

Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege

Energetische Sanierung historisch wertvoller Fenster

Broschüre für Planer

Inhalt

1	Grundsätze der Denkmalpflege	5
2	Konstruktionsarten historischer Fenster	6
3	Schritte der Fenstersanierung Ausgangslage Analyse Massnahmen	8 9 9
4	Berechnungstool der Berner Fachhochschule	16
5	Mindestwärmeschutz einer Wärmebrücke	16
6	Kosten Fenstersanierung	17
7	Anwendungsbeispiel	18
8	Adressen	23
9	Literatur	24

Einleitung

«Fenster sind die Augen des Hauses», besagt eine ältere, aber zweifellos noch heute gültige Redensart. Sie ermöglichen den Blick aus dem Gebäudeinneren nach draussen. Von aussen betrachtet prägen sie als wichtiges gestalterisches Element das Erscheinungsbild der Fassade. Historische Gebäude sind häufig durch eine schlichte Bauweise gekennzeichnet, bei welcher die Fenster oft einziges architektonisches Gestaltungsmittel sind.

Über die gestalterische Wirkung hinaus muss das Bauteil «Fenster» eine Vielzahl weiterer Anforderungen erfüllen. Zu diesen zählen auch bauphysikalische Aufgaben wie der Luftaustausch sowie der Schall-und Wärmeschutz.

Um moderne Wärmeschutzanforderungen einzuhalten, werden historisch wertvolle Fenster oftmals unüberlegt durch neue Fenster ersetzt. Dabei wird häufig wenig Rücksicht auf das äussere Erscheinungsbild genommen. Als Folge davon geht neben dem Originalfenster auch der Charme und Ausdruck des Gebäudes verloren. Die Möglichkeit einer energetischen Verbesserung der Bestandsfenster wird selten in Betracht gezogen.

Diese Broschüre enthält Planungshinweise für die energetische Sanierung historisch wertvoller Fenster aus der Zeit von 1850 - 1920. Dabei werden die geltenden Grundsätze der Denkmalpflege aufgegriffen. Das Energieeinsparpotenzial sowie die Kosten verschiedener Sanierungvarianten können mit Hilfe der Broschüre abgeschätzt werden.



1

Grundsätze der Denkmalpflege

Historisch wertvolle Fenster sollen nach den Grundsätzen der Denkmalpflege saniert werden. Ein Fenster ist «historisch wertvoll», wenn es aufgrund seiner visuellen Wirkung auf die Fassade und das Stadtbild von entscheidender Bedeutung ist. Dafür muss das Fenster nicht unbedingt unter Denkmalschutz stehen.

Grundsätze

Historische Bedeutung

Ein unter Denkmalschutz stehendes Gebäude bedarf bei Änderungen am Gebäude oder Gebäudeteilen der Zustimmung des kantonalen Denkmalamtes. Welche Änderungen erlaubt sind und welche Anforderungen erfüllt werden müssen, hängt von der jeweiligen Schutzkategorie des Gebäudes ab. Diese wird durch kantonale Vorgaben festgelegt.

Die Bedeutung der historischen Fenster wird durch eine Vielzahl von Eigenschaften bestimmt. Dazu gehört beispielsweise sein handwerklicher und künstlerischer Wert. Auch die Erscheinung des Fensters in Bezug auf die Fassade des Gebäudes und der anschliessenden Nachbargebäude können es schützenswert machen. Ebenfalls eine wichtige Rolle spielt die Wirkung des Fensters zum Innenraum.

Die Ausführung und Grösse des Fensters gibt über den sozialen Stand der früheren Bewohner Auskunft. So konnten sich in Zeiten, in denen es noch eine Fenstersteuer gab, weniger bemittelte Familien nur kleine Fenster leisten. Die besser wärmedämmenden zweischaligen Kastenfenster kamen meistens nur in «besseren Wohnhäusern» zum Einsatz. Sie wurden dann überwiegend auf der repräsentativen Strassenseite eingebaut. Auf der weniger frequentierten Hofseite wurde gespart und oft nur einfachverglaste Fenster eingesetzt.

Authentizität

Die verwendeten Materialien historischer Fenster machen sie zu einem Spiegel der Zeit, in der sie gebaut wurden.

Die Bauweise sowie die verwendeten Materialien lassen auf das Alter eines Bauteils oder Gebäudes schliessen. An einem Fenster sind die handwerklichen Fähigkeiten und Techniken der Fensterbauer ablesbar, wodurch das Fenster seine Authentizität gewinnt.

Zur Wahrung der Authentizität soll daher die originale Substanz, Aufteilung, Proportion und Konstruktion der Fenster erhalten bleiben. Auch die beste Nachbildung kann nicht die kulturelle, historische, handwerkliche oder künstlerische Bedeutung des Originals ersetzen.

Aus denkmalpflegerischer Sicht geht es nicht in erster Linie darum, eine formal ansprechende Sanierung durchzuführen. Vielmehr dürfen Risse, natürliche Verwitterungen und kleine Beschädigungen erhalten bleiben, um so das Alter zu zeigen. Der Zeugniswert des Denkmals wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Erhaltung

Aus Sicht der Denkmalpflege sollten möglichst alle Bestandteile und Materialien eines Bauteils im Original erhalten bleiben. Am geeignetsten sind daher Massnahmen, die das historische Fenster in den Originalzustand zurückführen. Reparatur und Ersatz sind grundsätzlich auf das Notwendigste zu beschränken.

Fenster sind in regelmässigen Abständen zu warten, um die Lebensdauer zu verlängern.

Fachleute hinzuziehen

Die Erhaltung historischer Fenster erfordert ein Zusammenspiel unterschiedlicher Fachdisziplinen wie Architektur, Denkmalpflege, Bauphysik und Fensterbau.

Dokumentation

Bei der Erforschung und Inventarisierung eines Denkmales sind schonende Methoden zu verwenden. Die Dokumentationsunterlagen sollen der interessierten Öffentlichkeit (z. B. in einem Stadtarchiv) zugänglich sein.

Im Zuge einer Sanierung soll durch eine Dokumentation der Zustand des Bauwerks vor, während und nach dem Eingriff erfasst und die durchgeführten Massnahmen begründet werden.

[2] [3] [4]

Konstruktionsarten historischer Fenster

Einfachfenster

Einfachfenster bestehen aus einem Blend- und einem Flügelrahmen und sind mit einer Glasscheibe ausgestattet.

Diese Fensterart wurde häufig auf der Hofseite eingebaut. Auch in Räumen mit geringen Komfortansprüchen, wie in Treppenhäusern, Fluren oder Vorräumen, waren die Fenster oft einfach verglast.

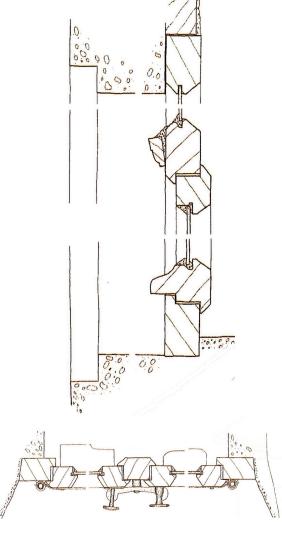
Eigenso	chaften E	Bestandsfenster
U _w =	4.5	W/m ² K
Grösse	1.2 m x	1.7 m, Glasanteil 63 %

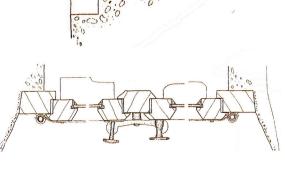
Kastenfenster

Kastenfenster zählen zu den am häufigsten vorkommenden Fenstertypen im Zeitraum von 1850 - 1920.

Kastenfenster bestehen aus zwei Einfachfenstern, dem Aussen- und dem Innenfenster, welche durch ein rundumlaufendes Futterbrett aus Holz miteinander verbunden sind. Beide Fenster sind gleichermassen wertvoll. Die Authentizität eines Kastenfensters entsteht vor allem durch seinen doppelten Aufbau und der damit einhergehenden plastischen Wirkung. Diese sollte in jedem Fall erhalten bleiben [9]. Kastenfenster wurden hauptsächlich auf der repräsentativen Fassadenseite eingebaut.

Eigenso	chaften E	Bestandsfenster
U _w =	2.3	W/m²K
Grösse	1.2 m x	1.7 m, Glasanteil 70 %





Zeichnungen Kastenfenster erstellt von [8]

Zeichnungen Einfachfenster entnommen aus [7]

Vorfenster

Unter einem Vorfenster versteht man ein Einfachfenster, das vor dem Hauptfenster angebracht wird. Im Vergleich zum Kastenfenster ist das Vorfenster nicht mit der inneren Fensterebene verbunden und kann nach innen oder aussen geöffnet werden. Es handelt sich um eine nicht permanente Konstruktion. Winterfenster werden vor dem Hauptfenster aussen eingesetzt und dienen in der kalten Jahreszeit als zusätzliche Wärmeschutzmassnahme. In Sonderfällen können Vorfenster auch auf der Innenseite vorkommen, wenn in der Mauerleibung auf der Aussenseite nicht genug Platz zum Einhängen ist.

Das Vorfenster schützt als zusätzliche Fensterebene das Hauptfenster. Das Hauptfenster wird als das wertvolle Fenster angesehen.

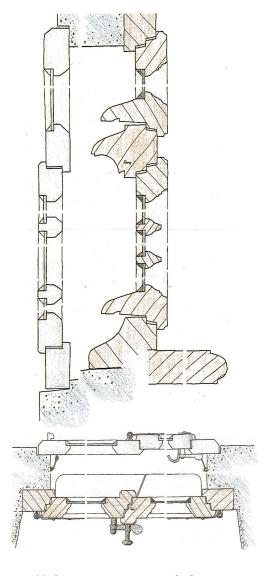
Der Wärmeschutz der Kombination Vorfenster und Einfachfenster ist vergleichbar mit dem des Kastenfensters.

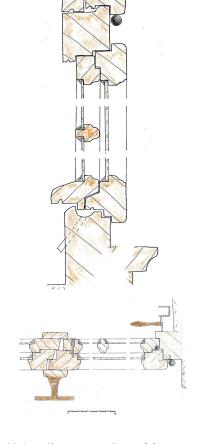
Verbundfenster (Doppelfenster)

Die ersten Verbundfenster wurden um 1880 entwickelt, doch erst ab 1920 fand dieser Fenstertyp Verbreitung [9].

Verbundfenster bestehen aus zwei Einfachfenstern, wobei der zweite Fensterflügel am ersten befestigt wird. Die zweite Fensterebene kann entweder innen oder aussen angebracht werden.

Eigenschaften Bestandsfenster				
U _w =	2.6	W/m²K		
Grösse 1.2 m x 1.7 m, Glasanteil 63 %				





Zeichnungen Vorfenster entnommen aus [10]

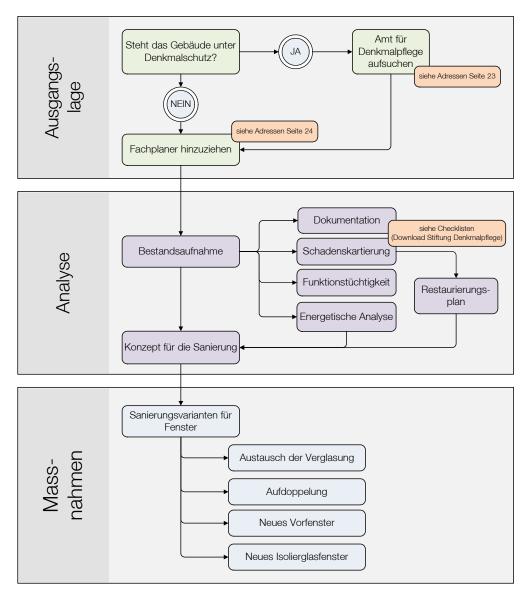
Zeichnungen Verbundfenster erstellt von [8]

Schritte der Fenstersanierung

Verschiedene Schritte führen zum Ziel einer erfolgreichen Fenstersanierung. Bei der Erfassung der Ausgangslage ist zunächst abzuklären, ob das Gebäude unter Denkmalschutz steht.

Es folgt eine eingehenden Analyse, welche eine Bestandsaufnahme sowie die Erstellung eines Sanierungskonzeptes beinhaltet. Auf Basis dieses Konzepts werden konkrete Massnahmen zur Sanierung der Fenster abgeleitet.

Auf den folgenden Seiten sind die Schritte der Fenstersanierung im Detail beschrieben.



Ausgangslage

Steht das Gebäude unter Denkmalschutz?

Vor jeder Sanierung ist abzuklären, ob das Gebäude unter Denkmalschutz steht. Die Adressen der zuständigen Ämter der Denkmalpflege sind auf Seite 23 zu finden.

Ist das Gebäude nicht denkmalgeschützt, so kann die Bauherrschaft grundsätzlich frei entscheiden, wie die Fenster saniert werden sollen. Aber auch in diesem Fall sind die Fenster als historische Zeitzeugen zu betrachten und sollten nicht unüberlegt verändert werden.

Fachplaner hinzuziehen

Die energetische Sanierung historisch wertvoller Fenster ist eine komplexe Aufgabe. Daher müssen Fachleute verschiedener Disziplinen wie der Bauphysik, Architektur und Denkmalpflege möglichst frühzeitig hinzugezogen werden.

Adressen von Fachplanern können über die auf Seite 24 aufgeführten Fachverbände bezogen werden.

Analyse

Bestandsaufnahme

Durch eine Bestandsaufnahme wird die Bedeutung sowie der Erhaltungszustand des historischen Fensters bestimmt.

Dokumentation

Um einen Überblick zu erhalten, sollte die Konstruktion dokumentiert werden. Dabei sind Skizzen und Fotos anzufertigen, sowie Materialien und Bauarten zu beschreiben. Für die Dokumentation steht eine Checkliste zum Download auf der Homepage der «Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege» [11] zur Verfügung.

Schadenskartierung

Die Kartierung der Schäden an den Konstruktionselementen des Fensters stellt die Grundlage für einen Restaurierungsplan zur Instandsetzung dar. Bei aufwendigen Reparaturarbeiten sind die Schäden in einem Werkplan zu erfassen.

Auf der Homepage der «Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege» [11] sind Unterlagen zur Schadenskartierung sowie eine Tabelle mit typischen Schadensbildern und deren Instandsetzung erhältlich.

Funktionstüchtigkeit

Fenster müssen Anforderungen hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit erfüllen. Beispielsweise müssen sie das Eindringen von Wasser verhindern und eine dauerhafte Nutzung ermöglichen. Bei der Bestandsaufnahme ist die Funktionstüchtigkeit von Beschlägen, Falzdichtungen, usw. zu überprüfen.

Energetische Analyse

Der Flächenanteil der Fenster an der gesamten wärmeübertragenden Hülle eines historischen Wohngebäudes ist meist gering. Daher muss der Wärmeschutz der gesamten Gebäudehülle analysiert werden. Das Energieeinsparpotenzial durch die Sanierung der Fenster muss mit anderen Sanierungsmassnahmen verglichen und kritisch hinterfragt werden.

Eine denkmalgerechte Sanierung der Fenster zum Erhalt der Aussenansicht eines Gebäudes ist in jedem Fall lohnenswert. Sanierungsvarianten der Fenster mit geringer Verbesserung des Wärmeschutzes bei Erhaltung der historischen Substanz können einen Kompromiss darstellen. Aus einer Sanierung der Fenster resultiert eine Steigerung der Behaglichkeit und des Wohnkomforts, da unter anderem Zuglufterscheinungen und kalte Oberflächentemperaturen reduziert werden. Dadurch wird letztendlich der Wert einer Immobilie gesteigert.

Für die energetische Analyse der Fenster stellt die Berner Fachhochschule ein Planungswerkzeug zur Verfügung (siehe dazu Kapitel «4 Berechnungstool der Berner Fachhochschule» und «5 Mindestwärmeschutz einer Wärmebrücke»).

Die Bestandsaufnahme ist eine wichtige Grundlage des Sanierungskonzepts. Die Fenstersanierung ist im Kontext der Sanierung der gesamten wärmeübertragenden Gebäudehülle zu sehen. Durch eine Fenstersanierung steigt der Wohnkomfort und damit der Wert eines Gebäudes.

Anforderungen an ein Fenster

An das Bauteil «Fenster» werden zahlreiche Anforderungen - vor allem bauphysikalischer und mechanischer Natur - gestellt.



Konzept für die Sanierung

Die Sanierungsmassnahmen müssen ein optimales Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Der Aufwand für Wartung und Reinigung sollte gering und die Lebensdauer lang sein.

Informationen zu möglichen Förderstellen können über die Adressen auf Seite 24 bezogen werden.

Es ist möglich mit energetischen Modernisierungsmassnahmen für Gebäude aus den Jahren 1850 – 1920 eine Verringerung des Endenergiebedarfs um ca. 60 % zu erzielen [1].

Fenster müssen vielerlei Funktionen erfüllen. Vor der Sanierung sollten mit der Bauherrschaft einige grundsätzliche Festlegungen getroffen werden:

Wärmeschutz im Winter

Welche kantonalen Anforderungen müssen erfüllt werden?

Altbaufenster sind thermische Schwachstellen in der Gebäudehülle. Energetisch hochwertigere Fenster sorgen für ein behagliches Raumklima, erhöhen die raumseitigen Oberflächentemperaturen und unterbinden Zuglufterscheinungen.

Die Bauherren bzw. Eigentümer legen den energetischen Standard des zu sanierenden Fensters fest. Die einschlägigen Normen (SIA 380/1:2009 und SIA 180:1999) geben die Mindestanforderungen für den Wärmeschutz vor.

Schallschutz

Sind aufgrund von Lärmbelastung, z. B. Strassenverkehr, Schallschutzmassnahmen notwendig?

Die Auslegung des Schallschutzes erfolgt nach SIA 181:2006 und ist im Einzelfall zu prüfen.

Lüftungsfunktion

Wie werden die Räume gelüftet? Ist eine mechanische Lüftung erforderlich? Müssen Mieter über Lüftungsmassnahmen informiert werden?

Durch Sanierungsmassnahmen wird die Fugendichtheit der Fenster erhöht, wodurch eine erhöhte Gefahr der Kondensatbildung entsteht. Das Lüftungsverhalten der Bewohner muss angepasst werden.

«Eine fachgerechte Fenstersanierung bedeutet, dass das Erscheinungsbild dem Gebäude angepasst und eine zeitgemässe Lösung bezüglich Wärmedämmung und Schallschutz gefunden wird.» [12, S.10]

Einbruchschutz

Ist ein Einbruchschutz, z. B. abschliessbare Fenster, Vorsatzgitter oder Sicherheitsglas, erforderlich?

Bei nicht dauerhaft bewohnten Gebäuden, wie z. B. Ferienhäusern, können spezielle Einbruchschutzmassnahmen sinnvoll sein.

Brandschutz

Sind die Vorschriften hinsichtlich des Brandschutzes erfüllt?

Anforderungen zum Brandschutz sind in den kantonalen Verordnungen und durch die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) festgelegt.

Belichtung des Raumes

Durch Änderung der Konstruktion, z. B. Rahmenbreite oder Sprossenaufteilung, kann die Belichtung des Raumes beeinträchtigt werden.

Wartung und Unterhalt

Welche Massnahmen beinhaltet eine routinemässige Wartung?

Welche Kosten fallen an?

Eine regelmässige Wartung ist wichtig für den Erhalt der historischen Fenster. Die Bauherrschaft ist hinsichtlich der Häufigkeit sowie der durchzuführenden Massnahmen zu beraten. Zudem sollte sie eine Vorstellung bezüglich der jährlich anfallenden Kosten für Wartung und Unterhalt hahen

Wärmeschutz im Sommer

Müssen Massnahmen für den Sonnenschutz getroffen werden?

Sommerliche Überhitzung sorgt für grosse Unzufriedenheit bei den Bewohnern. Im Rahmen der Fenstersanierung sind Massnahmen zur Verbesserung des sommerlichen Raumklimas zu prüfen.

Materialwahl

In welchem Baustil ist das Haus erstellt? Wie wirken die Farbe der Fassade und Fenster zusammen?

Wie sind die Fenster beschaffen (z. B. Proportion, Sprossenteilung)?

Die Materialien sind so zu wählen, dass das sanierte Fenster seinem historischen Vorbild hinsichtlich Materialität und Erscheinungsbild möglichst nahe kommt.

Kosten

Welches Budget steht zur Verfügung? Welche möglichen Förderungen oder Zuschüsse können beantragt werden?

Die Kosten stehen bei jeder Sanierung im Mittelpunkt und müssen frühzeitig abgeschätzt werden. Hierbei zahlt sich eine gründliche Bestandsaufnahme aus. Eventuell kann eine Förderung beantragt werden (siehe Adressen Seite 24).

Der Wärmedurchgangskoeffizient U_w kennzeichnet den Wärmeschutz eines Fensters. Der U_w -Wert ist abhängig von der Verglasung, dem Rahmen, dem Glasrandverbund und der Fenstergeometrie. Je kleiner der U_w -Wert, desto besser der Wärmeschutz.

Massnahmen

Nach der Bestandsaufnahme und Analyse des Zustands wird die Sanierungsmassnahme für eine bestimmte Fensterkonstruktion festgelegt.

Grundsätze der Fenstersanierung

Bestandsfenster können durch den Austausch der Verglasung sowie das Anbringen einer zusätzlichen Fensterebene wärmetechnisch verbessert werden. Mit dem Einbau von Dichtungen wird der Lüftungswärmeverlust verringert und die Behaglichkeit erhöht.

Austausch der Verglasung

Historische Fenster sind mit Einfachverglasungen ausgestattet, die einen hohen Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung (Ug-Wert) aufweisen. Durch den Austausch mit Isolierverglasungen wird eine energetische Verbesserung des Fensters erzielt, wie folgende Tabelle zeigt.

Wärmedurchgangskoeffizient der	Vergla	sung	
Einfachverglasung (Bestand bei historischen Fenstern)	U _g =	5.7	W/m ² K
Doppel-Isolierverglasung (ohne Beschichtung der Glasscheiben und Luft im Scheibenzwischenraum)	U _g =	2.8 – 3.0	W/m ² K
Doppel-Isolierverglasung (mit Beschichtung der Glas- scheiben und Argon im Scheibenzwischenraum)	U _g =	1.1	W/m ² K
Dreifach-Isolierverglasung (mit Beschichtung der Glas- scheiben und Argon im Scheibenzwischenraum)	U _g =	0.70	W/m ² K

Historisches Glas weist oft eine wellige Oberfläche oder vereinzelt Glasschlieren auf. Dies ist aus denkmalpflegerischer Sicht wertvoll. Wenn das Originalglas noch vorhanden ist, sollte es möglichst bestehen bleiben. Um bei Ersatz die historische Glasoptik zu bewahren, werden auch Isolierverglasungen angeboten, die einseitig mit einem mundgeblasenen Glas in Kombination mit Floatglas hergestellt werden [6].

Einbau einer zusätzlichen Fensterebene

Eine zusätzliche Fensterebene kann durch das Montieren eines zweiten Fensterflügels (Aufdoppelung) auf den bestehenden Fensterflügel hergestellt werden.

Auch der Einbau einer zusätzlichen Glasscheibe direkt auf den bestehenden Rahmen ist möglich. Beim Vorsetzen einer raumseitigen Glasscheibe, muss eine umlaufende Dichtung zwischen Scheibe und Rahmen eingebaut werden, um Kondensatausfall im Zwischenraum zu minimieren.

Einbau von Dichtungen

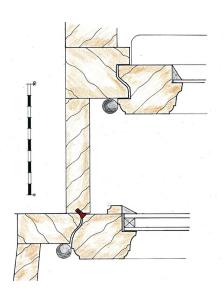
In der Regel verfügen historische Fenster nicht über eine Dichtung zwischen dem Flügel- und dem Blendrahmen. Deshalb sind sie deutlich luftdurchlässiger als moderne Fenster. Durch die hohe Luftdurchlässigkeit werden höhere Lüftungswärmeverluste und Zuglufterscheinungen verursacht. Dies führt zu einer starken Beeinträchtigung der Behaglichkeit.

Durch den Einbau von Dichtungen wird die Luftdichtheit der Fenster erhöht. So können die Lüftungswärmeverluste um bis zu 90 % und der Gesamtenergieverlust über die Fenster um ca. 30 % reduziert werden [5]. Die Erhöhung der Luftdichtheit verbessert darüber hinaus auch die Schalldämmung historischer Fenster und damit den Schallschutz gegen Aussenlärm.

Der Dichtungseinbau verursacht nur geringe Investitionskosten im Vergleich zur effektiven Energieeinsparung. Hierfür stehen Dichtungen zur Verfügung, die durch eine eingefräste Nut am Rahmen befestigt werden. Es muss geprüft werden, ob der Fensterrahmen eingefräst werden kann.

Hinsichtlich der Lage der Dichtung gilt die Regel «innen dichter als aussen». So ist die Dichtung zwischen Blendund Flügelrahmen möglichst raumseitig und nicht aussenseitig anzuordnen, um Tauwasserausfall in der Fuge zu vermindern.

Sind wie beim Kastenfenster zwei Fensterebenen vorhanden, so ist nach oben genannter Regel die innere Fensterebene dichter auszubilden als die äussere. Hierdurch wird der Zustrom feuchtwarmer Raumluft in den Zwischenraum reduziert. Ein Luftaustausch zwischen Zwischenraum und trockener Aussenluft durch die äussere Fensterebene ist weiterhin möglich (siehe folgende Abbildung, erstellt von [8]).



Bestandsfenster können durch den Austausch der Verglasung, das Anbringen einer zusätzlichen Fensterebene sowie den Einbau von Dichtungen wärmetechnisch verbessert werden.

Lüftungsfunktion

Wenn die Fugendichtheit der Fenster erhöht wird, muss das Lüftungsverhalten der Bewohner angepasst werden, damit an kälteren Bauteilen im Raum kein Schimmelpilz entsteht. Eine Stosslüftung mehrmals am Tag sorgt für ausreichend Frischluft und Regulierung der Luftfeuchtigkeit.

Um eine ausreichende Luftzirkulation an den Aussenbauteilen sicherzustellen, sollten Aussenwände nicht durch Regale, Bilder oder Schränke verstellt werden.

Bei zusätzlichen Anforderungen, wie z.B. Schallschutz, Einbruchschutz, Allergien oder bei Abwesenheit der Bewohner, kann eine automatisierte Wohnraumlüftung von Vorteil sein.

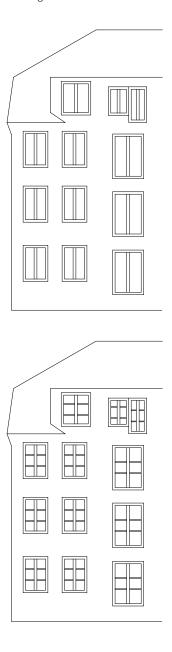
Sprossen

Sprossen sind ein wesentliches Gestaltungselement bei historischen Fenstern. Eine Änderung der Sprossenaufteilung oder der Lage der Sprossen verändert das optische Erscheinungsbild des Fensters und des gesamten Gebäudes.

Beim Nachbau historischer Fenster mit Isolierverglasung gibt es verschiedene Möglichkeiten die Sprossen auszubilden. So können sie z. B. von aussen vor die Isolierglasscheibe gesetzt werden. Die Sprossen können in diesem Fall sehr filigran ausgebildet werden, da sie kein Gewicht aufnehmen müssen. Um auch von Nahem den Eindruck eines Fensters mit mehreren Scheiben zu vermitteln, werden im Scheibenzwischenraum Atrappen von Abstandshalterprofilen eingepasst.

Das aus denkmalpflegerischer Sicht beste Ergebnis beim Nachbau historischer Fenster wird mit glasteilenden Sprossen erreicht. Diese Konstruktionsart ist aber mit einem vergleichsweise hohen Arbeitsaufwand bei der Herstellung der Sprossen verbunden. Aufgrund des höheren Scheibengewichts der Isolierverglasungen ist zudem zu prüfen, ob die Sprossen genau so filigran wie ihr historisches Vorbild ausgebildet werden können.

Sprossen sollten so ausgebildet werden, wie sie am ursprünglichen Fenster bereits vorhanden waren. Sonst entsteht ein historisch falsches Bild, welches nicht dem Original entspricht. Folgende Abbildungen zeigen wie das Erscheinungsbild eines Gebäudes verändert wird, wenn unterschiedliche Sprossenfenster eingebaut werden.



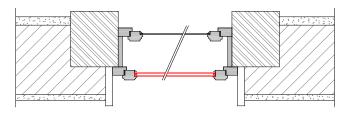
Beim Einbau von Fensterdichtungen muss sich das Lüftungsverhalten der Bewohner anpassen. Die Sprossenaufteilung prägt wesentlich das Erscheinungsbild eines Gebäudes und sollte deshalb nicht verändert werden.

Sanierungsvarianten

Einfachfenster und Kastenfenster sind die am häufigsten vorkommenden Fenstertypen bei Gebäuden des Zeitraums von 1850 – 1920.

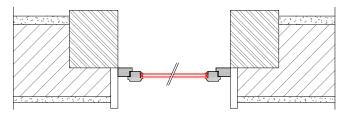
Nachfolgend sind für Einfachfenster drei und für Kastenfenster vier mögliche Sanierungsvarianten aufgeführt.

Kastenfenster

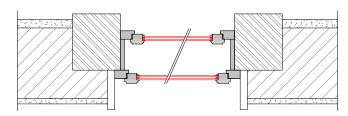


...mit neuer Isolierverglasung im Innenfenster im bestehenden Rahmen.

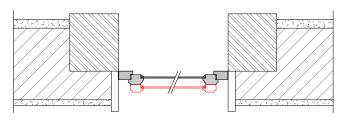
Einfachfenster



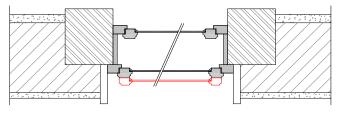
...mit neuer Isolierverglasung im bestehenden Rahmen.



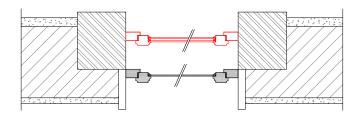
...mit neuer Isolierverglasung im Innen- und Aussenfenster im bestehenden Rahmen.



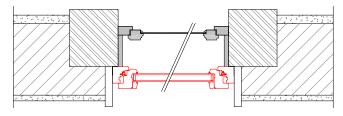
...mit Aufdoppelung.



...mit Aufdoppelung.



...mit neuem Vorfenster.



...mit neuem inneren Isolierglasfenster.

Einfach- und Kastenfenster können durch Einbau einer neuen oder zusätzlichen Fensterebene sowie durch Austausch der Einfachverglasung durch eine Isolierverglasung energetisch verbessert werden.

Umsetzung der Sanierungsvarianten

Für die Umsetzung der dargestellten Sanierungsvarianten sind jeweils unterschiedliche Massnahmen erforderlich.

Neues Vorfenster

Durch den Einbau eines Vorfensters kann der Wärmedurchgangskoeffizient eines Einfachfensters halbiert werden.

Breitere Rahmen, eine neue Fensterteilung oder andere Sprossen ändern das Fassadenbild und können zudem zu Lichtverlust im Raum führen. Das sollte vermieden werden.

Voraussetzungen

- Ausreichende Mauerleibungstiefe
- Ausreichende Breite der Mauerlichte

Fenster mit neuer Isolierverglasung im bestehenden Rahmen

Beim Austausch der Verglasung wird das alte Glas durch eine Mehrfach-Isolierverglasung ersetzt. Der Rahmen bleibt erhalten.

Bei einfachverglasten Fenstern können durch den Ersatz der Verglasung durch eine Isolierverglasung und dem Einbau von Dichtungen die Energieverluste bis zur Hälfte reduziert werden [5].

Voraussetzungen

- Weniger als 5 % schadhafter Rahmenteile
- Ausreichende Profiltiefe des Rahmens
- Ausreichende Stabilität des Rahmens für zusätzliches Gewicht der Glasscheiben
- Ausreichende Stabilität der Beschläge für zusätzliches Gewicht der Glasscheiben

Fenster mit Aufdoppelung

Auf das bestehende einfachverglaste Fenster wird ein zweiter Flügelrahmen aussen oder innen aufgesetzt. In eine eingefräste Nut werden Dichtungen eingebaut. Dadurch entsteht ein Fenster mit zwei Scheiben, dessen Wärmeschutzeigenschaften vom Glasabstand und den Strahlungseigenschaften des eingesetzten Glases abhängig sind.

Wird die Aufdoppelung innen angebracht, ist die Breite des Blendrahmens zu berücksichtigen. Ist dieser nicht breit genug, so verkleinert sich gegebenenfalls der Öffnungswinkel des Fensters. Bei einer Aufdoppelung innen weist nur der äussere Fensterrahmen Sprossen auf. Das innere Fenster besitzt eine durchgehende Glasscheibe, wodurch das Erscheinungsbild von aussen gleich bleibt und gleichzeitig der Wärmeschutz verbessert wird. Wird wetterseitig ein zusätzlicher Flügelrahmen montiert, sollte die Sprossung und Profilierung dem Bestandsfenster angepasst werden.

Um einer Kondensatbildung vorzubeugen, ist auf der inneren Seite der Doppelverglasung eine Dichtung anzubringen.

Voraussetzungen

- Weniger als 5 % schadhafter Rahmenteile
- Ausreichende Stabilität des Rahmens für zusätzliches Gewicht der Glasscheiben
- Ausreichende Stabilität der Beschläge für zusätzliches Gewicht der Glasscheiben
- Ausreichende Breite des Blendrahmens für eine Aufdoppelung an der Innenseite damit das Fenster ordnungsgemäss geöffnet werden kann

Kastenfenster mit neuem inneren Isolierglasfenster

Beim Kastenfenster kann die vollständige innere Fensterebene durch ein neues Fenster mit Mehrfach-Isolierverglasung ausgetauscht werden.

Nach Möglichkeit sollten die alten Beschläge verwendet, der Rahmen angepasst und die Fensterteilung beibehalten werden.

Für die Umsetzung der Sanierungsvarianten sind verschiedene Massnahmen notwendig. Entscheidend bei der Wahl der richtigen Sanierungsvariante ist die Beschaffenheit und der Zustand der bestehenden Fensterrahmen.

Berechnungstool der Berner Fachhochschule

Es wurde ein Tool zur Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Bestandfenster sowie verschiedener Sanierungsmassnahmen entwickelt. Mit dem Berechnungstool können die auf Seite 14 dargestellten Sanierungsvarianten der Fenstertypen Einfachfenster und Kastenfenster berechnet werden.

Die Verbesserung des Wärmeschutzes der jeweiligen Sanierungsmassnahme im Vergleich zum Bestand gibt Aufschluss über das Energieeinsparpotenzial.

Folgende Tabelle zeigt den Wärmedurchgangskoeffizient eines Fensters mit den Abmessungen 1.2 m x 1.7 m für die unterschiedlichen Fenstertypen und Varianten. Darüber hinaus wird die Verbesserung der Sanierungsvariante gegenüber der Bestandskonstruktion aufgeführt.

Fenster- typ	Variante	Beschreibung	U _w in W/m²K	Ver- besserung in %
	Bestand	Einfachfenster unsaniert (Ug = 5.7 W/m²K, Glasanteil 63 %)	4.5	-
fenster		Einfachfenster mit neuem Vorfenster aussen (Ug = 5.7 W/m²K, Glasanteil 63 %)	2.2	52
Einfachfenster	Saniert	Einfachfenster mit neuer Isolierverglasung, alter Rahmen (Ug = 1.2 W/m²K, Glasanteil 63 %)	1.9	57
		Einfachfenster mit neuer Aufdopplung innenseitig (Ug = 2.8 W/m²K, Glasanteil 63 %)	2.6	43
	Bestand	Kastenfenster mit Einfachverglasung und Futterbrett (Ug = 5.7 W/m²K, Glasanteil 70 %)	2.3	-
	Kastenfenster mit neuer Isolierverglasung im Innenfenster, alter Rahmen (U ₀ = 1.2 W/m²K, Glasanteil 70 %) Kastenfenster mit neuer Isolierverglasung im Innen- und Aussenfenster, alter Rahmen (U ₀ = 1.2 W/m²K, Glasanteil 70 %) Kastenfenster mit neuer Aufdopplung innenseitig		1.0	55
astenfenster		Isolierverglasung im Innenfenster, alter Rahmen (U _g = 1.2 W/m²K,	1.3	43
Ÿ		0.93	59	
		11 0	1.6	28

5

Mindestwärmeschutz einer Wärmebrücke

Eine Wärmebrücke stellt einen thermischen Schwachpunkt der wärmeübertragenden Hülle eines Gebäudes dar. An diesen Punkten kommt es zu einem erhöhten Wärmestrom, welcher einen erhöhten Wärmeverlust und verringerte raumseitige Oberflächentemperaturen zur Folge hat. Bezüglich des Wärmeschutzes einer Wärmebrücke müssen daher zwei Aspekte beurteilt werden:

- Der Mindestwärmeschutz (nach SIA 180:1999), mit dem ausreichend hohe raumseitige Oberflächentemperaturen und damit die Tauwasserfreiheit im Wärmebrückenbereich sichergestellt werden.
- Der zusätzliche Wärmeverlust über die Wärmebrücke, der bei der Berechnung des Energieverbrauchs des Gebäudes (nach SIA 380/1:2009) berücksichtigt werden muss.

An den Bauteilanschlüssen der Fenster entstehen linienförmige Wärmebrücken am Sturz, an der Leibung und an
der Brüstung. Im Winter kommt es durch die geringen Aussenlufttemperaturen zum Absinken der raumseitigen Oberflächentemperaturen der Aussenbauteile. Der erhöhte
Wärmeabfluss im Wärmebrückenbereich führt zu besonders
niedrigen raumseitigen Oberflächentemperaturen im Einflussbereich der Wärmebrücke. Bei einer länger andauernden Unterschreitung einer Oberflächentemperatur von
12.5 °C ist Schimmelpilzbefall möglich noch bevor Tauwasser auffritt

Falls der Mindestwärmeschutz am Fensteranschluss zu gering ist, sind einige zusätzliche Wärmeschutzmassnahmen erforderlich:

- Der Rahmen wird mit einer Leibungswärmedämmung überdämmt.
- Der Einsatz einer Fensterbank aus Stein kann die Oberflächentemperatur am unteren Rahmen erhöhen.
- Um eine hohe raumseitige Oberflächentemperatur zu erzielen, kann eine Rahmenaufdoppelung notwendig sein.

Im Rahmen der Fachplanung ist eine objektspezifische Beurteilung der jeweiligen Wärmebrücke vorzunehmen!

In einem Forschungsprojekt der Berner Fachhochschule [1] wurde ein detaillierter Wärmebrückenkatalog erstellt. Dieser sowie das Berechnungstool können bei der Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege [11] heruntergeladen werden.



Kosten Fenstersanierung

Wegen der Vielfalt von historischen Fenstern ist es schwierig hinsichtlich einer Sanierung pauschale Kostenwerte anzugeben. Darüber hinaus hängen die tatsächlichen Kosten vom Arbeitsaufwand ab, der je nach Zustand des Fensters unterschiedlich ausfällt.

Im Vergleich zu anderen Sanierungsmassnahmen der Gebäudehülle, sind Fenster in der Regel das kostenintensivste Bauteil. Dennoch lohnt sich der Aufwand zum Erhalt des Fensters sowie zur Steigerung des Wohnkomforts.

Schon einfache Massnahmen, wie der Einbau einer zusätzlichen Dichtungsebene, können einen grossen Komfortgewinn bei geringen Kosten bringen. Oft ist es kostengünstiger, ein historisches Fenster mit kleinen Eingriffen zu reparieren, als ein neues Fenster einzusetzen.

Folgend wird auf Basis der im Berechnungstool hinterlegten Sanierungsvarianten eine Kostenanalyse der energetischen Verbesserungsmassnahmen dargestellt. Die Kosten beziehen sich auf ein Fenster mit einer Abmessung von 1.2 m x 1.7 m. Es wurde mit einem Stundensatz von Fr. 100.— kalkuliert.

Bei allen Varianten wird davon ausgegeangen, dass eine Ertüchtigung des Bestandes notwendig ist. Fenster unterliegen über ihre Lebenszeit hin einem Verschleiss, weshalb Arbeiten wie z. B. Nachstreichen und Einfrässen einer Dichtung eingerechnet werden müssen. In Abhängigkeit des Schädigungsgrades werden drei Kategorien unterschieden:

- Kategorie I: Die Schäden an den Fenstern sind gering. Es müssen nur kleine Ausbesserungen am Fensterrahmen sowie am Fensterflügel vorgenommen werden.
 Vorhandene intakte Beschläge werden nur gewartet, aber nicht ausgetauscht. Durch den geringen Einsatz von Maschinen, kann diese Instandsetzung vor Ort vorgenommen werden.
- Kategorie II: Ausbesserungen am Fensterrahmen sowie am Fensterflügel mit kleinen Holzstücken müssen vorgenommen werden. Des weiteren sind Reparaturen an den Beschlägen sowie Scharnieren zur Herstellung der Gebrauchstauglichkeit notwendig. Milchige sowie kaputte Fenstergläser müssen ersetzt werden. Durch den erhöhten Einsatz von Maschinen, ist meist eine Restaurierung der Fenster im Betrieb der Fensterbaufirma notwendig.
- Kategorie III: Der Zustand der Fenster ist sehr schlecht.
 Morsche Holzteile müssen durch Austausch komplett
 erneuert werden. Kaputte Beschläge sind durch Replika
 zu ersetzen. Der Fensterrahmen muss ausgebaut werden
 und ein Komplettaustausch der Glasscheiben ist notwendig.

Sanierungsvariante	Kat. I	Kat. II	Kat. III
Einfachfenster Ertüchtigung Bestand	Fr. 620	Fr. 1'960	Fr. 3'330
Kastenfenster Ertüchtigung Bestand	Fr. 710	Fr. 2'480	Fr. 4'000
Einfachfenster mit neuem Vorfenster aussen	Fr. 1'770	Fr. 3'110	Fr. 4'200
Einfachfenster mit neuer Isolierverglasung im bestehenden Rahmen	Fr. 980	Fr. 2'190	Fr. 3'310
Einfachfenster mit einer Aufdoppelung innenseitig	Fr. 1'470	Fr. 2'810	Fr. 4'050
Kastenfenster mit neuem inneren Isolierglasfenster	Fr. 2'390	Fr. 3'690	Fr. 5'090
Kastenfenster mit neuer Isolierverglasung im Innenfenster im bestehenden Rahmen	Fr. 1'140	Fr. 2'640	Fr. 4'040
Kastenfenster mit neuer Isolier- verglasung im Innen- und Aussen- fenster im bestehenden Rahmen	Fr. 1'500	Fr. 2'990	Fr. 4'390
Kastenfenster mit einer Aufdoppelung innenseitig	Fr. 1'640	Fr. 3'130	Fr. 4'530

Anwendungsbeispiel

Die Schritte einer Fenstersanierung sind im Folgenden beispielhaft anhand eines typischen Wohngebäudes, um 1900 in Basel erbaut, beschrieben. Die Massnahmen von der Zustandsanalyse bis zu den Sanierungsmöglichkeiten der Fenster werden aufgezeigt. Das Flussdiagramm auf Seite 8 dient dabei als Vorlage.



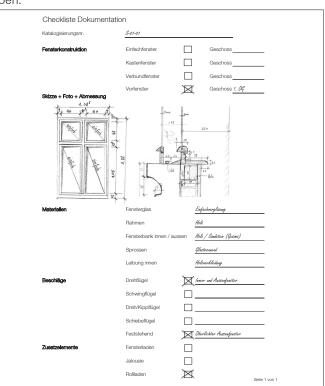
1. Abklärung Denkmalschutz ja/nein

Das Gebäude steht nicht unter Denkmalschutz, jedoch gilt es als historisch wertvoll.

2. Bestandsaufnahme

Dokumentation

Mit der «Checkliste Dokumentation» werden die einzelnen Fenster des Wohngebäudes erfasst, wobei jedes eine Kategorisierungsnummer erhält. Zu jeder Konstruktion werden Skizzen angefertigt sowie Bauart und Materialien beschrieben.



Das Gebäude weist einfachverglaste Fenster mit aussenliegenden Vorfenstern auf. Das Innenfenster hat je zwei Fensterflügel im unteren und oberen Bereich, die nach innen geöffnet werden. Das Aussenfenster hat im unteren Bereich ebenfalls zwei Fensterflügel, die nach innen geöffnet werden. Die Oberlichter sind festverglast. Das Fenstergewände ist umlaufend in Sandstein ausgeführt.



Schadenskartierung

Für jedes Fenster wird eine Kartierung der Schäden vorgenommen. Mit der «Checkliste Schadenskartierung» können typische Mängel und Schäden erfasst werden. Durch die Zuteilung in die Kategorien I, II oder III kann ein direkter Bezug zu den anfallenden Kosten hergestellt werden.

An den zu sanierenden Fenstern sind abgeplatzte Farbschichten und Risse in der Lackierung festzustellen. Zudem sind die Rahmen und Kittfugen der meisten Fenster beschädigt, weshalb diese im Betrieb der Fensterbaufirma restauriert werden müssen. Deshalb werden die anfallenden Kosten der Kategorie II zugeordnet.

Flüg	el- und Blendrahmen	Kat. I	Kat. II	Kat. III
×	Starke Verfärbungen, Verschmutzungen der Lackierung vorhanden oder ausgeblichene Lackierung der Rahmen- und Flügelteile	√	×	×
×	Abgeplatzte Farbschichten, kleine Risse oder lose Farbschichten	✓	×	×
×	Beschädigter Rahmenteil	×	√	×
×	Rissige Kittfugen, ausgebrochene oder fehlende Kittfugen	×	✓	×

Energetische Analyse

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bestandsfenster und der möglichen Sanierungsvarianten werden mit Hilfe des Berechnungstools ermittelt.

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Einfachfensters mit Vorfenster wird wie der eines Kastenfensters berechnet. Für die Bestandsfenster des Basler Wohngebäudes ergibt sich ein U_w -Wert von ca. 2.2 W/m^2K .

3. Sanierungskonzept

Grundüberlegungen

Zunächst werden einige grundlegende Fragen mit der Bauherrschaft abgeklärt:

- Welchen kantonalen Anforderungen müssen erfüllt werden?
 - Die Mindestanforderung nach SIA 380/1:2009 entspricht den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn). Dabei muss für Fenster bei Umbauten ein U_w-Wert von 1.3 W/m²K eingehalten werden.
- Sind aufgrund von Lärmbelastung des Gebäudes Schallschutzmassnahmen notwendig?
 - Wenn laute Strassen oder Eisenbahnstrecken in der Nähe sind, ist ein Akustiker zur Auslegung des Schallschutzes der Fenster einzuschalten. Bei diesem Objekt ist das nicht der Fall.
- Wie werden die Räume gelüftet?

 Die Lüftung der Räume erfolgt durch manuelle Fensterlüftung, weshalb die Mieter über Lüftungsmassnahmen zu informieren sind.
- Wie wichtig sind Massnahmen für den Einbruchschutz,
 z. B.: abschliessbare Fenster, Vorsatzgitter, Sicherheitsglas, Alarmanlage,...?

Es ist kein Einbruchschutz notwendig.

- Welche Rolle spielt eine regelmässige Wartung?
 Der Bauherr wird über die Notwendigkeit einer regelmässigen Wartung und deren Kosten informiert.
- Müssen Massnahmen für den Sonnenschutz getroffen werden?

Sonnenschutzmassnahmen sind nicht erforderlich.

- Sind besondere Aspekte bei der Materialwahl, wie z. B.
 Pflege und Wartung, Allergien der Bewohner oder Einsatz von ökologischen Materialien zu beachten?
 - Es liegen keine Besonderheiten bei der Materialwahl vor.
- Welches Budget steht für die Sanierung zur Verfügung?
 Für die Sanierung der Fenster stehen SFr. 30'000 zur Verfügung. Förderungen können bei der Energiefachstelle Kanton Basel-Stadt beantragt werden.

Auswahl der Sanierungsvariante

Bei der Wahl der Sanierungsvariante sind vor allem energetische, konstruktive sowie finanzielle Aspekte zu beachten.

Energetische Aspekte

Mit Hilfe des Berechnungstools wird der Wärmeschutz möglicher Sanierungsvarianten analysiert. In dem hier betrachteten Sanierungsbeispiel besteht die Möglichkeit die Verglasung des inneren Fensters auszutauschen oder eine Aufdoppelung anzubringen. Ein Austausch des ganzen Fensters wird nicht durchgeführt, da das Innenfenster als historisch wertvoll angesehen wird. Es weist zudem keine grösseren Mängel oder Schäden auf.

Bei einer Sanierung durch Austausch der Verglasung muss der Wärmedurchgangskoeffizient der neuen Glasscheibe (U_g -Wert) sowie der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizient des Glasrandverbundes (Ψ -Wert) bekannt sein. Diese Werte können beim Hersteller erfragt werden.

Folgend werden die Wärmedurchgangskoeffizienten der genannten Sanierungsvarianten aufgelistet. Mit der Variante «Aufdoppelung» werden die Mindestanforderungen nach MuKEn nicht erfüllt.

Wärmedurchgangskoeffizient der Sanierungsvarianten			
Austausch Verglasung Innenfenster (Doppel-Isolierverglasung mit Beschichtung, $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$)	U _w =	1.2	W/m²K
Austausch Verglasung Innen- und Aussenfenster (Doppel-Isolierverglasung mit Be- schichtung, U _g = 1.1 W/m ² K)	U _w =	0.86	W/m²K
Aufdoppelung am Innenfenster	U _w =	1.5	W/m^2K

Konstruktive Aspekte:

Eine Prüfung der Bestandsfenster hat ergeben, dass die Rahmenprofile tief genug sind für den Einbau einer Isolierverglasung. Blend- und Flügelrahmen sowie die Beschläge können das Gewicht der zusätzlichen Glasscheiben aufnehmen. Der Austausch der Verglasung ist also möglich. Zusätzlich kann eine Dichtung zur Erhöhung der Luftdichtheit eingebaut werden.

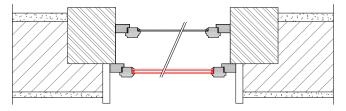
Finanzielle Aspekte:

Die Schadenskartierung hat ergeben, dass für die Instandsetzung der Bestandsfenster Kosten der Kategorie II anfallen.

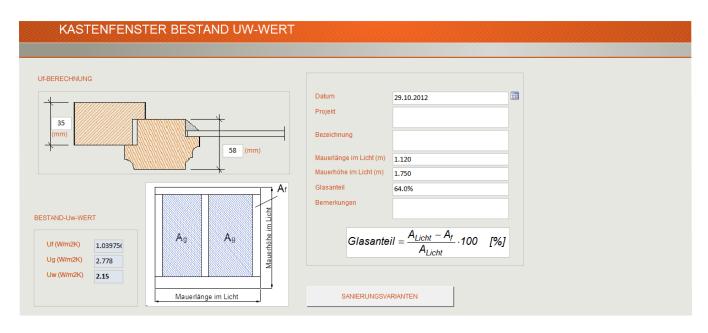
Wird beim Austausch der Verglasung nur die Glasscheibe des Innenfensters ersetzt, belaufen sich die Kosten auf ca. Fr. 2'640 pro Fenster. Beim Austausch beider Verglasungen ergeben sich Kosten von ca. Fr. 2'990 pro Fenster.

Bei einer Aufdopplung der Innenfenster fallen Kosten in Höhe von Fr. 3'130 pro Fenster an.

Aufgrund der höheren Energieeinsparung sowie der niedrigeren Kosten wird für das Wohngebäude in Basel die Sanierungsvariante **Austausch der Verglasung am Innenfenster** vorgeschlagen.



Folgende Abbildungen zeigen Ausschnitte des Tools der Berner Fachhochschule zur Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U_w-Werte) der Bestandsfenster sowie der möglichen Sanierungsvarianten. Nach Eingabe einiger Kenndaten werden die U_w-Werte automatisch berechnet.





4. Wärmebrücken

Historische Gebäude sind hinsichtlich Wärmebrücken besonders gefährdet, da sie meist aussen nicht gedämmt werden können. An den Bauteilanschlüssen der Fenster entstehen linienförmige Wärmebrücken an Sturz, Leibung und Brüstung. An diesen Punkten treten erhöhte Wärmeverluste und verringerte raumseitige Oberflächentemperaturen auf.

Der Energieverlust über die Fenster lässt sich nur unter Berücksichtigung der Wärmebrücken exakt berechnen. Aus diesem Grund muss der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient (Ψ-Wert) der Bauanschlüsse des eingebauten Fensters ermittelt werden.

Ein Bauschaden aufgrund von Tauwasserausfall und Schimmelbildung an Bauteilen mit niedrigen Oberflächentemperaturen ist zu verhindern. Der sogenannte Oberflächentemperaturfaktor ($f_{\rm Rsi}$ -Wert) gibt Aufschluss über das Risiko einer Schimmelpilzbildung im Bereich der Wärmebrücke. Liegt dieser beim sanierten Fenster unter der Mindestanforderung von $f_{\rm Rsi} > 0.75$, so sind zusätzliche Wärmedämmmassnahmen an Sturz, Leibung und Brüstung erforderlich.

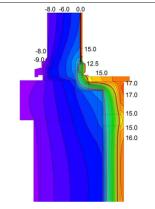
Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten verschiedener Einbausituation (Ψ-Werte) sowie die Oberflächentemperaturfaktoren (f_{Rsi}-Werte) **können dem Wärmebrückenkatalog der Berner Fachhochschule entnommen werden.** Hier finden sich die Wärmeschutzkennwerte der Wärmebrücken für die verschiedenen Fenstertypen.

Zur Auswahl der richtigen Wärmebrücke muss die Lage der Wärmedämmung der Aussenwand bekannt sein: Innenliegende, aussenliegende oder keine Wärmedämmung.

Die Gebäudehülle des Basler Wohngebäudes ist nicht gedämmt. Die Aussenansicht soll erhalten bleiben, weshalb eine Dämmung von aussen im Zuge der Sanierung nicht möglich ist.

Die Untersuchung der Wärmebrücken am Einfachfenster mit neuer Isolierverglasung innen und Vorfenster zeigt, dass an Sturz, Leibung und Brüstung die f_{Rsi}-Werte unterhalb der Grenze von 0.75 liegen. In diesem Fall sind zusätzliche Wärmedämmmassnahmen erforderlich.

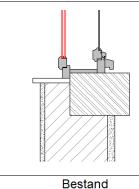
Der Wärmeschutz kann durch eine Rahmenaufdopplung sowie raumseitige Dämmung an Sturz, Leibung und Brüstung verbessert werden.

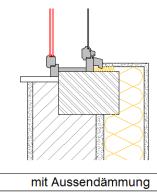


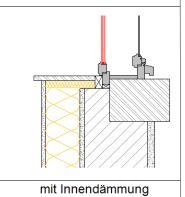
5.2-6-250 Brüstung (Kastenfenster Isolierverglasung innen)

U-Wert Wand	Ψ-Wert	f _{Rsi} -Wert	Bemerkung
in W/m ² K	in W/mK	[-]	
2.00	-0.30	0.59	Bestand
0.20	0.21	0.79	160 mm Aussenwärmedämmung, WLF 035
0.24	0.13	0.80	140 mm Innenwärmedämmung, WLF 032
0.30	0.12	0.79	140 mm Innenwärmedämmung, WLF 045
0.38	0.15	0.81	80 mm Innenwärmedämmung, WLF 032
0.47	0.13	0.79	80 mm Innenwärmedämmung, WLF 045

Einschränkung: Backsteinmauerwerk 250 mm







Beispiel aus dem Wärmebrückenkatalog der Berner Fachhochschule



Adressen

Denkmalpflege

Kantonale Fachstellen für Denkmalpflege

Schweizer Heimatschutz

 ${\it http://www.heimatschutz.ch-Sektionen}$

Kantonale Denkmalpflege Aargau	Kulturamt Appenzell Innerrhoden
Bachstrasse 15 CH-5001 Aarau T +41 62 835 23 40 E denkmalpflege@ag.ch	Hauptgasse 4 9050 Appenzell T +41 71 788 93 32 E roland.inauen@ed.ai.ch
Kulturdirektion des Kantons Appenzell Ausserrhoden Denkmalp- flege	Basler Denkmalpflege
Obstmarkt 3 CH-9102 Herisau T +41 71 353 67 45 E Denkmalpflege@ar.ch	Unterer Rheinweg 26 CH-4051 Basel T +41 61 267 66 25 E basler.denkmalpflege@bs.ch
Denkmalpflege des Kantons Basel-Landschaft	Denkmalpflege des Kantons Bern
Rheinstrasse 24 CH-4410 Liestal T +41 61 925 55 80 E denkmalpflege@bl.ch	Münstergasse 32 CH-3011 Bern T +41 31 633 40 30 E denkmalpflege@erz.be.ch
Denkmalpflege der Stadt Bern Junkerngasse 47 Postfach 636 CH-3000 Bern 8 T +41 31 321 60 90 E denkmalpflege@bern.ch	Jura Bernois Service cantonal des monuments historiques Grand-Rue 126 CH-2720 Tramelan T +41 32 481 14 56 E olivier.burri@erz.be.ch
Stadt Biel-Bienne Abteilung Hochbau / Denkmalpflege	Freiburg / Fribourg Service des biens culturels
Zentralstrasse 49 CH-2502 Biel-Bienne T +41 32 326 26 11 E hochbau@biel-bienne.ch	Chemin des Archives 4 CH-1700 Fribourg T +41 26 305 12 87 E sbc@fr.ch
Genf / Genève	Ville de Genève
Département des constructions et des technologies de l'information Office du patrimoine et des sites Rue David Dufour 5 Case postale 22 CH-1211 Genève 8 T +41 22 546 61 00 E sms@etat.ge.ch	Conservation du patrimoine architectural de la ville de Ge-nève Rue du Stand 3 CH-1204 Genève T+41 22 418 20 60 E philippe.beuchat@ville-ge.ch
Glarus / Glaris Departement Bildung und Kultur Fachstelle Denkmalpflege und Ortsbildschutz	Denkmalpflege des Kantons Graubünden Loëstrasse 14
Gerichtshausstrasse 25 CH-8750 Glarus T +41 55 646 63 27 E denkmalpflege@gl.ch	CH-7001 Chur T +41 81 257 27 92 E info@dpg.gr.ch
République et canton du Jura Office de la culture Conservation des monuments historiques Hôtel des Halles Case postale 64 CH-2900 Porrentruy 2 T +41 32 465 84 00 E marcel.berthold@jura.ch	Denkmalpflege des Kantons Luzern Libellenrain 15 CH-6002 Luzern T +41 41 228 53 05 E sekretariat.denkmalpflege@lu.ch
Neuenburg / Neuchâtel	Ville de La Chaux-de-Fonds Service d'Urbanisme
Service des affaires culturelles Office du patrimoine et de l'archéologie Rue de Tivoli 1 CH-2000 Neuchâtel T +41 32 889 69 09 E OPMS@ne.ch	Passage Léopold-Robert 3 CH-2301 La Chaux-de-fonds T +41 32 967 64 13 E jean-daniel.jeanneret@ne.ch

Denkmalpflege Nidwalden Mürgstrasse 12 CH-6370 Stans T +41 41 618 73 49 E gerold.kunz@nw.ch	Bildungs- und Kulturdeparte-ment des Kantons Obwalden Fachstelle für Denkmalpflege und Archäologie Brünigstrasse 178 Postfach 1254 CH-6061 Sarnen T +41 41 666 62 51 E denkmalpflege@ow.ch
Denkmalpflege Kanton St. Gallen	Denkmalpflege der Stadt St. Gallen
Rorschacherstrasse 23 CH-9001 St. Gallen T +41 71 229 38 71 E pierre.hatz@sg.ch	Hochbauamt Neugasse 3 CH-9004 St. Gallen T+41 71 224 55 81 E denkmalpflege@stadt.sg.ch
Denkmalpflege des Kantons Schaffhausen Beckenstube 11 CH-8200 Schaffhausen T +41 52 632 73 38 E flurina.pescatore@ktsh.ch	Schwyz Amt für Kultur / Denkmalpflege Kollegiumstrasse 30 Postfach 2201 CH-6431 Schwyz T +41 41 819 20 65 E markus.bamert@sz.ch
Solothurn Amt für Denkmalpflege und Archäologie Werkhofstrasse 55 CH-4509 Solothurn T +41 32 627 25 76/77 E denkmalpflege@bd.so.ch	Tessin Ufficio dei beni culturali Servizio monumenti Viale Stefano Franscini 30a CH-6501 Bellinzona T +41 91 814 13 80 E patrizio.pedrioli@ti.ch
Amt für Denkmalpflege des Kantons Thurgau Ringstrasse 16 CH-8510 Frauenfeld T +41 52 724 19 19/22 E denkmalpflege@tg.ch	Justizdirektion Uri Amt für Raumentwicklung (ARE URI) Abteilung Natur- und Heimatschutz Rathausplatz 5 CH-6460 Altdorf T +41 41 875 28 82 E edi.mueller@ur.ch
Waadt / Vaud Service Immeubles, Patrimoine et Logistique (SIPAL) Section des monuments et sites Place de la Riponne 10 CH-1014 Lausanne T +41 21 316 73 30 E info.sbma@vd.ch	Protection du patrimoine bâti de la ville de Lausanne Service d'urbanisme Rue du Port-Franc 18 Case postale 5354 CH-1002 Lausanne T +41 21 315 55 62 E patrimoine@lausanne.ch
Wallis / Valais	Amt für Denkmalpflege und Archäologie des Kantons Zug
Département des transports, de l'équipement et de l'environnement Service des bâtiments, monu-ments et archéologie Place du Midi 18 Case postale 478 CH-1951 Sion T +41 27 606 38 00 E renaud.bucher@admin.vs.ch	Hofstrasse 15 CH-6300 Zug T +41 41 728 28 70 E info.dmpf@di.zg.ch
Zürich	Amt für Städtebau der Stadt Zürich Stadtplanung und Denkmalpflege
Amt für Raumordnung und Vermes- sung ARV Kantonale Denkmalpflege Stettbachstrasse 7 CH-8600 Dübendorf T +41 43 343 45 00 E arv.denkmalpflege@bd.zh.ch	Lindenhofstrasse 19 Amtshaus IV Postfach CH-8021 Zürich T +41 44 216 29 62 E urs.baur@zuerich.ch
Winterthur	
Departement Bau Abteilung Denkmalpflege Technikumstrasse 81 Postfach CH-8402 Winterthur T +41 52 267 54 43 E hochbau@win.ch	

9

Literatur

Ansprechpartner

Schweizerischer Fachverband Fenster- und Fassadenbranche

www.fensterverband.ch - Anbietersuche

Spezialisten für die Gebäudehülle

http://www.gh-schweiz.ch — Verband Mitglieder

Energieberatungsstellen

http://www.bfe.admin.ch — Dienstleistungen

Förderstellen

Förderprogramme für den Gebäudestandort

http://www.energiefranken.ch http://www.baufoerdergelder.ch

- Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau, Hrsg. (2012): Energetische Sanierung historisch wertvoller Fenster. Forschungsbericht im Auftrag der Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege. Biel
- Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege, Hrsg. (2003): Fenster am historischen Bau. Bern
- Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege, Hrsg. (2007): Leitsätze der Denkmalpflege in der Schweiz. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich
- Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege, Hrsg. (2009): Energie und Baudenkmal - Empfehlungen für die energetische Verbesserung von Baudenkmälern. Bern
- 5. Erb, M.; Eicher, H. (2001): Sanierung von einfach- und doppeltverglasten Fenstern. Im Auftrag vom Bundesamt für Energie: Forschungsprogramm «Rationelle Energienutzung in Gebäuden». Bern
- 6. Glashütte Lamberts: Lambertsglas® als Isolierglas http://www.lamberts.de/produkte/lambertsglasr-als-isolierglas.html#content (zuletzt abgerufen am 12.09.2012)
- 7. Holzmanufaktur Rottweil GmbH, Hrsg. (o.A.): Faszinationen. Rottweil
- 8. Holzmanufaktur Rottweil GmbH, Rottweil. www.holzmanufaktur-rottweil.de
- Huckfeldt, T.; Wenk, H.J. (2009): Holzfenster Konstruktion, Schäden Sanierung, Wartung. Köln: Rudolf Müller GmbH
- 10. Klos, H.; Seitz, G. (o.A.): Sonderdruck Bauteil: Das historische Fenster. Holzmanufaktur Rottweil GmbH
- 11. Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege, Zürich. www.stiftung-denkmalpflege.ch
- Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, Hrsg. (1997): Sanierung von Fenstern in schützenswerten Bauten. Bern





November 201

Herausgeber: Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau Autoren: Christoph Geyer, Josef Pichler, Anna Schusser, Barbara Wehle

Fördergeber: Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege Gestaltung: Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau

Layout: Studio Longat

Fotos: Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau

Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau Forschungseinheit Holz- und Verbundbau Solothurnstrasse 102, CH-2504 Biel www.ahb.bfh.ch

Stiftung zur Förderung der Denkmalpflege Dr. Ida Hardegger Blümlisalpstrasse 6, CH-8006 Zürich www.stiftung-denkmalpflege.ch