

Forschungsprogramm "Rationelle Energienutzung in Gebäuden"

# Sanierung von einfach- und doppeltverglasten Fenstern

Markus Erb und Hanspeter Eicher  
Dr. Eicher + Pauli AG, Liestal

im Auftrag des  
Bundesamtes für Energie

Januar 2001

---

# Das Wichtigste in Kürze

---

<b>Rahmencustand</b>	Eine Sanierung von Fenstern ist nur dann ökonomisch sinnvoll, wenn die Rahmen noch gut erhalten sind. Es sollten nicht mehr als 5% der Rahmensubstanz ersetzt werden müssen.
----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<b>Dichtungen</b>	<p>Altfenster haben keine Fugendichtungen. Mit dem Einbau solcher Dichtungen werden die Lüftungsverluste um bis zu 90% und die gesamten Energieverluste um rund einen Drittel reduziert.</p> <p>Der Dichtungseinbau ist auch die kosteneffektivste Massnahme. Sie verursacht die geringsten Investitionen pro Energieeinsparung und führt gleichzeitig als einzige Variante zu sinkenden Jahreskosten. Dichtungen gehören deshalb zu jeder Fenstersanierung.</p> <p>Die Qualität der Ausführung ist von entscheidender Bedeutung und soll genau geprüft werden.</p>
-------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<b>Glasersatz</b>	<p><b>Einfachverglasung (EV)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>→ <b>EV:</b> Ersatz des Glases durch eines mit Wärmeschutzbeschichtung</li><li>→ <b>DV:</b> Aufdoppelung durch einen zusätzlichen Rahmen mit wärmeschutzbeschichtetem Glas</li><li>→ <b>IV:</b> Umbau auf Wärmeschutzverglasung</li></ul> <p><b>Doppelverglasung (DV)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>→ <b>DV:</b> Ersatz eines Glases durch ein wärmeschutzbeschichtetes Glas</li><li>→ <b>IV:</b> Umbau auf Wärmeschutzverglasung</li></ul> <p>Bei EV-Fenstern ist insbesondere die Varianten, bei welcher nur ein einfaches Glas mit Wärmeschutzbeschichtung eingesetzt wird, attraktiv. Diese ist rund halb so teuer wie ein Neufenster und führt zusammen mit dem Dichtungseinbau zu einer Reduktion der Energieverluste um gut die Hälfte.</p>
-------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<b>Oberflächenbehandlung</b>	Um ein dauerhaftes Ergebnis zu erzielen, muss die Holzoberfläche abgeschliffen werden. Bei der Wahl des Anstriches ist die Verträglichkeit der Komponenten sicherzustellen. Zu beachten ist weiter, dass der äussere Anstrich nicht dampfdichter sein darf als der innere.
------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<b>Graue Energie</b>	Die Umweltbelastung von Fenstern wird in jedem Fall vom Betrieb (Energieverluste) dominiert. Die graue Energie in den Baustoffen ist vergleichsweise marginal.
----------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

<b>Schallschutz</b>	Die Verbesserung der Schalldämmung wird stark von der Luftdichtigkeit (Dichtungseinbau) beeinflusst. Bei sanierten Fenstern wurden in diesem Projekt Rw-Werte von 27 bis 31 dB gemessen.
---------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

# Inhaltsverzeichnis

<b><u>DAS WICHTIGSTE IN KÜRZE</u></b> .....	<b>II</b>
<b><u>INHALTSVERZEICHNIS</u></b> .....	<b>III</b>
<b>1. <u>FENSTERSANIERUNG NACH MASS</u></b> .....	<b>1</b>
<b>2. <u>IST EINE SANIERUNG SINNVOLL?</u></b> .....	<b>2</b>
2.1 <u>RAHMEN</u> .....	2
2.2 <u>BESCHLÄGE</u> .....	2
<b>3. <u>EIN MUSS BEI JEDER SANIERUNG</u></b> .....	<b>3</b>
3.1 <u>DICHTUNGSSYSTEME</u> .....	3
3.2 <u>MONTAGE DER DICHTUNG</u> .....	4
<b>4. <u>SANIERUNG VON EV FENSTERN</u></b> .....	<b>5</b>
4.1 <u>KOSTENGÜNSTIGE LÖSUNG</u> .....	5
4.2 <u>DENKMALSCHUTZSANIERUNG</u> .....	5
4.3 <u>STANDARDSANIERUNG VON EV</u> .....	6
<b>5. <u>SANIERUNG VON DV FENSTERN</u></b> .....	<b>8</b>
5.1 <u>KOSTENGÜNSTIGE LÖSUNG</u> .....	8
5.2 <u>STANDARDSANIERUNG</u> .....	9
<b>6. <u>MALERARBEITEN</u></b> .....	<b>10</b>
<b>7. <u>BEWERTUNG DER SANIERUNGSVARIANTEN</u></b> .....	<b>12</b>
7.1 <u>WIRTSCHAFTLICHKEIT</u> .....	12
7.2 <u>UMWELT</u> .....	14
7.3 <u>NUTZWERT</u> .....	16

# 1. Fenstersanierung nach Mass

In vielen älteren, zum Teil denkmalschützerisch wertvollen Gebäuden, gibt es noch beachtliche Flächen an gut erhaltenen Fenstern mit Einfach- und Doppelverglasung. Bei Gebäude- renovationen werden diese vielfach nicht energietechnisch saniert. Die Gründe dafür können ästhetischer oder finanzieller Natur sein. Für die meisten solcher Fälle bestehen jedoch Lösungen, die den möglichen Ansprüchen von Bauherrschaft und Ortsbild- oder Denkmalschutz genügen und trotzdem eine energetische Verbesserung des Wärmeschutzes bringen.

In der vorliegenden Broschüre sind die heute relevanten, praxistauglichen Möglichkeiten zur Sanierung von Altfenstern beschrieben und bewertet.

Bei der Beurteilung der Varianten werden folgende Faktoren berücksichtigt:

- Investitions- und Unterhaltskosten
- Dauerhaftigkeit
- Energie und Umwelt
- Ästhetik und Denkmalschutz
- Nutzwert (Behaglichkeit und Schallschutz)

## **2. Ist eine Sanierung sinnvoll?**

### **Zustand der Substanz**

#### **2.1 Rahmen**

Ob sich bei einer Fenstersanierung die Erhaltung der bestehenden Holzrahmen lohnt, hängt vom Zustand des Holzes ab. Ein Fachmann muss die Substanz genau prüfen. Zu beurteilen sind primär die Stabilität des Rahmens, Rahmenverformungen und in seltenen Fällen auch Holzschäden durch Fäulnis.

Ein Ersatz von schadhaften Rahmenteilen kann ökonomisch sinnvoll sein, wenn diese nur einen geringen Teil (< 5%) der gesamten Substanz ausmachen.

#### **2.2 Beschläge**

Bei Sanierungsvarianten, die zu einem höheren Gewicht der Flügel führen, muss geprüft werden, ob die Beschläge dieses Zusatzgewicht aufnehmen können. Bei den häufig anzutreffenden sogenannten Fischbändern sind diesbezüglich kaum Probleme zu erwarten.

Weiter ist sicherzustellen, dass der Verschluss noch in Ordnung ist, respektive mit geringem Aufwand repariert oder ersetzt werden kann.

### 3. Ein Muss bei jeder Sanierung Einbau von Dichtungen

#### 3.1 Dichtungssysteme

Bei einer Sanierung ist die Abdichtung der Altfenster unabdingbar, da die Lüftungsverluste in einer ähnlichen Grössenordnung wie die Transmissionsverluste liegen. Typischerweise treten bei Altfenstern die in Abbildung 1 dargestellten Energieverluste (pro m<sup>2</sup>-Fenster) auf. Diese Verluste basieren auf Meteodaten von Basel-Binningen und bauphysikalischen Messungen der EMPA.

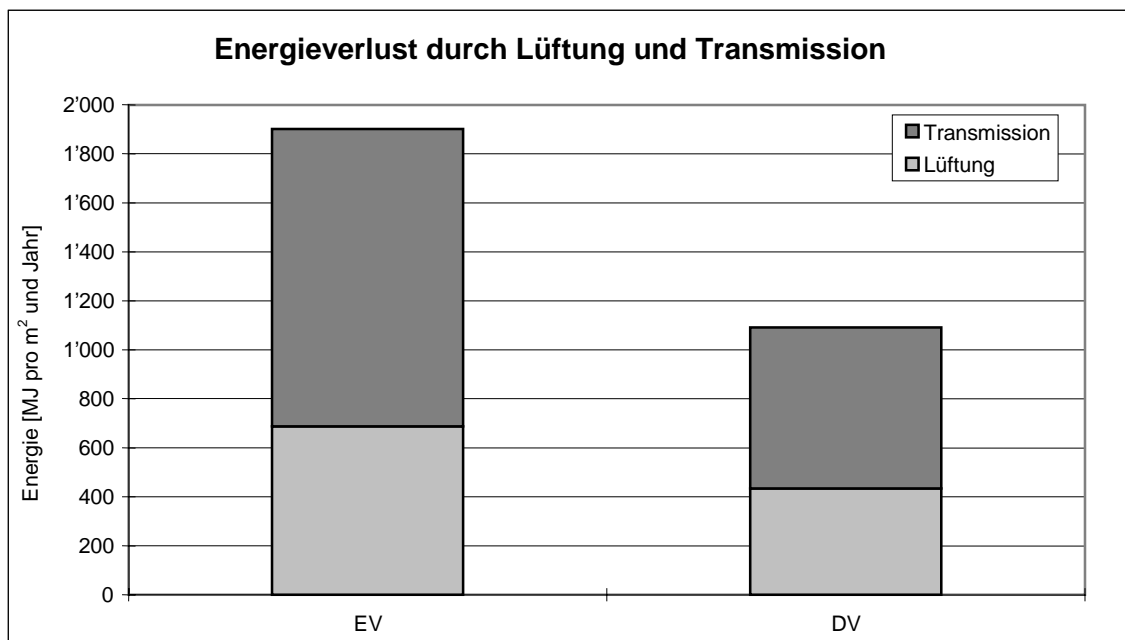


Abbildung 1: Die jährlichen Energieverluste von unsanierten, einfach- und doppeltverglasten Fenstern pro m<sup>2</sup>-Fenster und Heizperiode. Der Anteil der Lüftungsverluste durch die Undichtigkeiten zwischen dem Fensterrahmen und den Flügeln liegt bei 35 respektive 40% der Gesamtverluste. Die Berechnungen basieren auf den Meteodaten der Station Basel-Binningen. Für die Lüftungsverluste wurde auf Basis der mittleren Windgeschwindigkeit und dem a-Wert (Mass für die Fugendurchlässigkeit, EMPA-Messung) der mittlere Luftvolumenstrom durch die Fuge bestimmt.

Es sind verschiedene Dichtungssysteme auf dem Markt. Bei der Wahl ist darauf zu achten, dass die Dichtung nicht zu einer übermässigen Belastung der Beschläge führt, da diese sonst Schaden nehmen und die Dichtigkeit somit langfristig nicht gewährleistet wird. Systeme, welche flächig gequetscht werden (aufklebbare Schaumstoffdichtungen) sind deshalb zu vermeiden. Für eine dauerhafte Lösung können eingefräste Hohlprofildichtungen aus Silikon empfohlen werden. Der Durchmesser des Hohlprofils muss den Platzverhältnissen so angepasst werden, dass die Fuge geschlossen wird, aber nicht ein zu grosser Druck auf die Beschläge resultiert.

## 3.2 Montage der Dichtung

Die Montage geschieht durch Einfräsen einer ringsumlaufenden Nut im Falz, in welche der Dichtungsfuss eingedrückt wird. Einige Vorteile bringt die Montage am Flügelrahmen, da sie dort lückenlos angebracht werden kann. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Flügelrahmen ausgehängt und an einem zentralen Ort bearbeitet werden können, womit die Belästigung der Nutzer durch Staubimmissionen verhindert werden kann. Ist der vorhandene Falz zu schmal, wird auf den Rahmen ausgewichen.

Weiter ist darauf zu achten, dass die Dichtungsebene immer so weit innen wie möglich zu liegen kommt. Insbesondere bei Sanierungsvarianten, welche zu Doppelverglasungen führen, ist diesem Punkt Beachtung zu schenken, da andernfalls feuchte Innenluft in den Glaszwischenraum eindringen und zu unakzeptablem Scheibenbeschlag oder gar Fäulnisschäden führen kann. Aber auch bei Umbauvarianten auf Wärmeschutzverglasung (IV) kann bei zu weit aussen liegenden Dichtungsebenen Kondensat an kalten Rahmenteilen auftreten.

Die Qualität der Ausführung ist für das Ergebnis von entscheidender Bedeutung. Es soll deshalb genau geprüft werden, ob die Dichtungen auch tatsächlich funktionieren. Dazu wird ein Blatt Papier zwischen Rahmen und Flügel gelegt und das Fenster geschlossen. Bei korrekter Ausführung sollte es nun nur nicht mehr möglich sein, das Papier herauszuziehen.

## **4. Sanierung von EV Fenstern**

Die heute noch zur Sanierung anstehenden einfachverglasten Fenster (EV) sind in vielen Fällen Bestandteil denkmalgeschützter Bausubstanz. Diese weisen Sprossen auf und zeichnen sich durch feine Profile, meist in Eiche, aus, die nur noch selten im Winkel sind. Neuere EV-Fenster ohne Sprossen sind zwar deutlich seltener zu sanieren, doch dürfen diese nicht ignoriert werden.

### **4.1 Kostengünstige Lösung** Einsetzen eines beschichteten Glases

Das bestehende Glas wird ersetzt durch eines mit Wärmeschutzbeschichtung. Dieser Eingriff entspricht einem normalen Glasersatz, Rahmen und Sprossen bleiben also unverändert. Die Wärmeschutzbeschichtung muss gegen den Innenraum gerichtet werden, andernfalls wird keine Verbesserung erreicht. Für die Reinigung der beschichteten Seite können konventionelle, nicht aggressive oder scheuernde Reinigungsmittel verwendet werden.

### **4.2 Denkmalschutzsanierung** Umbau auf Doppelverglasung

Für einfachverglaste Fenster, die ästhetisch weitgehend unverändert bleiben sollen, ist einzig eine sogenannte Aufdoppelung von aussen zu empfehlen. Dazu wird wetterseitig ein zusätzlicher Flügelrahmen montiert. Resultat ist somit eine Doppelverglasung (DV). Sprossung und Profilierung werden entsprechend dem Altfenster ausgeführt. Der resultierende k-Wert wird primär vom Glasabstand und den Strahlungseigenschaften des eingesetzten Glases bestimmt. Es sollte in jedem Fall ein Glas mit Wärmeschutzbeschichtung verwendet werden. Dabei muss die beschichtete Seite gegen den Glaszwischenraum gerichtet sein.

Bei dieser Sanierung muss darauf geachtet werden, dass keine Raumfeuchtigkeit in den Glaszwischenraum gelangt. Kann dies jedoch nicht in genügendem Mass verhindert werden, muss der Dampfdruck im Glaszwischenraum durch Entspannungsöffnungen reduziert werden - der Zwischenraum wird also von aussen belüftet.



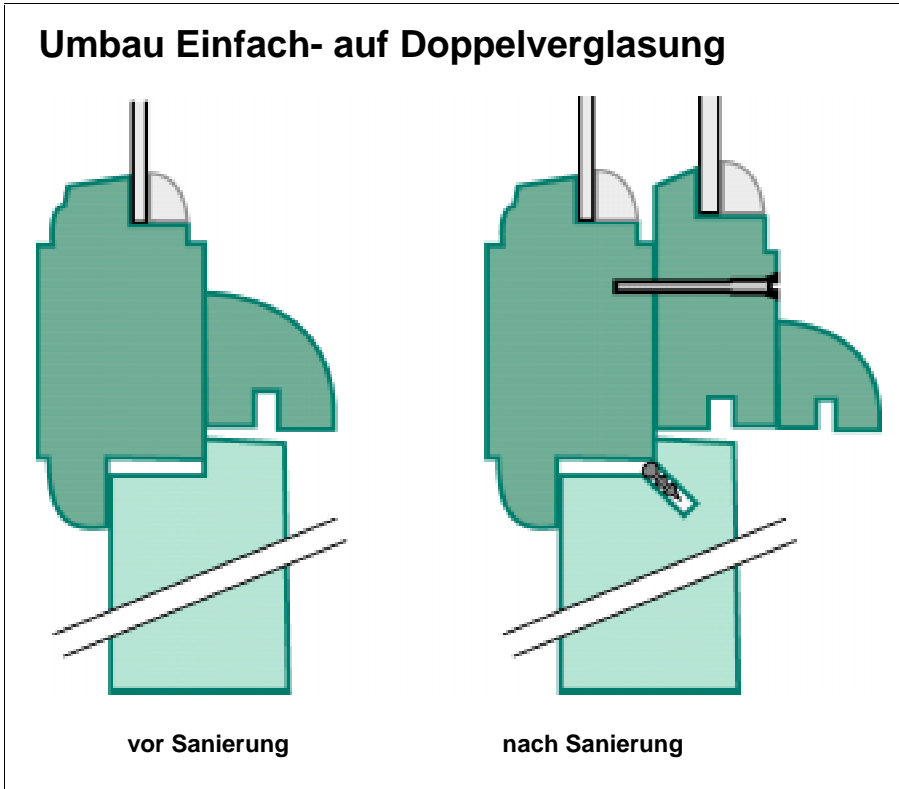


Abbildung 2: Denkmalschutzsanierung eines einfachverglasteten Fensters durch Aufdoppelung von aussen mit einem zusätzlichen Rahmen/Glas (wärmeschutzbeschichtet).

### 4.3 Standardsanierung von EV Umbau auf Wärmeschutzverglasung

Für EV-Fenster ohne hohe denkmalschützerische Auflagen kann die Variante eines Umbaus auf IV realisiert werden.

Nach dem Ausbau des alten Glases wird der Glasfalz so nachgearbeitet, dass der notwendige Platz für eine IV zur Verfügung steht. Der Glasabstand wird den Platzverhältnissen entsprechend gewählt. Die Falzfläche wird grundiert. Anschliessend wird eine neue Distanzdichtung eingelegt und die Verglasung eingesetzt. Die Abstandhalter sind in verschiedenen Farben erhältlich, womit diese der Rahmenfarbe entsprechend gewählt werden können. Bei den Abstandhaltern ist darauf zu achten, dass sie aus schlecht wärmeleitendem Material bestehen (z.B. Chromstahl).

Auf der Flügelrahmen-Aussenseite wird eine entsprechend gekehlte und grundierte Holz-Glashalteleiste eingepasst. Die Anschlussfugen zwischen Glas und Flügelrahmen werden beidseitig umlaufend mit dauerelastischem Silikonkitt versiegelt, innen kann auch eine Glasfalzdichtung verwendet werden.

## Umbau Einfach- auf Wärmeschutzverglasung

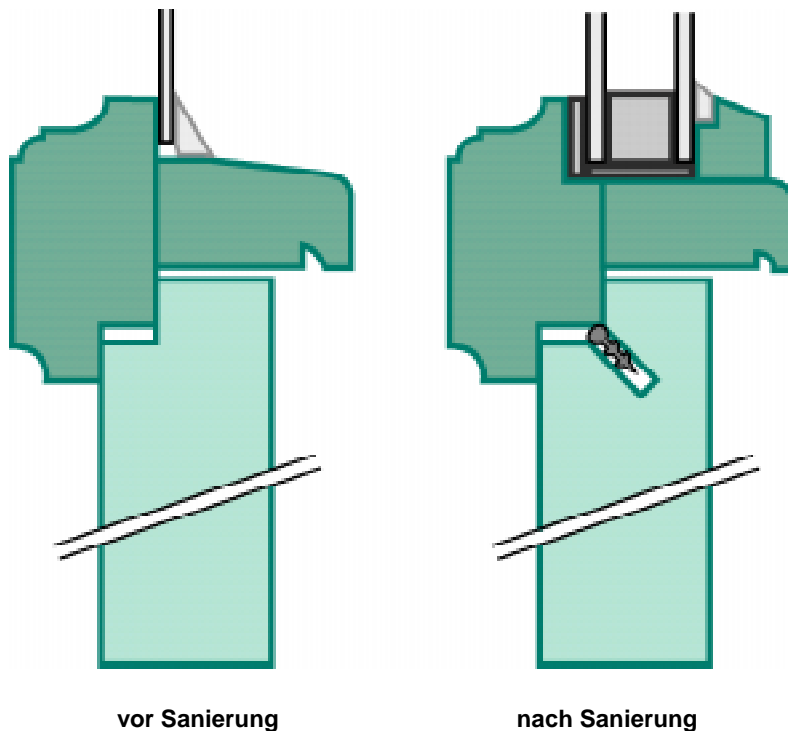
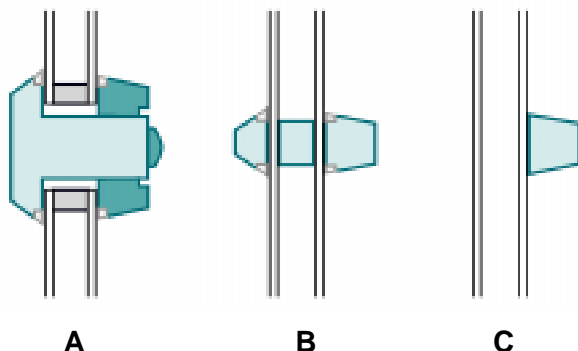


Abbildung 3: Standardsanierung einfachverglaster Fenster mittels Umbau auf Wärmeschutzverglasung.

## Sprossen

Sprossen sind grundsätzlich bei allen Sanierungsvarianten machbar. Die aufwendigste Lösung ist eine glastrennende Sprossung (A), welche ästhetisch dem Originalzustand am nächsten kommt. Je kleiner die Einzelflächen, desto teurer wird die Sanierung und umso schlechter der resultierende k-Wert wegen der Zunahme der Wärmebrücken. Letzteres gilt insbesondere für Sanierungen mit Wärmeschutzverglasungen.



Eine ästhetisch sehr ähnliche Lösung sind Landhaus sprossen (B), bestehend aus einer Zwischenglassprosse sowie innen und aussen aufgesetzten Sprossen. Weniger elegant aber finanziell und energetisch attraktiver sind einseitig aufgesetzte Sprossen (C), die fest mit dem Flügelrahmen verbunden sind. Diese Lösung wird von Denkmalschutzbehörden u.U. noch zugelassen. Wegen dem mangelhaften Sprossenbild und Spiegelungen werden Sanierungen nur mit Zwischenglassprossen kaum akzeptiert.

## 5. Sanierung von DV Fenstern

Der grösste Teil der doppeltverglasten Fenster stammt aus den Jahren 1950 - 75 und ist selten denkmalschützerischen Auflagen unterstellt. Die Qualität von DV-Fenstern aus den 60ern und 70ern ist meist einiges schlechter als der noch älteren. Dies liegt an den schlechteren Beschlägen und an der Holzqualität sowie deren Bearbeitung.

Für DV-Fenster können grundsätzlich zwei Sanierungsvarianten empfohlen werden: Der Ersatz des inneren Glases durch ein Wärmeschutzglas und der Umbau auf IV. Da bei der ersten Variante das äussere Erscheinungsbild vollständig erhalten bleibt, kommt diese Variante im Falle von ästhetischen oder denkmalschützerischen Auflagen zum Zuge. Mit der IV-Variante können ebenfalls Sprossen realisiert werden. Die diesbezüglichen Möglichkeiten sind im Kasten 'Sprossen' beschrieben.

### .1 Kostengünstige Lösung

#### Einsetzen eines beschichteten Glases

Der Ersatz des inneren Glases durch ein Glas mit Wärmeschutzbeschichtung ist die im Fall von denkmalschützerischen Auflagen am ehesten mögliche Sanierungsvariante. Der Einbau der beschichteten Gläser entspricht einem normalen Glasersatz, es ist einzig darauf zu achten, dass die Wärmeschutzschicht in den Glaszwischenraum gerichtet ist. Ein Nachteil stellt die Verschärfung der von DV-Fenstern bekannten Kondensatproblemen dar. Durch die Beschichtung fliesst weniger Energie zum äusseren Glas, weshalb dieses nach der Sanierung kälter ist als zuvor und damit anfälliger auf Kondensat. Der Einbau der Dichtung muss hier besonders sorgfältig geschehen, so dass auf keinen Fall feuchte Raumluft in den Glaszwischenraum eindringen kann.

Anstatt eines beschichteten Glases kann zukünftig auch ein Vakuumglas eingesetzt werden. Interessant ist diese Variante dann, wenn ganz auf ein Nacharbeiten des Flügelfalzes verzichtet werden kann. Es werden ähnliche energetische Eigenschaften erreicht, wie mit dem unten beschriebenen Umbau auf Wärmeschutzverglasung. Hingegen werden die Einbaukosten deutlich tiefer liegen.

Die Kondensatanfälligkeit ist hier noch grösser als beim Einsatz eines Wärmeschutzglases. Aus diesem Grund muss der Zwischenraum, gebildet durch Normalglas und Vakuumglas, entspannt werden.

#### ***Vakuumgläser***

Das Vakuumglas ist eine Alternative zu konventionellen Wärmeschutzverglasungen oder dem wärmeschutzbeschichteten Glas. In Europa sind Vakuumgläser leider noch nicht auf dem Markt verfügbar. Anders in Japan, wo diese bereits in grosser Zahl eingesetzt wurden. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass im Laufe der nächsten Jahre Vakuumgläser auch in der Schweiz erhältlich sein werden. Der Vorteil eines Vakuumglases liegt in seiner geringen Stärke. Die Gläser bestehen aus zwei konventionellen Float-Scheiben von je 3 bis 4 mm Stärke. Der evakuierte Glaszwischenraum hat eine Stärke von nur 0.2 mm. Damit liegt die Gesamtstärke bei 6.2 bis 8.2 mm und ist somit deutlich geringer als bei konventionellen IV-Gläsern, welche eine minimale Gesamtstärke von 16 mm aufweisen. Energetisch werden sie mindestens den Stand der heutigen IV-Gläser erreichen.

## 5.2 Standardsanierung

### Umbau auf Wärmeschutzverglasung

#### Ohne Metallverkleidung

Es werden beide Scheiben ausgeglast und die beiden Rahmenflügel verklebt und verstiftet oder verschraubt. Anschliessend wird durch Nachfälen des Flügelrahmens der Platz für die Wärmeschutzverglasung geschaffen. Der äussere Glasfalz wird dabei entfernt.

Um Fäulnisproblemen vorzubeugen, kann die Verglasung bis ca. 30 cm Höhe mit einer Fussversiegelung versehen werden. Diese verhindert das Eindringen von Wasser und somit die Bildung von Holzfäulnis. Danach wird die Holz-Glashalteleiste angebracht. Die Glasanschlüsse werden beidseitig umlaufend mit Silikonkitt versiegelt, innen kann auch eine Glasfalzdichtung verwendet werden.

#### Mit Metallverkleidung

Anstatt einer Glashalteleiste wird hier aussen eine hinterlüftete Leichtmetallverkleidung angebracht. Durch die Verkleidung wird die Lebenszeit des Fensters verlängert und die sonst periodisch notwendigen Malerarbeiten hinfällig.

Es gibt verschiedene Anbieter solcher Leichtmetallverkleidungen. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist, ob bei deren Montage der Rahmen nachgefälzt wird. Ist dem nicht so, was verständlicherweise kostengünstiger ist, vergrössert sich die Rahmenbreite entsprechend der Höhe des Glasabstandhalters, was Ästhetik und Lichteinfall beeinträchtigt.

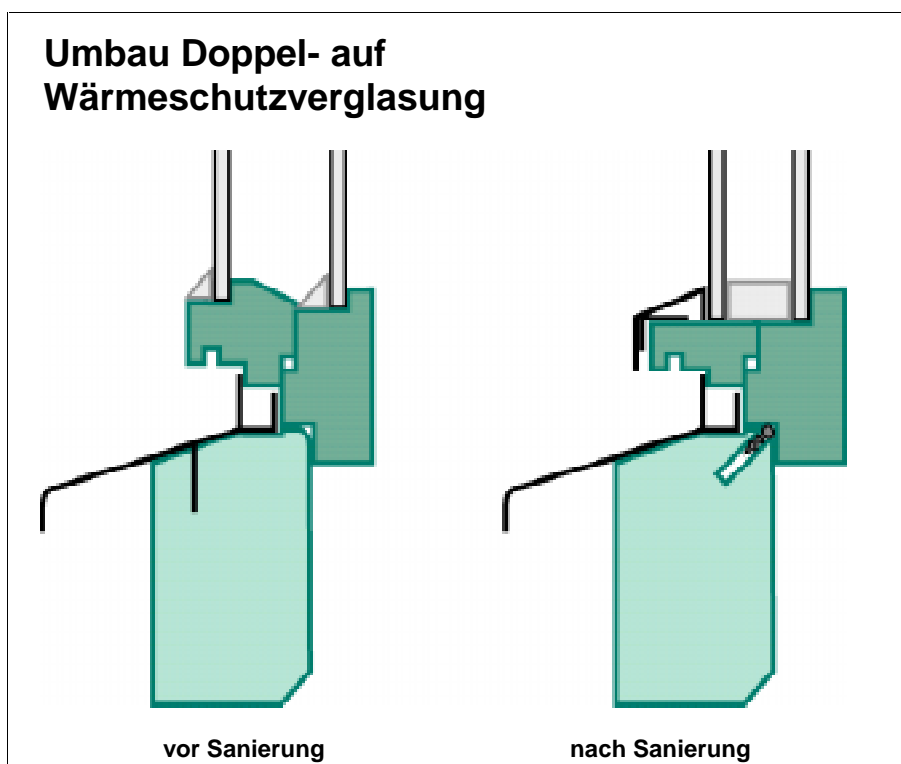


Abbildung 4: Sanierung eines doppelverglasteten Fensters durch Umbau auf Wärmeschutzverglasung. Bei den Abstandhaltern ist darauf zu achten, dass sie aus schlecht wärmeleitendem Material bestehen (z.B. Chromstahl).

## 6. Malerarbeiten

Mit der Qualität der Malerarbeiten steht und fällt der Erfolg einer Fenstersanierung. Das Wichtigste ist in den folgenden Merkpunkten beschrieben:

### 1. Rechtzeitig renovieren

Als Regel gilt, dass bereits auf erste Anstrichrisse, Verfärbungen usw., die im übrigen fast immer zuerst bzw. am stärksten im unteren Fensterdrittel auftreten, mit Unterhaltsarbeiten reagiert werden soll. Jede Verzögerung der Massnahmen lässt Alterungerscheinung fortschreiten und Schäden entstehen, wodurch der schliesslich doch erforderliche Renovationsaufwand überproportional steigt. Bei 'Naturholzbehandlungen', also lasierenden bzw. teiltransparenten Behandlungen, wird eine Oberflächenbehandlung je nach Wetterbeanspruchung, Fensterart und Anstrichprodukt nach 2 bis 5 Jahren, bei deckend lackierten Fenstern nach 4 bis 10 Jahren fällig.

### 2. Vorbereitung des Rahmens

Schlecht haftende Altanstriche sollen abgeschliffen und nicht mit Lauge entfernt werden. Bereits verfärbte Holzpartien müssen soweit abgeschliffen werden, bis völlig verfärbungsfreies, dichtes Holz freigelegt ist. Wetterschenkel mit Schwundrissen lassen sich nicht dauerhaft sanieren - eine Garantieübernahme für solche Bereiche wird vom Maler kaum übernommen.

### 3. Dampfdichtigkeit

Nach der Renovation darf der Aussenanstrich nicht dampfdichter als der Innenanstrich sein. Wird innen ein offenporiger Lack oder gar nur eine Beize verwendet und aussen ein dampfdichter Lack, so kann die von innen eindringende Feuchtigkeit nicht nach aussen entweichen. Dies kann zu Holzfäulnis und bei DV-Fenstern auch zu Kondensatproblemen führen

### 4. Verträglichkeit der Komponenten

Es muss auf die Verträglichkeit aller Komponenten des Anstrichsystems geachtet werden. Vorsicht bei wasserverdünnbaren Farben, da sie sich mit bisher üblichen Dichtungsmassen nicht vertragen und zur Klebrigkeit neigen (besonders bei dunklen Farbtönen).

### 5. Anstrichsysteme

Generell ist die Anwendung von wässrigen Anstrichsystemen anspruchsvoller als jene von lösemittelhaltigen. Da im Sanierungsfall die Rahmenoberfläche keine makellose Oberfläche mehr aufweist, muss der Einsatz von wässrigen Anstrichen kritisch geprüft werden.

Dunkle Farbtöne wässriger Anstrichsysteme neigen im Bereich der Fensterfälze zu Verklebungen.

### ***Fensterpass***

Der Fensterpass soll künftig von Malern und Fensterbauern für den Bauherrn ausgestellt werden. Er enthält einerseits Informationen zu den für den Anstrich verwendeten Produkten und andererseits Renovationsempfehlungen. Auf Grund dieser Angaben ist es einem Fachmann möglich, die geeigneten Produkte und Arbeitsgänge für einen späteren Renovationsanstrich zu bestimmen. Weiter sind im Pass auch Pfllegetipps für den Bauherrn enthalten.

Der Fensterpass wurde im Herbst 1999 vom Schweizerischen Fachverband der Fenster und Fassadenbranche (FFF) schweizweit lanciert.

## 7. Bewertung der Sanierungsvarianten

### 7.1 Wirtschaftlichkeit

Bauherren optimieren ihre Investitionen immer häufiger einzig nach wirtschaftlichen Kriterien. Im Fall von Fenstersanierungen stehen dabei den Investitionskosten, die Steigerung des Nutzwertes sowie niedrigere Betriebs- und eventuell auch Unterhaltskosten (Malerarbeiten) gegenüber. Kommt nicht der Eigentümer für die Betriebskosten auf, entfallen bei dieser Betrachtung die realisierbaren Betriebsenergieeinsparungen. In solchen Fällen verbleiben die Unterhaltskosteneinsparungen und die Steigerung des Nutz- resp. Ertragswertes als Motivationsgrößen. Der Ertragswert, z.B. ausgedrückt durch den Mietertrag, wird durch die Steigerung des Wohnkomforts bewirkt. Im Falle von Fenstern sind hier die Faktoren Ästhetik, Schallschutz, und Scheibenoberflächentemperatur relevant. Diese Faktoren sind nicht allgemeingültig in Franken und Rappen auszudrücken, obwohl sie häufig eine wichtige Rolle im Entscheidungsprozess spielen. Die finanzielle Gegenüberstellung in Abbildung 5 und 6 der Sanierungsvarianten bildet also nur einen Teil der Realität ab und verfälscht somit die tatsächlichen Verhältnisse.

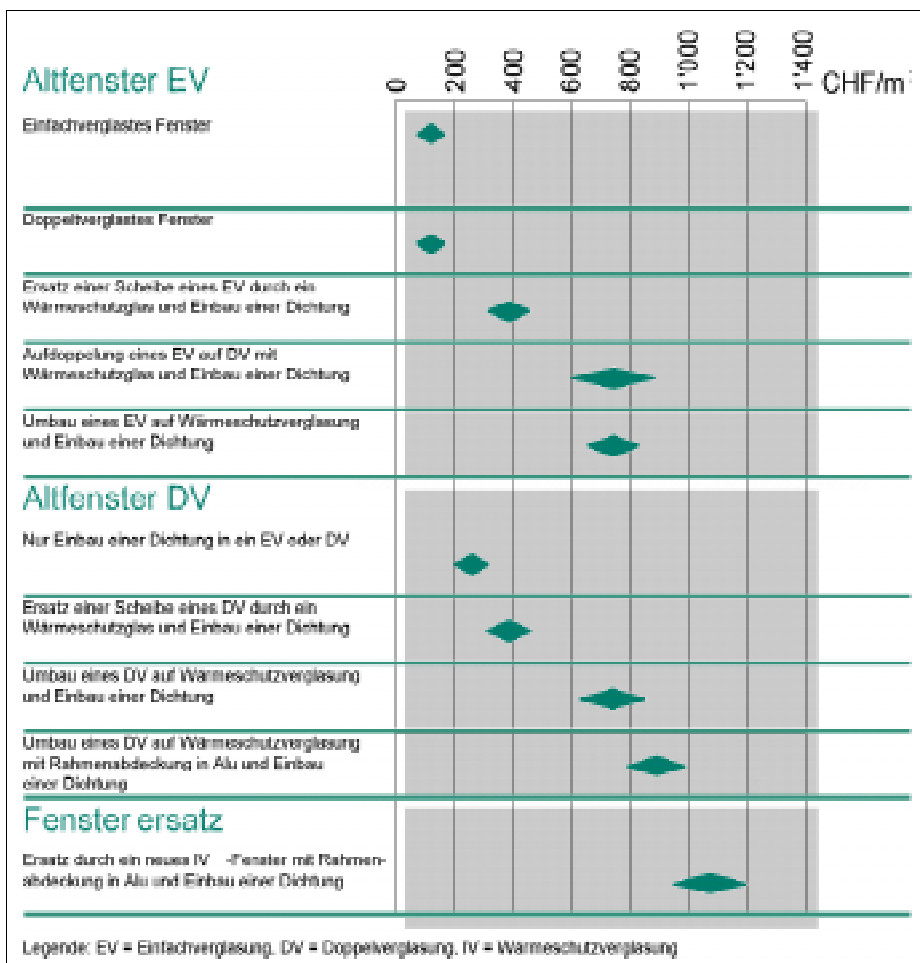


Abbildung 5: Investitionskosten (Verglasung, Dichtung, Oberflächenbehandlung) mit Streubereich. Die Kosten gelten für Fenster mit durchschnittlichen Massen und ohne Sprossen. Bei allen sind die Anstrichkosten enthalten.

Die dargestellten Kosten gelten für Fenster mit durchschnittlichen Massen (B x H: 125 x 115 cm), zwei Flügeln aber ohne Sprossen. Für nicht glastrennende Quersprossen muss pro Fensterflügel mit CHF 25.-- bis 30.-- gerechnet werden, Kreuzsprossen kosten entsprechend das Doppelte. Die Kosten für glastrennende Sprossen liegen bei rund dem Doppelten. Wird nur eine Dichtung eingebaut, so muss mit Kosten von CHF 110.-- bis 140.--/m<sup>2</sup> gerechnet werden, dies entspricht CHF 20.-- bis 30.-- pro Laufmeter Flügelrahmen.

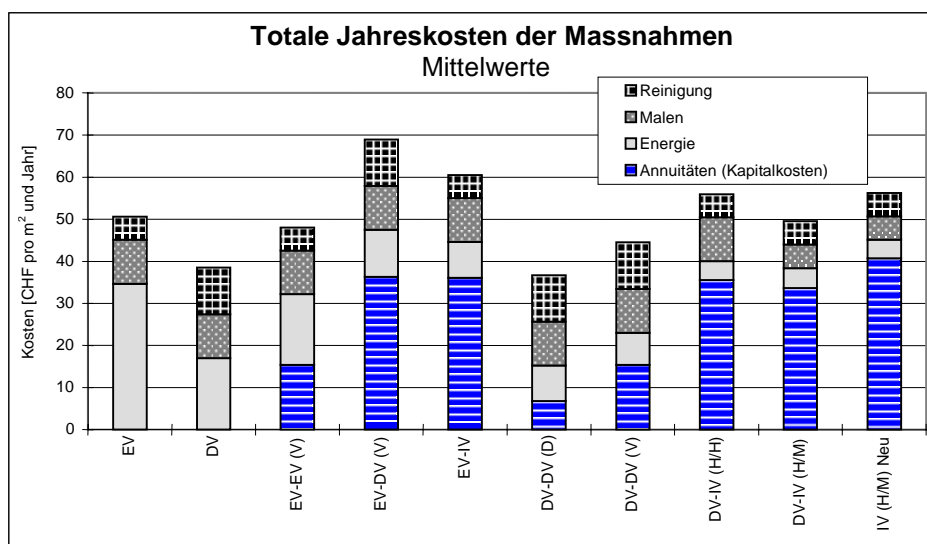


Abbildung 6: Jahreskosten der Altfenster, der sieben Sanierungsvarianten und einer Neufenstervariante. Dargestellt sind Unterhalt (Reinigung), Oberflächenbehandlung (Maler), Energie (Heizung) und Annuitäten (Kapitalkosten).

### Legende zu Abbildung 6 und 7

Kürzel	Beschrieb
EV	Einfachverglastes Fenster (unverändert)
DV	Doppeltverglastes Fenster (unverändert)
EV-EV (V)	Ersatz des Glases durch eines mit Wärmeschutzbeschichtung und Einbau einer Dichtung
EV-DV (V)	Aufdoppelung eines EV auf DV mit Wärmeschutzglas und Einbau einer Dichtung
EV-IV	Umbau eines EV auf Wärmeschutzverglasung und Einbau einer Dichtung
DV-DV (D)	Nur Einbau einer Dichtung in ein DV
DV-DV (V)	Ersatz eines Glases durch eines mit Wärmeschutzbeschichtung und Einbau einer Dichtung
DV-IV (H/H)	Umbau eines DV auf Wärmeschutzverglasung und Einbau einer Dichtung
DV-IV (H/M)	Umbau eines DV auf Wärmeschutzverglasung mit Rahmenabdeckung in Alu und Einbau einer Dichtung
IV (H/M) Neu	Ersatz durch ein neues IV-Fenster mit Rahmenabdeckung in Alu und Einbau einer Dichtung



## 7.2 Umwelt

Für den Vergleich der Umweltbelastung verschiedener Sanierungsvarianten wurden alle durch diese bedingten Prozesse berücksichtigt. Diese umfassen die Herstellung der verwendeten Baustoffe für Sanierung und Unterhalt, den Gebäudebetrieb (Heizen) und den abschliessenden Rückbau der Fenster. Die Fensterreinigung wurde nicht berücksichtigt.

Zur Beurteilung des Umweltaspektes der beschriebenen Fenstersanierungen wird der totale Energiebedarf der erwähnten Prozesse verwendet. Untersuchungen haben gezeigt, dass dieser ein guter Indikator für die gesamte Umweltbelastung darstellt.

### Betrieb (Heizen)

Im Betrieb stehen sich die Energieverluste aus Transmission und Fugenlüftung, den Gewinnen durch die Sonnenstrahlung gegenüber. Diese Gewinne sind primär vom g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad) aber auch vom Dämmstandard des ganzen Gebäudes abhängig. Je besser die Wärmedämmung eines Gebäudes, desto weniger kann die einfallende Sonnenenergie genutzt werden. Da es sich bei Sanierungsobjekten um ältere Bauten handelt, wurde ein relativ hoher Gewinnfaktor von 0.9 angenommen. Für die Berechnung wurden die Klimadaten der Region Basel verwendet.

### Herstellung/Rückbau

Für die Herstellung respektive Sanierung von Fenstern müssen verschiedenste Materialien von Glas über Edelgase, Anstrichstoffe bis hin zu Aluminium bereitgestellt, respektive entsorgt werden. All diese Prozesse benötigen Energie.

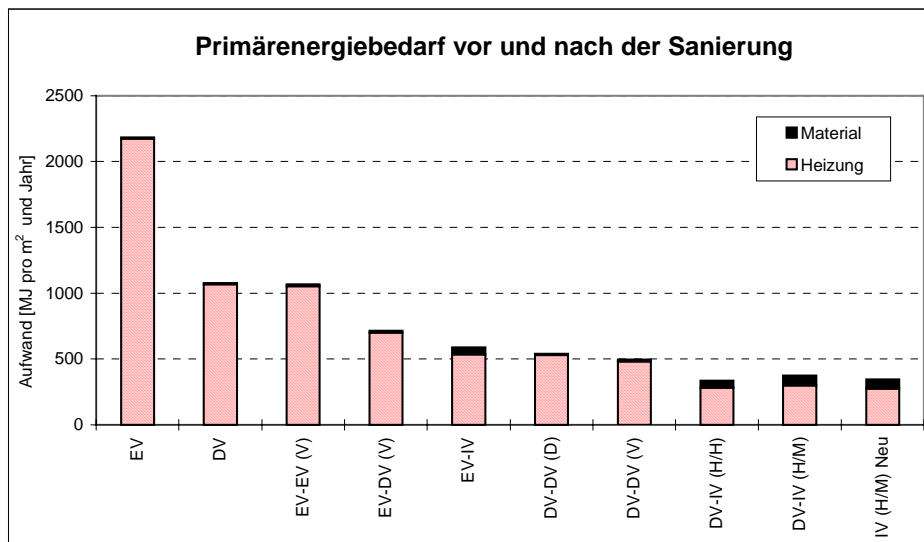


Abbildung 7: Primärenergiebedarf der Altfenster, der fünf Sanierungsvarianten und einer Neufenstervariante. Aufgetragen ist der Primärenergieaufwand für die Heizung und die Bereitstellung der notwendigen Materialien.

Die in Abbildung 7 dargestellten Primärenergieaufwendungen für den Betrieb (Heizung) basieren auf bauphysikalischen Messungen der EMPA, vor und nach der Sanierung (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Resultate der bauphysikalischen Messungen an der EMPA der unsanierten und sanierten Fenster. Der k-Wert steht für den Wärmedurchgangskoeffizient, der a-Wert für die Dichtigkeit und  $R_w$  für die Schalldämmmass. Mit dT innen ist die warmseitige Temperatur-differenz zwischen mittlerer Fenster- und Lufttemperatur gemeint. Bei dieser Messung bestand eine Temperaturdifferenz der Luft innen und aussen vom Fenster von 20 K ( $T_i$  23°C,  $T_a$  3°C).

<b>EMPA-Messungen</b>	k-Wert	dT innen	a-Wert	$R_w$
	[W/m <sup>2</sup> K]	[K]	[m <sup>3</sup> /mhPa <sup>2/3</sup> ]	[dB]
<b>vorher</b> (ohne Dichtung)				
EV <sub>1</sub> (Glas 1.5 mm)	4.60	7.6	1.17	22
EV <sub>2</sub> (Glas 2.5 mm)	4.30	6.7	1.38	20
DV <sub>1</sub>	2.40	5.9	0.58	26
DV <sub>2</sub>	2.60	6.1	1.03	21
<b>nachher</b> (mit Dichtung)				
EV <sub>1</sub> -DV (V)	2.20	4.9	0.16	30
EV <sub>2</sub> -IV	1.90	3.5	0.47	27
DV <sub>1</sub> -IV (H/H)	1.60	3.6	0.07	31
DV <sub>2</sub> -IV (H/M)	1.80	4.3	0.16	29

Die Resultate der Messungen (Tabelle 1) gelten nur für die gemessenen Fenster und können nicht für eine Sanierungsvariante verallgemeinert werden. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, ist insbesondere die zu erreichende Dichtigkeit aber auch der Schalldämmwert von individuellen Eigenschaften des Altfensters abhängig.

Um die starke Abhängigkeit der Fugendurchlässigkeit vor und nach der Sanierung von den Eigenschaften des unsanierten Rahmens zu dämpfen und damit allgemeingültigere Aussagen zu ermöglichen, wurden für die in Abbildung 6 und 7 dargestellten Berechnungen mittlere a-Werte verwendet. Es wurde also beispielsweise für die beiden unsanierten EV-Fenster der Mittelwert aus EV<sub>1</sub> und EV<sub>2</sub> (Tabelle 1) verwendet. Die Variante DV-DV(V) wurde nicht realisiert und konnte somit auch nicht gemessen werden. Die k- und a-Werte wurden deshalb von der EV-DV(V) Variante übernommen. Das Gleiche gilt für die Variante EV-EV(V), bei welcher der k-Wert rechnerisch ermittelt wurde, der a-Wert wurde hier ebenfalls von der Variante EV-DV(V) übernommen.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die Sanierung von EV- und DV-Fenstern eine Reduktion des Energiebedarfs um 50 bis 75% bringt. Wobei insbesondere bei DV-Fenstern die Reduktion der Lüftungsverluste den grössten Anteil an der Einsparung bewirkt. Interessanterweise bringt bei einem DV der Einbau eines beschichteten Glases DV(V) kaum mehr eine Verbesserung gegenüber einem einfachen Einbau einer Dichtung DV(D). Der Grund dafür liegt primär in der deutlichen Reduktion des g-Wertes durch den Einsatz des beschichteten Glases und somit einer Reduktion der Strahlungsgewinne. Die Strahlungsgewinne sind natürlich abhängig von der Orientierung. Hier wurde mit einer Gewichtung der verschiedenen Orientierungen gerechnet (40% Süd, 30% Nord und 30% West/Ost). Bei reiner Nordorientierung würde die DV(V)-Variante beispielsweise 15% besser abschneiden als die Variante DV(D).

Was die Herstellungenergie betrifft hat sich gezeigt, dass diese bei Fenstern kaum eine Rolle spielt, auch wenn energieintensives Alu als Rahmenabdeckung (Holz-Metallfenster) eingesetzt wird.

## 7.3 Nutzwert

Der Einfluss von Fenstern auf das Wohlbefinden liegt in den drei Eigenschaften Schalldämmung, Dichtigkeit und Scheibenoberflächentemperatur.

Die Verbesserung der Dichtigkeit und somit die Reduktion von Zugerscheinungen durch eindringende Aussenluft kann mit der Verbesserung des a-Wertes (Tabelle 1) gleichgesetzt werden.

### Schalldämmung

In lärmbelasteten Gebieten sind die Schalldämmeigenschaften von Fenstern ein entscheidendes Merkmal.

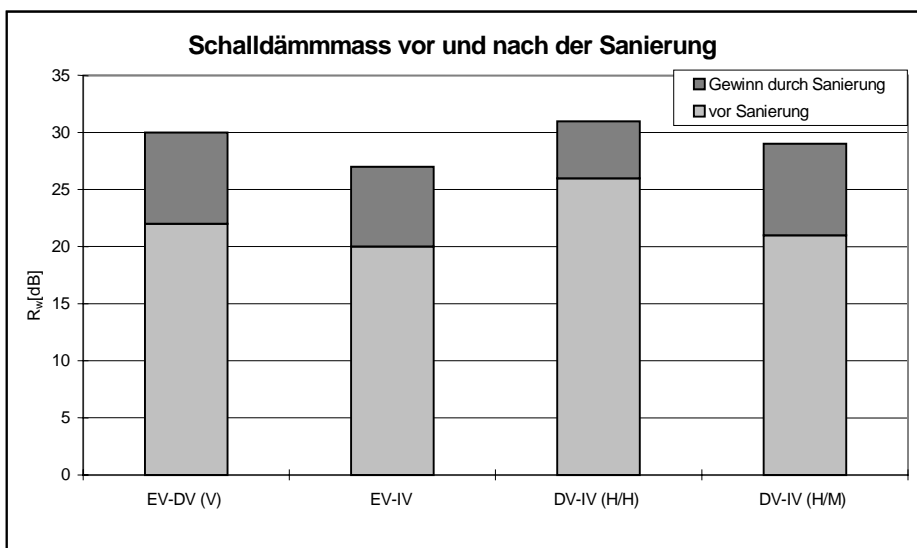


Abbildung 8: Schalldämmmass (unkorrigierte EMPA-Werte) der Varianten vor und nach der Sanierung. Die Messungen zeigen, dass die Dichtigkeit ein dominanter Faktor für die Schalldämmung ist.

Aus den EMPA-Messungen kann geschlossen werden, dass die Dichtigkeit nicht nur einen Einfluss auf den Energiebedarf, sondern auch auf die Schalldämmung hat. Die Variante DV-IV (H/H) erreicht deshalb den besten Wert. Die nur durchschnittlich dichte Variante DV-IV (H/M) erreichte deshalb auch trotz Verwendung eines Schallschutzglases nur ein durchschnittliches Schalldämmmass. Frühere Messungen an Sanierungsfenstern mit Schallschutzglas ergaben  $R_w$ -Werte von bis 34 dB.

### Scheibenoberflächentemperatur

Schlecht wärmedämmende Fenster führen durch zwei Effekte zu Behaglichkeitsproblemen. Einerseits induzieren tiefe Scheibentemperaturen unangenehme Luftströmungen, andererseits wird in Räumen mit kalten Oberflächen die Raumtemperatur tiefer empfunden als sie eigentlich ist. Die beiden in Tabelle 1 angegebenen Grössen k-Wert und Temperaturdifferenzen zwischen Fenster und Raumluft sind beide gute Indikatoren für die Behaglichkeit. Ihre Reduktion durch die Sanierungen können deshalb als Mass für die Verbesserung der Behaglichkeit verwendet werden.

## Bezugsquellen von einfachen Gläsern mit Wärmeschutzbeschichtung

<b>Firma</b>	<b>Bezeichnung</b>
Pilkington Flachglas AG; Wikon	K-Glas
Giesbrecht AG; Bern	Eco Plus
Glas Trösch AG; Bützberg	K-Glas
Glaverbel Suisse S.A.; Hauterive	Planibel

## IMPRESSUM

Die Broschüre wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) in Zusammenarbeit mit vier Fensterbaufirmen und einem Malereibetrieb erarbeitet. Die bauphysikalischen Messungen vor und nach Sanierung der vier realisierten Musterfenster wurden an der EMPA durchgeführt. Der Schweizerische Maler- und Gipsermeisterverband (SMGV) lieferte einen grossen Teil der Informationen zu den Malerarbeiten.

### Auskünfte zur Arbeit und fachliche Infos:

Dr.Eicher+Pauli AG  
Markus Erb  
Kasernenstrasse 21  
4410 Liestal  
Tel. 061-921 99 91  
Fax 061-923 00 25  
E-Mail markus.erb@eicher-pauli.ch

### Beteiligte Firmen

#### ***Fensterbauer:***

Elkura AG  
Fabrikhof 5  
8134 Adliswil

Krattiger AG  
Heidenlochstrasse 66  
4410 Liestal

Schreinerei Willy Hofer  
Oberholzweg 45  
4852 Rothrist

Schwald AG  
Venedig-Strasse 35  
4018 Basel

#### ***Malereibetrieb:***

Marcel Fischer AG  
Spritzwerk  
Binningerstrasse 141  
4123 Allschwil