne im Winter zu verzichten.
Technisch leistungsfähige Gläser können auch Aufgaben des Schallschutzes, des Brandschutzes und der Sicherheit (Einbruchschutz, Absturzsicherung) erfüllen. Sie sind mit den Wärmeschutzfunktionen beliebig kombinierbar, erfordern jedoch meistens zusätzliche Verstärkungen der Rahmenkonstruktion.

Sonnenschutz
Zum Fenster gehört ein wirkungsvoller Sonnenschutz, der die Überhitzung des Innenraums verhindert. Um Sonneneinstrahlung und damit verbunden auch Tageslicht nicht ständig vom Innenraum fernzuhalten, sondern je nach Wetterlage, Jahres- und Tageszeit auch zulassen zu können, muss der Sonnenschutz regelbar sein. Das ist mit einer beschichteten Glasscheibe nicht zu leisten, sondern am besten mit einem beweglichen, außen angeordneten Sonnenschutz realisierbar. Zur Verdunklung des Innenraums oder zum Blendschutz bei Computerarbeitsplätzen sind in der Regel ergänzende Maßnahmen im Innenraum erforderlich (siehe hierzu auch Infoblatt 3.2 und 3.9).

Herausgeber
Bayerischer Jugendring
K.d.ö.R. vertreten durch
den Präsidenten
Matthias Fack
Herzog-Heinrich-Str. 7
80336 München
www.bjr.de

Redaktion
Christina Schulz
schulz.christina@bjr.de

Autor
Prof. Clemens Richarz

Gestaltung
designwerkgmbh

Bestellung
www.bjr.de/themen/foerderung/baumassnahmen

Stand: Februar 2013

Praxistipp
Zur Bestimmung der Fensterqualität müssen viele Parameter festgelegt werden, die Einfluss auf den Energiehaushalt, die Behaglichkeit und natürlich die Raumqualität selbst haben. Bei der Planung von Fenstern spielen Fragen der Gestaltung, der Fensterflächen, der Investitionskosten, der vom Fenster beeinflussten Energiekosten (Heizung, Kühlung, Beleuchtung, Belüftung) und Wartungskosten eine Rolle. Nicht zuletzt müssen im Zusammenhang mit dem Fenstereinbau die Konzepte für den Sonnenschutz und für die Raumbelüftung geklärt werden. Dies gilt insbesondere beim Austausch alter Fenster, da hier oft ein Sonnenschutz ganz fehlt und die Lüftung aufgrund der hohen Dichtheit moderner Fenster neu durchdacht werden muss, um langfristig Feuchteschäden durch Tauwasser sicher vermeiden zu können.

Links
www.windows.de
www.ift-rosenheim.de

Beispiel
Schule in Vela (CH)
Baujahr: 1994 – 97
Architekt: Bearth und Deplazes, Zürich

Das klassische engadiner Fenster mit seinen abgeschrägten Laibungen wird in diesem Schulgebäude neu interpretiert. Mit den heutigen technischen Mitteln können Fenster im Vergleich zu älteren Gebäuden deutlich größer ausgeführt werden, was zur Verbesserung der Belichtung und des Bezugs zum Außenraum führt. Wichtig wird bei großflächigen Verglasungen die ästhetisch befriedigende Unterteilung der Glasflächen aufgrund technischer oder funktionaler Erfordernisse (Liefergrößen, Öffnungsflügel, Trennwandanschlüsse). Die Fenster der Sporthalle – im Vordergrund zu sehen – sind trotz ihrer Größe als Öffnung in einer massiven Wand wahrnehmbar. Die Unterteilung ermöglicht den Einbau kleiner d.h. leicht bedienbarer und platzsparender Lüftungsflügel und erzeugt Maßstäblichkeit.

Foto: Ralph Feiner