

# Das **FENSTER** im 20. Jahrhundert



Hermann Klos /  
Holzmanufaktur Rottweil

## VAKUUMISOLIERGLAS

Sonderdruck (mit Ergänzungen) aus:  
Denkmalpflege in Baden-Württemberg  
52. Jahrgang 2 | 2024



## IMPRESSUM

**Herausgeber:**

Holzmanufaktur Rottweil GmbH, 2024

**Satz und Gestaltung:**

typograt Telegin und Stahl GbR,  
Schramberg

**Lektorat:**

Dieter Schlichting,  
Büro für Lektorate und Übersetzungen,  
Hamburg

**Druck:**

Druckerei Hohl GmbH & Co. KG,  
Balgheim

## Für den Neubau das Glas der Zukunft – für die Denkmalpflege das Glas der Gegenwart

*Regelmäßig finden sich – auch in öffentlichen Publikationen – irreführende und verwirrende Behauptungen, im Bereich der Denkmalpflege sei die Energiewende nicht zu erreichen, besonders das Fenster wird an den Pranger gestellt. Dabei wird übersehen, dass bereits vor sechs Jahren der Einsatz für den Erhalt und die Ertüchtigung von Fenstern mit dem Ressourceneffizienzpreis des Landes Baden-Württemberg ausgezeichnet wurde, dass diese Konzepte derzeit für den Umweltpreis für Unternehmen 2022 des Landes Baden-Württemberg nominiert sind und dass auch Institute wie zum Beispiel das Fraunhofer Institut wissenschaftlich fundiert feststellen, Erhalt und Ertüchtigung des Bestandes sei die effizienteste, nachhaltigste und ressourcenschonendste Vorgehensweise.*

Hermann Klos

## Ein neuer Höchststand der technischen und physikalischen Entwicklung

Seit einigen Jahren ist es mit am Markt verfügbarem Vakuumisoliertglas möglich, nahezu jedes Bestandsfenster nach Niedrigenergiehausstandard mit sehr guten Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung zu ertüchtigen. Gleichzeitig kann der Fugendurchgangskoeffizient der Fenster verbessert werden, und zwar dergestalt, dass es, im Rahmen eines ganzheitlichen Konzepts, nicht zu bauphysikalischen und bauphysikalischen Problemen in den Gebäuden kommt. Die Anforderungen der Denkmalpflege und die Erfordernisse der Ressourcenschonung, der Energieeffizienz und der Schadensfreiheit sind so tatsächlich am Bauteil Fenster erfüllbar. Es ist höchste Zeit, dass dieser auch im Baudenkmal zu erreichende Stand

der Technik flächendeckend bekannt gemacht wird. 1996 wurde in Asien das erste Vakuumisoliertglas (VIG) hergestellt. Seit 2019 ist nach über 20 Jahren interdisziplinärer wissenschaftlicher und praktischer Forschungs- und Entwicklungsarbeit von vielen Forschungseinrichtungen und Unternehmen nun auch Vakuumisoliertglas aus europäischer Produktion lieferbar. Im Vergleich zu asiatischem Vakuumisoliertglas konnte es technisch und gestalterisch verbessert werden. In Anbetracht der physikalisch definierten Rahmenbedingungen für Verglasungen können weitere Entwicklungsstufen nun keine „Quantsprünge“ mehr sein, sondern höchstens noch Verfeinerungen.



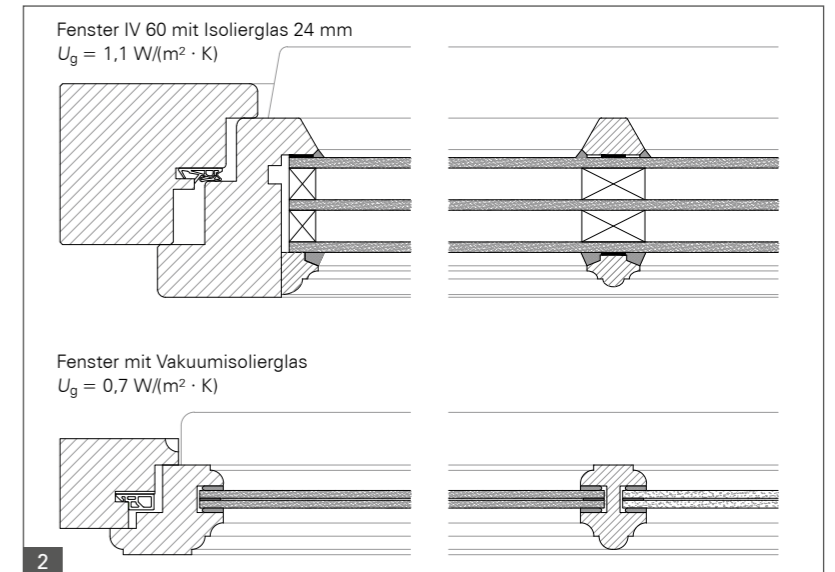
Abb. 1  
Ehemaliges Hauptsteueramt  
in Stuttgart.

## Material und technische Daten

Vakuumisolierverglasung gehört zur Gattung der Isolierverglasungen. Diese bestehen aus zwei miteinander verbundenen Scheiben. Der Scheibenzwischenraum, in der Regel 8 bis maximal 24 mm stark, war bis in die 1980er-Jahre meist noch mit Luft gefüllt. Seit den ersten Energie- und Ölkrisen und den folgenden Auflagen zur Verbesserung des Wärmedurchgangskoeffizienten wurde der Scheibenzwischenraum mit aufwendig zu gewinnenden Edelgasen wie Argon, Krypton oder Xenon gefüllt. Schrittweise wurde auch das Glas optimiert. Der aktuellen Wärmeschutzverordnung entsprechende Fenster haben in der Regel Dreischeibenverglasungen in einer Bautiefe von mindestens 40 mm mit Edelgasfüllung der Scheibenzwischenräume und Wärmedämmbeschichtungen der Scheiben. So ist ein Wärmedurchgangskoeffizient  $U_g$  der Verglasung (g: glass) von  $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  zu erreichen. Diese energetische Optimierung der Funktionswerte von Verglasungen bedeutete mehr und dickere Scheiben (Abb. 2) mit der Folge deutlich höherer Gewichte

und eines höheren Verbrauchs der begrenzten Ressourcen der Edelgase: Eine teuer erkaufte und für Bauwirtschaft und Umwelt problematische Verbesserung. Für die Baudenkmalpflege und die Baukultur bedeutete dies zudem viele ästhetische und gestalterische Einschränkungen und materielle Verluste. Dieser Entwicklungsstand der Technik bot hohe Anreize für Innovationen. Das Ergebnis ist eindrucksvoll: Vakuumisolierverglasung, mit optisch weniger wahrnehmbaren Stützen und garantierbarer Langzeitstabilität des Vakuums, lieferbar in unterschiedlichem Glasaufbau mit Float (Flachglas), ESG (Einscheibensicherheitsglas), VSG (Verbundsicherheitsglas) oder historisch anmutendem Glas, mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung  $U_g$  von  $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  und einem Wärmedurchgangskoeffizienten des gesamten Fensters  $U_w$  (w: window) von unter  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  mit hervorragenden schalltechnischen Eigenschaften und bester solarer Rückgewinnung.

Im europäischen Raum hergestelltes Vakuumisolierverglasung ist ein längst überfälliges, nun aber ausgereiftes Produkt mit einer viermal längeren Garantieleistung als bei Isolierglas. In Russland, Japan und China wird Vakuumisolierverglasung schon seit fast drei Jahrzehnten hergestellt, vertrieben und verbaut, im Vergleich zu dem lieferbaren europäischen Vakuumisolierverglasung jedoch mit einem deutlichen schlechteren  $U_g$ -Wert sowie mit auffälligen Evakuierungsstößen (Abb. 3) und sichtbaren Stützen zwischen den Scheiben. Seit einigen Jahren steht ein Vakuumisolierverglasung aus europäischer Produktion zur Verfügung, das in seiner Grundkonstruktion aus zwei nur 3 mm dicken Glasscheiben besteht, von denen eine mit einer hauchdünnen Metallbeschichtung mit niedriger Wärmeabstrahlung, einer sogenannten Low-E-Beschichtung, versehen ist. Der Scheibenzwischenraum von nur 0,7 mm ist evakuiert, sodass das Medium für den Transport von Wärme und Schall entfällt und sehr gute Isoliereigenschaften entstehen. Allerdings resultiert aus dem im Scheibenzwischenraum vorhandenen Vakuum ein Druck von  $10 \text{ t}/\text{m}^2$  auf den Scheiben. Die Durchbiegung der dünnen Scheiben wird durch nahezu unsichtbare, zylindrische Abstandhalter („Spacer“ oder „Micropillars“) aus Glas, Keramik oder Metall verhindert. Die beiden Scheiben sind mit einem wenige Millimeter breiten Rand miteinander verklebt und dadurch dauerhaft dicht. Die Aufrechterhaltung des Vakuums wird vom Hersteller für mehr als 20 Jahre garantiert, dreimal länger als bei herkömmlichem Isolierglas. Diese Mindestgarantie auf die Beständigkeit des Vakuums ist durch die verwendeten Verbindungstechniken gesichert. Vakuumisolierverglasung wird in verschiedenen Varianten angeboten. Bei einer



Scheibendicke von 7,7 mm ist ein  $U_g$ -Wert von  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  erreichbar. In Kombination mit einer beschichteten Gegenscheibe und einem weiteren Scheibenzwischenraum können sogar  $U_g$ -Werte von  $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  realisiert werden. Möglich ist ebenso eine Kombination von Sonnenschutz- und Sicherheitsglas wie die Verwendung von Scheiben mit historischer Anmutung. Nun steht damit ein Glas zur Verfügung, das den hohen Anforderungen an die Verwendung in Bestandsgebäuden, oftmals auch im Kontext der Denkmalpflege – und hier insbesondere im Rahmen einer Restaurierung mit Ertüchtigung sowie filigraner Neuanfertigung – gewachsen ist.

Abb. 2  
Querschnitte eines denkmalgerechten Fensters IV 60 mit konventionellem Isolierglas (oben) und eines Fensters mit Vakuumisolierverglasung (unten).



Abb. 3  
Zürich, Parkring,  
Kantonsschule, 2016:  
Fenster mit Evakuierungsstößen.

## Idee, Entwicklung und Herstellung

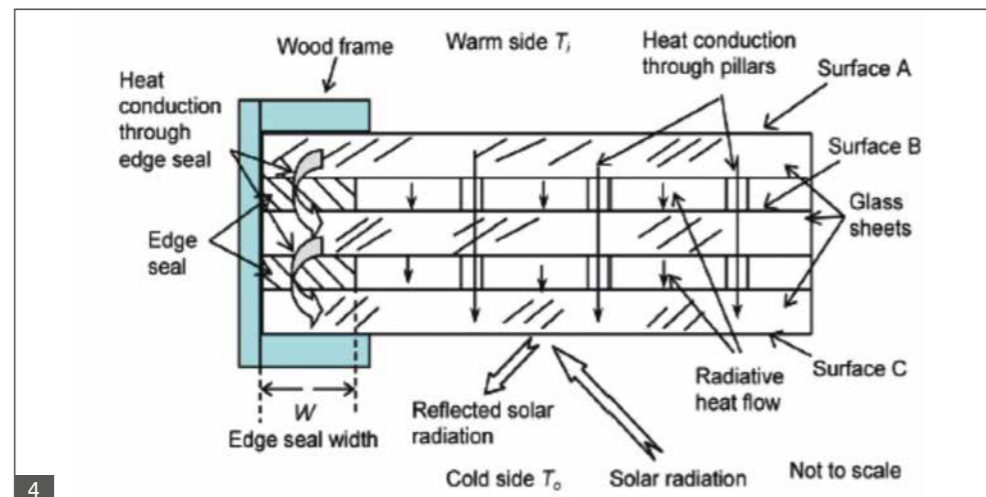


Abb. 4  
Konzept eines Dreischeiben-  
vakuumsolierglases, Patent  
von Alfred Zoller, 1913.

Die Markteinführung des ersten Vakuumsolierglases aus europäischer Produktion erfolgte 2019. Entwickelt wurde es jedoch bereits 1913. Alfred Zoller konzipierte damals ein Vakuumsolierglas mit zwei evakuierten, hohlen Kammern. Für diese „Hohle Glasscheibe“ erhielt er damals auch das Patent (Abb. 4).

Verfahrens- und herstellungstechnisch waren alle Komponenten und Parameter entwickelt, die zur seriellen Herstellung dieses Isolierglases notwendig gewesen wären. Aufgrund der beiden Weltkriege sowie einer Verschiebung der Schwerpunkte in Forschung, Entwicklung und Produktion geriet Zollers Idee jedoch in Vergessenheit und das Patent verschwand in den Archiven. Erst in den 1970er-Jahren setzten wieder Forschung und Entwicklung von Isolierglas mit einem evakuierten Scheibenzwischenraum ein. Es folgten Patentierungen, so aus dem Jahr 1987 für eine laserverschweißte luftdichte Randversiegelung. 1989 gelang es Richard E. Collins und Stephen J. Robins von der Universität Sydney zum ersten Mal, ein Vakuumsolierglas herzustellen. Die Randversiegelung erfolgte mit Glas-

lot unter einer Glaslottemperatur von 450 °C. Ein Joint Venture und das Aufgreifen und Aneignen von innovativen Verfahren und Ideen führten dazu, dass ab 1990 der chinesische Physiker Lan Zheng Tang gemeinsam mit Richard E. Collins in Sydney an der Weiterentwicklung des Vakuumsolierglases arbeitete. Im Ergebnis wurde bereits zehn Jahre später im asiatischen Raum die serielle und industrielle Herstellung und der Vertrieb von Vakuumsolierglas realisiert.

Bei diesem im asiatischen Raum hergestellten Vakuumsolierglas erfolgt die Evakuierung des Scheibenzwischenraums nach wie vor über ein Evakuierungsventil. Für dieses Ventil und die zwischen den Scheiben notwendigen Abstandshalter erhielten Collins und Tang die Patentrechte. Collins beschreibt den Aufbau der Produktion in China, Korea und anderen asiatischen Ländern als ein von hohen technischen Fähigkeiten, kreativen Gestaltungsansätzen und starker Entschlossenheit getragenes Projekt, um ein hoch performantes, rentables Produkt zu entwickeln und herzustellen.

In den späten 1990er-Jahren wurde von der chinesischen Firma Nippon Sheet Glass unter dem Produktnamen „SPACIA“ das erste kommerziell vertriebene Vakuumsolierglas auch auf den europäischen Markt gebracht. Das Glas kam bei einigen wenigen, darunter auch größeren und denkmalgeschützten Bauprojekten zum Einsatz, wie zum

Beispiel dem Museum Hermitage in Amsterdam, dem Palazzo Ducale Urbino als Weltkulturerbe der UNESCO und der Kantonschule Zürich. Hohe Kosten sowie der große Aufwand bei Beschaffung, Transport und Logistik verhinderten aber einen Einsatz des asiatischen Produkts in nennenswertem Umfang.

## Möglichkeiten der Anwendung im Bestand

Mit dem Einbau von Vakuumsolierglas in bestehende Fenster kann Folgendes erreicht werden: 1. Einfach verglaste Holzfenster, gefertigt in Hartholz, mit Rahmenstärken meist unter 60 mm, haben mit einer einfachen, 3 bis 4 mm dicken Scheibe einen  $U_w$ -Wert von 4,96 W/(m<sup>2</sup> · K). Gefertigt in Weichholz (Nadelholz) haben diese Fenster einen  $U_w$ -Wert von 4,56 W/(m<sup>2</sup> · K). Durch den Einbau eines 7,7 mm dicken Vakuumsolierglases kann bei in Hartholz gefertigten Fenstern der  $U_w$ -Wert bis auf 1,24 W/(m<sup>2</sup> · K) und bei Nadelholz bis auf 1,11 W/(m<sup>2</sup> · K) verringert werden. Das ist eine Verbesserung um mehr als den Faktor 4. 2. Bei Holzverbundfenstern sind durch den Einbau von Vakuumsolierglas noch leicht bessere  $U_w$ -Werte zu erreichen. Stand der Technik ist heute, diese verbesserten Scheiben zur Vermeidung von Kondensat im Scheibenzwischenraum in den Außenflügel einzubauen. Werden beide Scheiben durch ein Vakuumsolierglas ersetzt, dann ist sogar ein  $U_w$ -Wert von unter 0,8 W/(m<sup>2</sup> · K) erreichbar. 3. Bei Holzkastenfenstern ist durch den Einbau eines 6 mm dicken Vakuumsolierglases in den äußeren Flügel ein  $U_w$ -Wert von 1,00 W/(m<sup>2</sup> · K) und beim Einbau eines 7,7 mm dicken Vakuumsolierglases sogar ein  $U_w$ -Wert von 0,94 W/(m<sup>2</sup> · K)

zu erreichen. Das heißt, mit beiden Verglasungen ist ein sehr gutes Niedrigenergiefenster realisierbar, ohne dabei die optische Erscheinung der Filigranität der Rahmengeometrie zu verändern.

Bei der Reparatur, Restaurierung und Ertüchtigung bestehender Fenster wurde sehr häufig dünnes Sonderisolierglas eingebaut, häufig mit einem silbrigen, perforierten Randverbund und leicht flüchtigen Gasfüllungen. Je dünner die Scheiben gewählt wurden, desto schlechter war der Wärmedurchgangskoeffizient, sodass die nur geringe energetische Verbesserung der Fenster die Frage nach der Notwendigkeit eines Verlustes von originalen Verglasungen aufgeworfen hat. Mit Vakuumsolierglas können Bestandsfenster hingegen so ertüchtigt werden, dass sie eine noch nach Jahrzehnten befriedigende Energiebilanz aufweisen und damit die häufige Behauptung, mit Fenstern im Baudenkmal sei keine Nachhaltigkeit zu erreichen, widerlegen. Auch der bauphysikalisch motivierte Einwand, Fenster dürften nicht zu dicht sein, ist obsolet, denn die bauphysikalischen Probleme hängen nicht mit einem guten oder sehr guten Wärmedurchgangskoeffizienten der Materialien zusammen, sondern mit dem Fugendurchgangskoeffizienten so-



Abb. 5  
Zürich, Parkring,  
Kantonsschule, 2016.

wie dem Lüftungs- und Nutzungsverhalten.

Vollständige Luftdichtheit kann auch bei mit Dichtungen nachgerüsteten Bestandsfenstern nicht erzielt werden. Ein gemeinsames Forschungsprojekt „Schallschutz und Luftdichtheit historischer Fenster – Untersuchung des Einflusses der Fugendurchlässigkeit auf den Schallschutz und die Lüftungswärmeverluste historischer Fenster“ mit der Fachhochschule in Bern kam zu genau diesem Ergebnis. Eine

ausreichende Luftdichtheit, die Behaglichkeit garantiert und unangenehme Zegerscheinungen verhindert, ist zu erreichen durch den Einbau eines auf die Falzgeometrie abgestimmten Dichtungsprofils sowie das Einstellen und Feinjustieren der Beschläge, um den Anpressdruck zwischen Flügel und Rahmen zu optimieren. Die Sanierung der Fenster an dem 1897 in Stuttgart als königliches Steuerkollegium und Hauptsteueramt erbauten Gebäude ist die bisher größte Maßnahme in Baden-Württemberg mit der Verwendung von Vakuumisolierverglasung (Abb. 1). Der Gesamtbestand der eingebauten originalen, wiederaufbauzeitlichen Fenster ist grundsolid. Der in der ursprünglichen Planung vorgesehene Einbau eines Standardisolierverglasung, aufgrund der noch fehlenden Erfahrung mit dieser relativ „neuen“ Vakuumisolierverglasung, konnte ad hoc beim Projektstart zugunsten der besseren Ausführung geändert werden.

Mit dem Einbau der Vakuumisolierverglasung verbessert sich der zu erreichende Faktor der energetischen Erhöhung um den Faktor 2, und vor allen Dingen ist die Eingriffstiefe in den Bestand deutlich geringer. Generell wird es mit dem Einbau einer Vakuumisolierverglasung die plakativen „Vorher-nachher-Bilder“ nicht mehr geben, da es nach der Maßnahme genauso aussehen wird wie vorher. Die beim Vakuumisolierverglasung häufig ins Spiel gebrachten sichtbaren Abstandhalter zwischen den Scheiben sind in aller Regel, auch für mit dem Projekt Vertraute, kaum zu identifizieren. Und nicht zuletzt: Mit dem physikalisch kaum noch zu verbessernden  $U_g$ -Wert von  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  gewähren auch diese Fenster, die nach 70 Jahren den Test der Zeit bestanden haben, bereits das, was für zukünftige Produkte generell erreicht werden soll: Eine lebenslange Garantie.

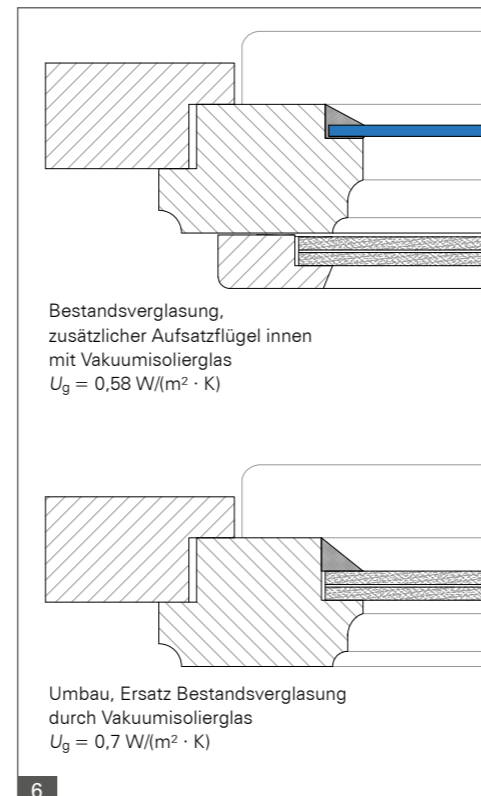


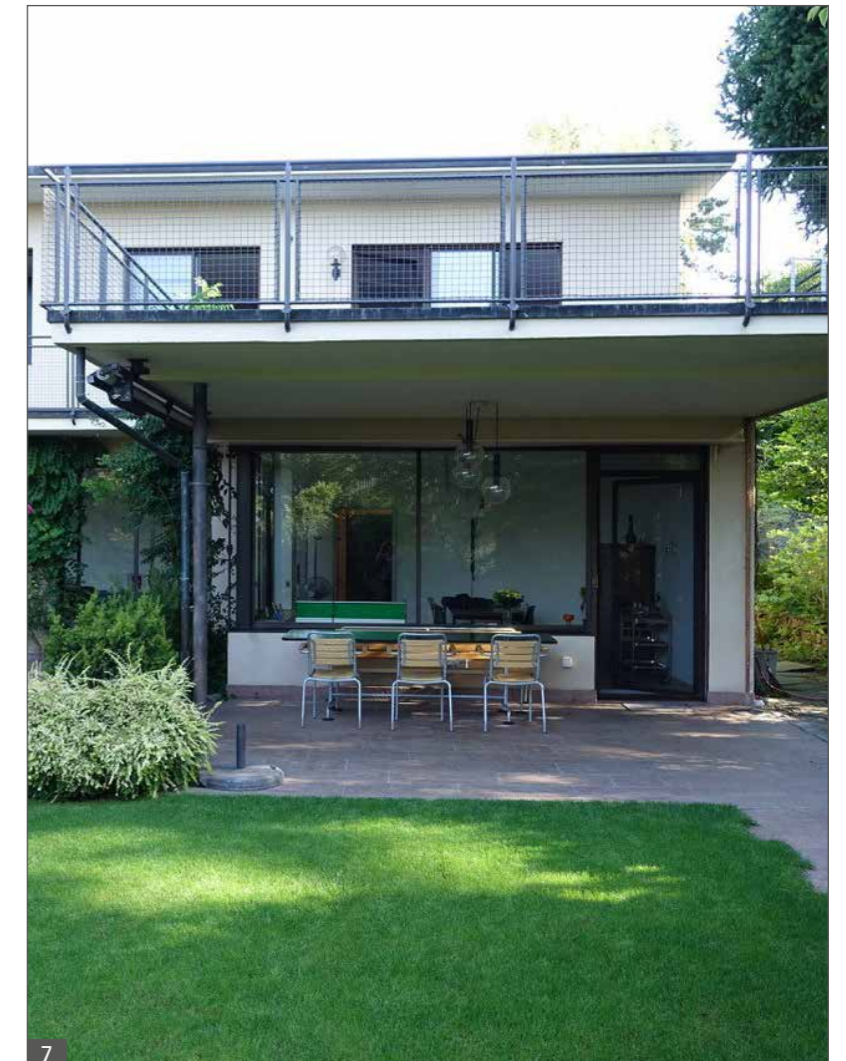
Abb. 6  
Backnang, Mörikeschule:  
Querschnitte der Sanierungs-  
fenster mit Einbau eines  
Vakuumisolierverglasung in den Auf-  
satzflügel (oben) und bei Ersatz  
der Bestandsverglasung durch  
ein Vakuumisolierverglasung (unten).

Auf Betreiben der Züricher Denkmalpflege wurden bereits 2013 an der Kantonsschule am Parkring in Zürich (Abb. 5) die bestehenden Kastenfenster aus dem Jahr 1880 restauriert, repariert und ertüchtigt. Die energetische Verbesserung erfolgte durch den Ersatz der inneren Scheibe durch ein zu der Zeit noch aus China geliefertes Vakuumisolierverglasung mit den beschriebenen Nachteilen deutlich sichtbarer Stützen und Evakuierungsöffnungen (Abb. 3) sowie eines gegenüber heutigem Vakuumisolierverglasung schlechteren  $U_g$ -wertes. Möglicher Kondensatausfall an der äußeren, jetzt sehr kalten Scheibe wurde durch eine ausreichende Belüftung des Scheibenzwischenraums verhindert.

Unter den in Baden-Württemberg in jüngster Vergangenheit realisierten und konzipierten öffentlichen und privaten Baumaßnahmen, zu denen auch größere Projekte gehören, steht zum Beispiel die Mörikeschule in Backnang kurz vor der Umsetzung. Dort werden Bestandsfenster in den Treppenhäusern mit weitgehend noch vorhandener bauzeitlicher Verglasung mit additiv auf den Bestand aufgetragenen Zusatzflügeln verbessert (Abb. 6, oben), bei den anderen Fenstern wird das Glas durch ein Vakuumisolierverglasung ersetzt (Abb. 6, unten), da die historische Verglasung überwiegend schon ausgetauscht wurde. In beiden Fällen werden die Fenster energetisch um den Faktor 5 verbessert. Ein weiteres Beispiel ist das Haus Frey, eine 1935 von Hermann Baur errichtete Villa in Riehen bei Basel, für die Schweiz ein herausragendes Gebäude des Neuen Bauens (Abb. 7). Hierbei handelt es sich um eines von drei, in diesem Fall vor allem wegen der sorgfältigen Renovation der Fenster von der Denkmalpflege Basel 2022 ausgezeichneten Projekten.

Die nach Süden und Westen hin geöffneten Fassaden sind mit filigranen, aufwendig detaillierten Fenstern in Baubronze geschlossen. 96 % der Fensterfläche bestehen aus Glas. Zur Einhaltung der hohen Schweizer Anforderungen an Energieeffizienz musste daher ein Vakuumisolierverglasung eingebaut werden, denn nur dieses kann die Wärmebrücken der nicht thermisch getrennten Rahmenprofile in ausreichendem Maß kompensieren. Ein Auge lacht, ein Auge weint – immerhin konnten die seltenen Rahmenprofile erhalten werden. Das Ziel ist aber erst erreicht, wenn auch die bestehenden Verglasungen Teil der Lösung sind.

Abb. 7  
Weit offene Süd- und Westfassade  
des Hauses Frey in Basel, 2020.



## Holzisolierglasfenster

Immer mehr rücken die Baudenkmale der ersten und zweiten Nachkriegsmoderne in den Fokus der Denkmalpflege. Hier findet sich in der Regel die ab den 1950er-Jahren verbaute Isolierverglasung der Marken „Thermopane“, „GADO“ und „CUDO“. Durch den Austausch der Verglasungen und den Einbau eines Vakuumisolierglases kann auch bei diesen Fenstern ein  $U_w$ -Wert von bis zu  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  erreicht werden. Ein Ergänzen der Bestandsverglasung,

sofern diese auch nach 50–70 Jahren noch ohne Beeinträchtigung durch Kondensat und Verschmutzungen erhalten ist, mit einem Vakuumisolierglas führt zu einem  $U_w$ -Wert von  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  (Abb. 8). Das Verbesserungspotenzial gegenüber konventionellen Wärmeschutzverglasungen bei Verwendung von Vakuumisolierglas zeigt im Vergleich die Tabelle. Aufgeführt werden hier die thermischen und optischen Kenndaten unterschiedlicher Verglasungen mit sehr guten Wärmedämmwerten bei gleicher Low-E-Beschichtung.

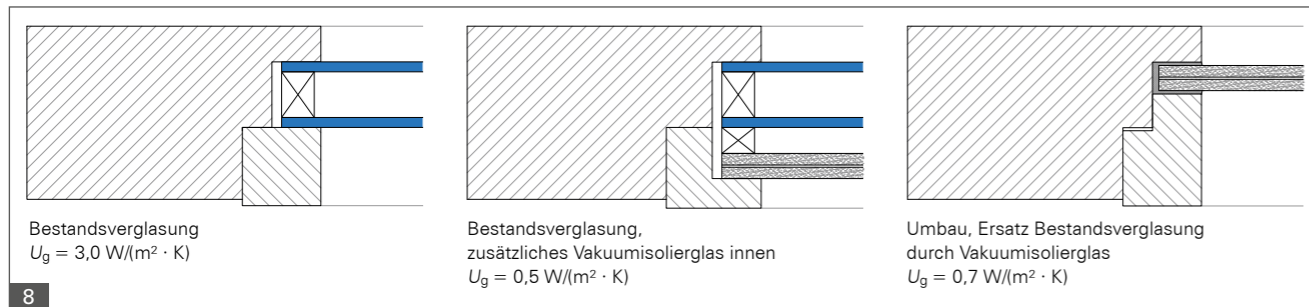


Abb. 8 Darmstadt, Künstlerkolonie: Querschnitte der Bestandsverglasung (links), der Bestandsverglasung mit einem zusätzlichen Vakuumisolierglas innen (Mitte) sowie eines umgebauten Fensters mit Ersatz der Bestandsverglasung durch ein Vakuumisolierglas (rechts).

Verglasung	Wärmedurchgangskoeffizient ( $U_g$ -Wert) in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert)	Lichttransmission $\tau_V$ in %	Energiebilanz in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
				Süd	Nord
Zweischeibenwärmeschutzverglasung, Füllung: Argon	1,1	0,62	0,80	-0,39	0,51
Dreischeibenwärmeschutzverglasung, Füllung: Argon	0,7	0,51	0,72	-0,52	0,22
Vakuumisolierglas	0,5	0,54	0,73	-0,80	-0,01

## Vakuumisolierglas – das Glas der Zukunft

Es ist absehbar, dass konventionelle Isolierverglasungen Auslaufprodukte sind. Das Ende der Verbesserungsmöglichkeiten dieser Verglasung ist physikalisch bedingt erreicht. Die zuletzt erzielten Verbesserungen der Funk-

tionswerte sind teuer erkaufte, da der Scheibenzwischenraum mit Edelgasen gefüllt ist. Krypton und Xenon stehen am Markt nicht mehr ohne Weiteres zur Verfügung. Der seitens der Bauherrschaft oftmals gewünschte Einsatz

einer Dreischeibenverglasung geht mit sehr hohen Gewichten und großen Materialstärken einher und ist daher für Bestandsfenster ungeeignet. Doch auch wenn sie bei Fensterneubauten zur Verwendung kommen soll, ist aufgrund der immer massiver gewordenen Rahmenmaterialien der Fenster und der daraus resultierenden Belastung für die Konstruktionen, hier vor allem für die Beschläge, eine nicht sehr hohe Lebensdauer und Nutzungsdauer dieser Fenster zu prognostizieren. Vakuumisolierglas hingegen ist eine dünne Verglasung von 7,7 statt 42 mm Dicke. Es ist ressourcenschonend, da im Scheibenzwischenraum keine wertvollen Gase mehr verarbeitet werden sowie eine Scheibe weniger benötigt wird. Der Einbau von Vakuumisolierglas ist auch bei sehr alten und wertvollen Bestands-

fenstern, sofern er dort zulässig ist, eine nutzerfreundliche Variante, mit diesen Fenstern einen Niedrigenergiehausstandard zu erreichen. Im Bereich der Neuanfertigung ist es möglich, Fenster wieder so filigran herzustellen, wie dies über Jahrhunderte der Fall war. Und es gilt bei diesen Fenstern: Je geringer der Rahmenanteil, desto besser die Energieeffizienz.

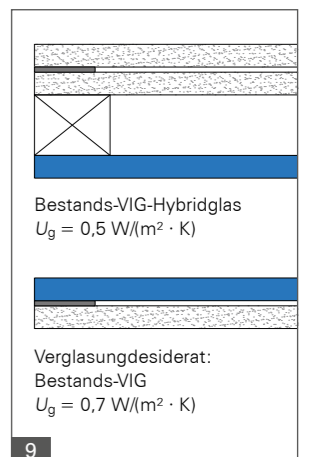
Ein weiterer Mehrwert ist die hundertprozentige Wiederverwertbarkeit der Scheiben, sie können vollständig recycelt werden und entsprechen den zunehmenden Bemühungen der Bauwirtschaft, nach dem „Cradle to Cradle“-Prinzip zu arbeiten. Zudem stehen die Rohstoffe für die Produktion von Vakuumisolierglas aus regionaler Provenienz zur Verfügung.

## Ausblick

Das Weiterbauen im Bestand wird, bedingt durch Energiekrisen, Ressourcenknappheit und die Notwendigkeit, nachhaltig zu wirtschaften, zu einem Prinzip der Bauwirtschaft werden. Zumindest in der Politik und bei den Architekten ist angekommen, dass es keinen Sinn ergibt, immer mehr, immer schneller, immer billiger zu bauen. Gefragt ist es heute, solide, nachhaltig und, wie früher üblich, „für die Ewigkeit“ zu bauen. Für die Fenster bedeutet dies, dass sie nicht alle 15 bis 20 Jahre ausgetauscht werden dürfen, nur weil sich die Funktionsansprüche ändern. Die Fenster müssen künftig ressourceneffizient die sich ändernden Funktionsansprüche durch Ergänzen des Bestehenden adaptieren können. Vakuumisolierglas ist das Glas der Zukunft. Der Materialeinsatz bei den Scheiben,

den Rahmenmaterialien und den notwendigen Beschlägen ist deutlich geringer als bei herkömmlichen Fenstern. Auch in der Baudenkmalpflege ist es bereits jetzt sinnvoll, Vakuumisolierglas zu verarbeiten, wo dies denkmalfachlich möglich ist. Vakuum-Hybridgläser, bei denen die Bestandsscheibe um ein Vakuumisolierglas ergänzt ist, werden bereits heute realisiert. Ein noch größerer Mehrwert für das Baudenkmal und die Umwelt wird aber möglich sein, wenn es gelingt, Vakuumisolierglas unter Wiederverwendung bzw. Beibehaltung des Bestandsglases zu produzieren (Abb. 9). Wenn dies erreicht ist, ist Vakuumisolierglas ein wichtiger Baustein, das Credo der Baudenkmalpflege „Erhalten durch Pflege, Reparatur, Restaurierung und bei Bedarf Ertüchtigung“ in die Praxis umzusetzen.

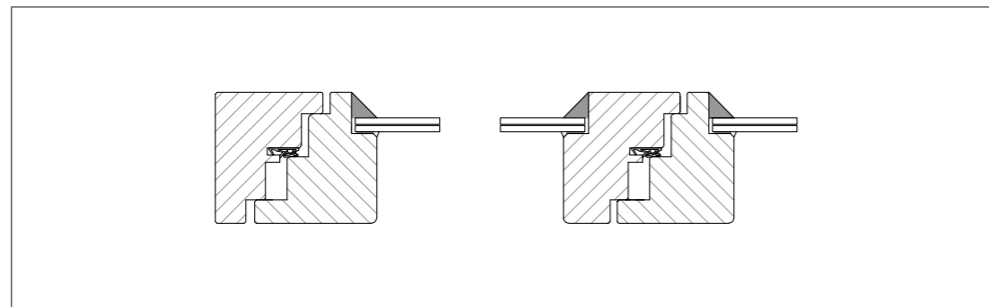
Abb. 9 Querschnitte eines Hybridglases (oben) und eines Bestands-Vakuumisolierglases (unten).



## Blaustein, Baden-Württemberg, Lautertal 1 Wohnhaus und Architekturbüro

Hier wurden neue Fenster nach Schweizer Minergie-Standard eingebaut. Gefertigt in Kleinserie, flächenbündig, mit traditionellen Bautechniken. Die Verglasungen sind 7,7 mm dick und mit einer Kittfase befestigt. Bei einem modern gefertigten Industriefenster mit diesen Funktionswerten ist die Verglasung viermal so dick, nahezu doppelt so schwer und überdies mit einer Gasfüllung verse-

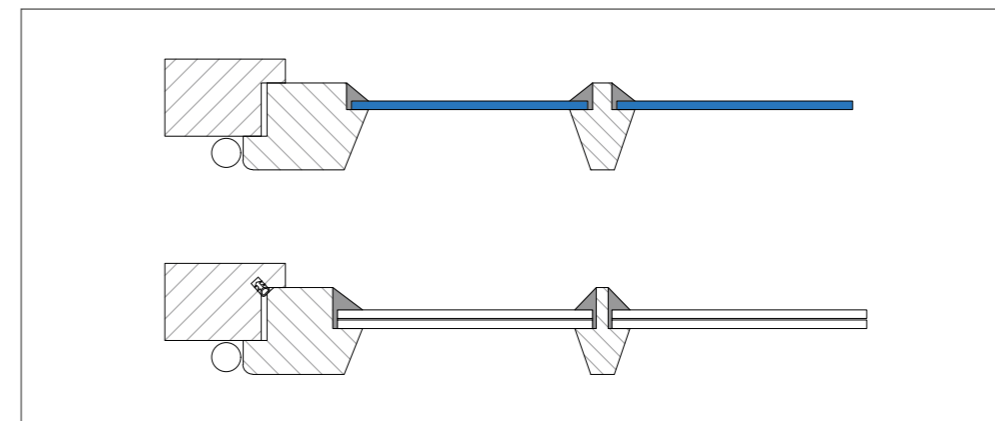
hen. Die vorgegebenen Herstellungskriterien waren: Anlehnung an traditionelle Fensterfertigung, jedoch erkennbar als zeitgemäße Ausführung, filigran, scharfkantig, ohne Glasstäbe, Glas mit Kittfasen von außen eingebunden. Ein besonderes Fenster im Rahmen einer besonderen Sanierung und Umnutzung, von Architekten für Architekten geplant.



## Fischerbach, Baden-Württemberg, Hintertal, Wohnhaus

In einer erstklassigen Bar, egal ob in Rottweil oder in Kapstadt, steht oben links im Ginregal ein Monkey 47. Ein erfolgreicher schwäbischer Unternehmer fährt Mercedes und trinkt, wenn er Gin trinkt, natürlich Monkey 47. Jetzt sind wir näher dran an Monkey 47 als jemals gehofft. „Mr. Monkey 47“ investiert in dieses Projekt, und vielleicht begegnen

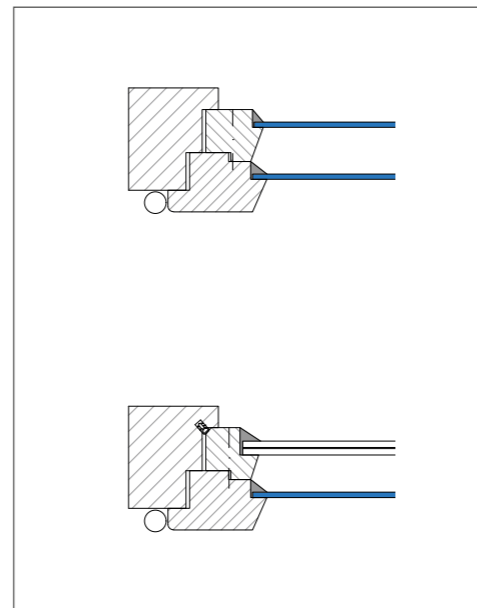
wir uns ja einmal in den ehemaligen Stallungen beim Gintasting. Eine etwas andere, aber sehr reizvolle neue Destination im schwarzen Wald. Und ganz nebenbei: Historisch relevante Holzbauteile bleiben natürlich erhalten, auch die Fenster, im  $U_g$ -Wert nun verbessert um den Faktor 7.



## Ravensburg, Raueneeggstraße 9, Wohnhaus

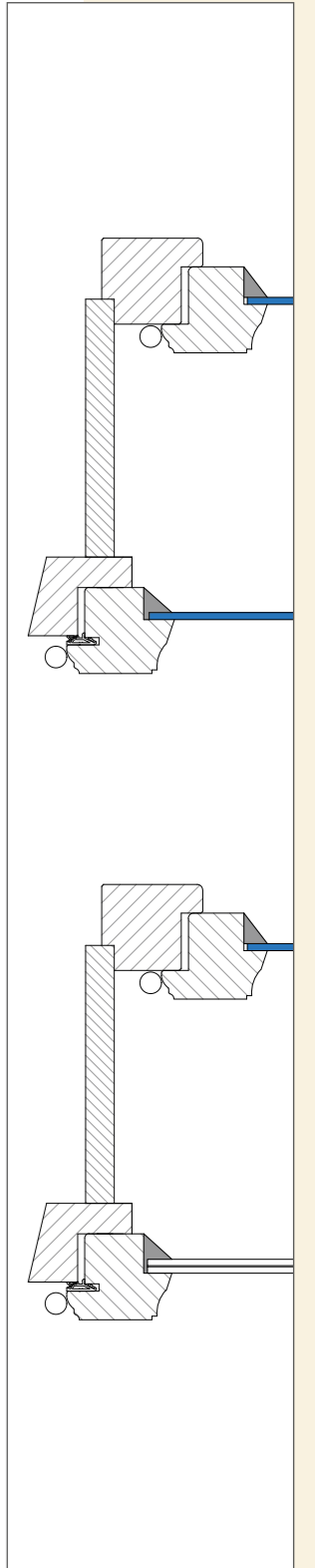


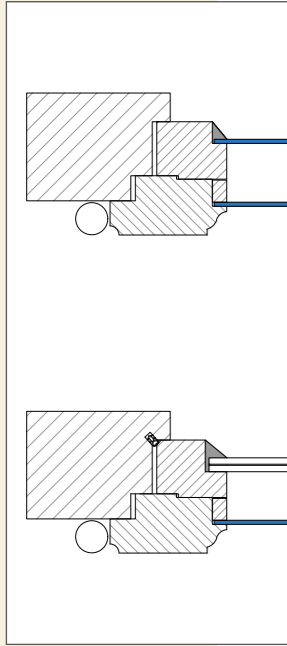
Es gibt Häuser, die auch nach 100 Jahren so dastehen, wie es eigentlich sein sollte, und das ist auch gut so. Die baulichen Qualitäten dieser Gebäude werden heute bei Weitem nicht mehr erreicht. Dies betrifft die Gebäude selbst, aber auch die Ausstattung wie die Fenster. Handwerklich gefertigt, materiell konstruktiv, solide und gestalterisch sehr ansprechend. Das Holz ist in nahe gelegenen Wäldern langsam gewachsen, entsprechend schwer und widerstandsfähig, die Beschläge kamen auf jeden Fall nicht aus Asien. Die Fenster haben den Test der Zeit bestanden. Auch wenn eine grundlegende Sanierung und energetische Ertüchtigung mit nicht unerheblichen Kosten verbunden ist, so ist doch zu sehen: Es gibt diese Fenster seit 100 Jahren im Bestand, und nach einer so durchgeführten Sanierung werden die Fenster auch garantiert noch einmal die gleiche Nutzungsdauer erleben. In der Regel werden heute in diesem Zeitraum Fenster fünf- bis sechsmal ausgetauscht.



## Bayreuth, Ludwigstraße 20, Präsidialgebäude

Ein herausragendes Beispiel der Baukunst des Fin de Siècle. Der vorhandene Fensterbestand ist verschiedenen Bau-, Umbau- und Altersstrukturen zuzuordnen. Denkmalschutz ist Umweltschutz und Umweltschutz ist Denkmalschutz, denn nur ein den funktionstechnischen Ansprüchen dauerhaft genügendes Fenster ist auch dauerhaft im Bestand gesichert. Eingebaut wird ein Vakuumisoliertglas in die innere Ebene, bauphysikalisch ein wenig kritisch. Trotz der erhaltenen generellen Undichtheit müssen noch zusätzliche Lüftungsschlitze angelegt werden.





## Basel-Bruderholz, Auf dem Hummel 32, Wohnhaus

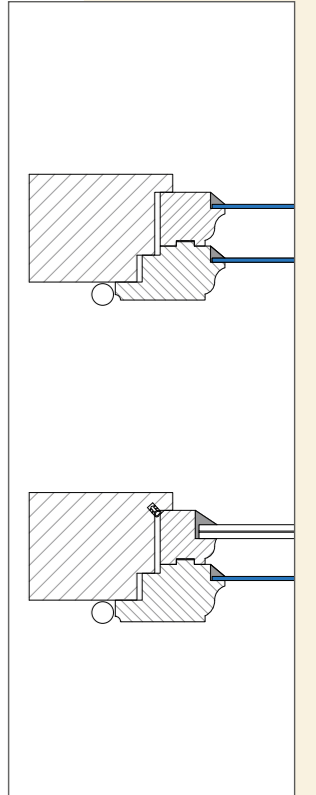
Das Quartier ist geprägt von seinem sub-urbanen Charakter. Baulich finden sich hier in der Regel zweigeschossige Einfamilienhäuser und Doppelhäuser. Vor allen die zahlreichen Villen bezeugen, dass Bruderholz zu den wohlhabenderen Teilen Basels gehört. Das hier gezeigte Haus ist kein „exklusives“ Haus, aber es ist ein Zuhause und bietet alles, um sich zu Hause zu fühlen: Eine solide Bausubstanz mit mehr als einer lebenslangen Garantie, durchdachte Raumstrukturen, einen Garten vor und

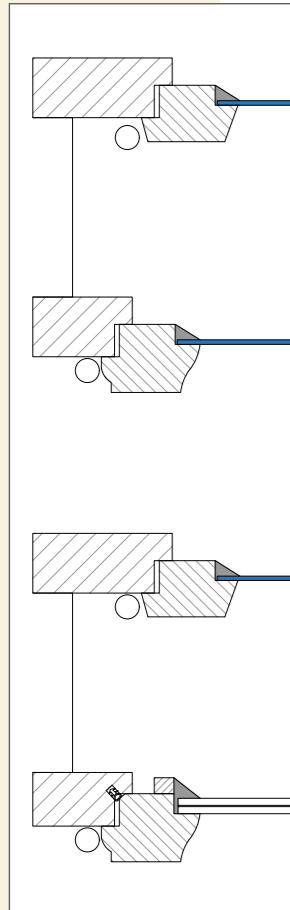
hinter dem Haus, Distanz zur Nachbarschaft, aber auch wenig genug Distanz, um sich in ein Quartier eingebunden zu fühlen. Wie das Haus, so auch die Fenster – unverwüstlich, solide und schön, bereits zur Bauzeit gefertigt als eine Kastenfenstervariante mit Permanent- und Vorfenster. Die nun energetisch verbesserten Fenster gewährleisten, dass sich die Bauherrschaft in den nächsten Jahrzehnten mit anderen Themen als den Fenstern beschäftigen kann.



## Basel, Im Lohnhof 4, Hotel und Restaurant

„Allez au Violon“ heißt umgangssprachlich „In den Knast gehen“. Das Gebäude steht an einem geschichtsträchtigen Ort in der Baseler Altstadt. Im Mittelalter noch Kirche, dann Kloster, dann Stift und dann über mehr als 150 Jahre ein Gefängnis. Für die energetische Ertüchtigung der Fenster wäre hier natürlich der Einbau von Vakuumverbund-sicherheitsglas durch die Historie nahe liegend gewesen. Eingebaut wurde ein Standardvakuumisoliertes Glas. Heute steht also „Allez au Violon“ für die einen dafür, die Nacht in einem besonderen Hotel zu verbringen. Für andere bedeutet es den Genuss der vielleicht feinsten französischen Küche in Basel.





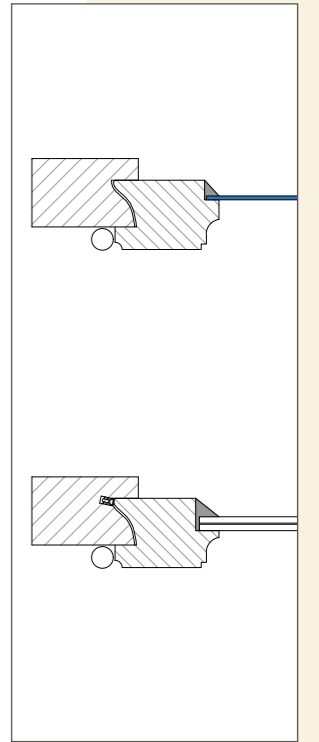
## Basel, Klybeckstraße 241–255, genossenschaftliche Wohnanlage

Mal sind es nur zwei Fenster, die die Behaglichkeit und Gemütlichkeit senken. Dann wiederum gibt es einen ganzen Straßenzug, wo sich alle einig sind: Lange genug zum Fenster hinausgeheizt! Vor einigen Jahren wurden die straßenseitigen Fenster durch den Einbau einer dünnen Sonderisolierverglasung energetisch verbessert. Nun waren die gartenseitigen Fenster dran. Sie konnten durch den Einbau von Vakuumisolierverglasern weiter verbessert werden. Nun sind wir überzeugt, dass mit dem Verbessern des Verbesserns langsam das Ende der Fahnenstange erreicht ist.



## Basel, Missionsstraße 23, Kindertagesstätte

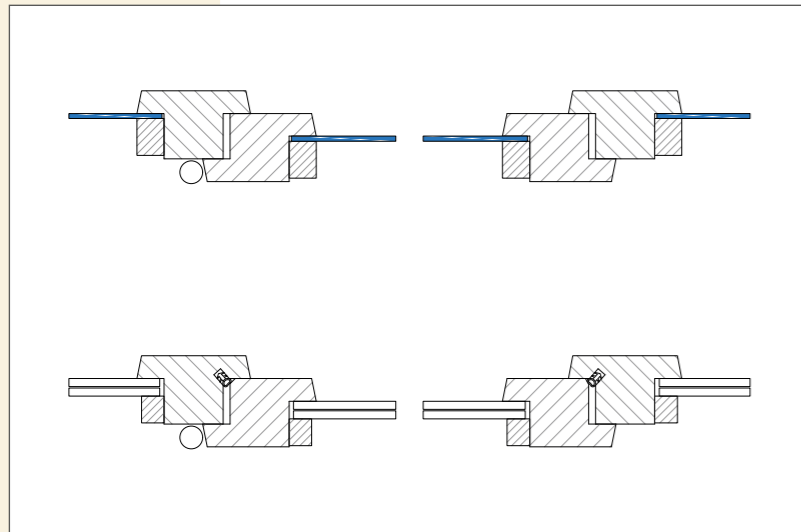
Ein sehr altes Haus für sehr junge Menschen. Heute gebaute Kitas werden vorrangig unter funktionalen, rationalen und ökonomischen Gesichtspunkten geplant. Die Kita in der Missionsstrasse ist eher ein Abenteuerspielplatz der besonderen Art. Es ist ein Ort zum Entdecken, Ausprobieren und Aneinanderteilhaben. Baukultur vom Feinsten begegnet den Kindern auf Schritt und Tritt. Schon das alte bauzeitliche Eingangsportal sagt: Pass auf, du betrittst etwas Besonderes! Gehe sorgsam und respektvoll mit mir um! Alles, was es hier gibt, ist fast 100 Jahre alt, dokumentiert und bezeugt Handwerk und Handwerkskunst. Die behutsame, aber hocheffiziente funktionstechnische Verbesserung der Fenster gibt dieser Handwerkskunst eine mehr als lebenslange Garantie.



## Basel-Bruderholz, Peter-Ochs-Straße 3, Wohnhaus

Hermann Bauer, bedeutender Schweizer Architekt von Kirchen, aber auch von Wohnhäusern, die sich Elemente der klassischen Moderne und der Bauhausarchitektur zu eigen machten. Er gehört zu der Generation, die Bruderholz noch als das offene, freie Land, über das

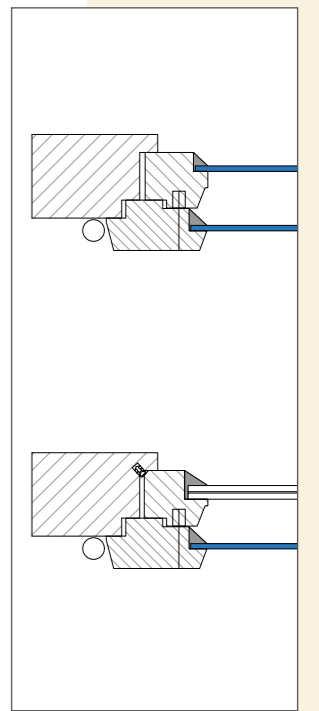
abends oder am Wochenende zur Erholung gewandert wurde, kannte. Aber er erlebte die dynamische Bebauung dieses aussichtsreichen Geländes nicht nur – er gestaltete sie auch mit und wählte das Quartier für seinen Wohnsitz.



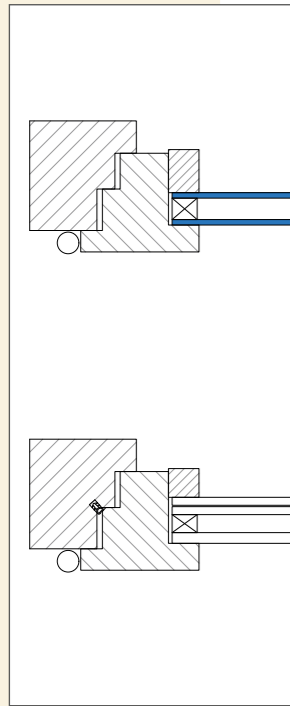
## Basel-Bruderholz, In tiefen Boden 75, Tituskirche

Solaranlagen auf Kirchendächern waren bisher, abgesehen von einigen Ausnahmen, ein Tabu. Die aktuellen Diskussionen und die Tatsache des Klimawandels bringen jedoch eine hohe Dynamik. Energiekrisen, so erinnert sich der Autor, gab es bereits in den 1980er-Jahren. Die sonntäglichen Spaziergänge und Wanderungen auf deutschen Autobahnen haben viele noch in Erinnerung. Die evangelisch-reformierte Kirchengemeinde in Basel reagierte bereits vor 33 Jahren und erstellte eine Solaranlage auf ihrem Kirchendach. Ja, diese zieht die Blicke auf sich. Eine respektvolle Zustimmung wird in diesen Zeiten wohl schnell größer werden. Auch wenn den Gebäuden ausreichend Energie aus regenerativen Quellen zur Verfügung steht, ist es sinn-

voll, nicht aus dem Fenster hinauszuheizen. Derzeit werden die Fenster, was den  $U_g$ -Wert anbelangt, unauffällig um den Faktor 5 bis 6 verbessert. Dies ist möglich durch das Vakuumisolierglas.



## Märstetten, Schweiz, Steigweg 14, Wohnhaus



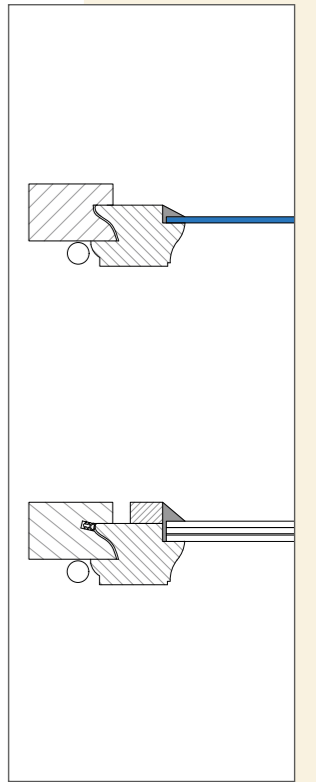
Baudenkmalpflege ist und bleibt spannend. Waren es vor einigen Jahrzehnten noch überwiegend Kirchen und Schlösser, und arbeiteten wir vor einigen Jahrzehnten noch überwiegend in der Renaissance, im Barock, in „wirklich“ historischen Epochen, so sind unsere Projekte heute überwiegend der ersten und zweiten Nachkriegsmoderne zuzuordnen. Die hier anzutreffenden, zum Teil schon revolutionären Veränderungen im Bereich von Konstruktionen und Materialien nehmen wir gerne an, ja wir freuen uns sogar darüber. Noch mehr freuen wir uns, wenn wir für nahezu alle Problemstellungen eine Lösung erarbeiten können. So auch an diesem avantgardistischen Wohnhaus der 1960er-Jahre. Die vorhandenen ein-

fachverglasten Doppel- und Isolierglasfenster bleiben erhalten und werden behutsam energetisch mit Vakuumisoliertglas auf zukunftstaugliche Werte verbessert.



## Basel-St. Alban, St. Alban -Vorstadt 49A, Stadthaus

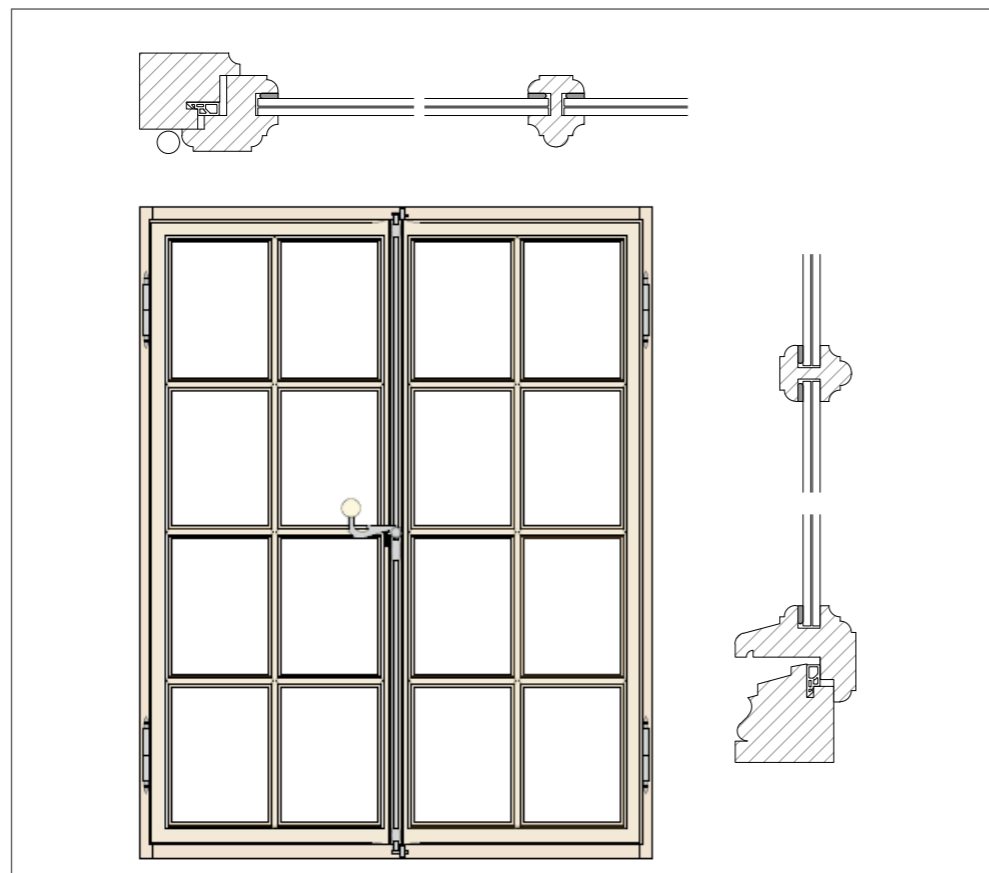
Ein stattliches, mehrgeschossiges, sehr exponiert liegendes Baseler Stadthaus. Das Gebäude steht mitten im Leben, in einem Quartier, in dem auch nach 22 Uhr die Gehwege und Straßen noch belebt sind. Und in einem Quartier, wo in den Häusern noch gelebt wird. Das stellt an die Fenster die eine oder andere Herausforderung, was Dichtheit, vor allem die Schalldichtheit, betrifft. Die eingebaute Kastenfenstervariante mit Permanent- und Vorfenster ist bereits eine gute schalltechnische Lösung, jedoch noch nicht ausreichend. Zum Glück gibt es Vakuumisoliertgläser mit Sicherheits-, Sonnenschutz-, aber auch schalltechnischen Komponenten. So können auch 150 Jahre alte Fenster einem quirligen und lebhaften Stadtleben Paroli bieten und die Bewohnerinnen und Bewohner morgens erholt ans Tagwerk gehen.



## Historisches Handwerk trifft moderne Technologie: Steckborn – Fensterrekonstruktion im Stil von 1780 mit Vakuumglas möglich

Rekonstruktionen waren zu unseren Anfängen vor 35 Jahren Tagesgeschäft. Es wurde rekonstruiert auf Teufel komm raus. In der Regel auf gesicherten Befunden, immer wieder auch mal mit viel Kreativität und Fantasie. In einigen Situationen haben die Betrachterinnen und Betrachter auch ein Recht, historisch Anmutendes akribisch und im Detail korrekt betrachten zu können. Generell gibt es Schlimmeres als das Bewahren traditioneller Handwerkstechniken und das Wiederherstellen von Baudetails, damit Träume und Wünsche erfüllt

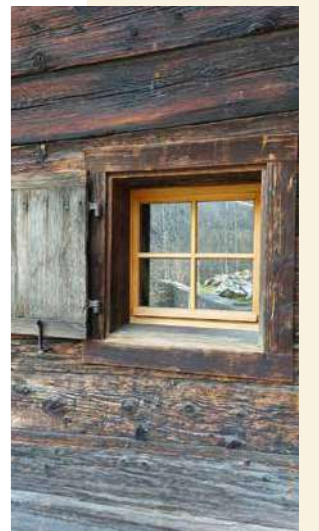
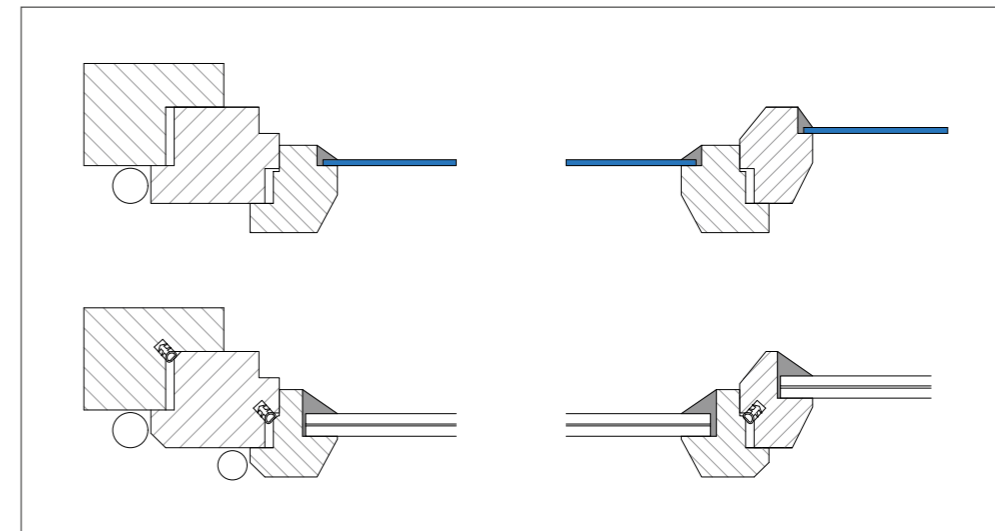
werden können. Im Detail dargestellt wird hier die Rekonstruktion eines Fensters von 1780, detailgetreuer geht es nicht. Auch dies ist nur realisierbar, weil heutige Wünsche und zu erreichende Funktionswerte auch bei einem solchen Fenster mit einem Vakuumisoliertglas möglich sind. Was wir sagen wollen: Mit dem Vakuumisoliertglas können wir heute nicht nur jedes Fenster weitestgehend in der Anmutung, sondern Fenster aus allen Bauepochen auch millimetergenau rekonstruieren.



## Valendas, Schweiz, Brün Flua, Berghütte

Ein Bauherr, uns gut bekannt. Gäbe es die Denkmalpflege nicht, er würde sie erfinden. Aus einem Haus aus dem 16. Jahrhundert in allerbesten Lage ein Gesamtkunstwerk zu machen, ohne die Lesbarkeit des Denkmals zu gefährden, das kann er, das hat er gezeigt. Jetzt geht es um ein Haus, das zumindest in den

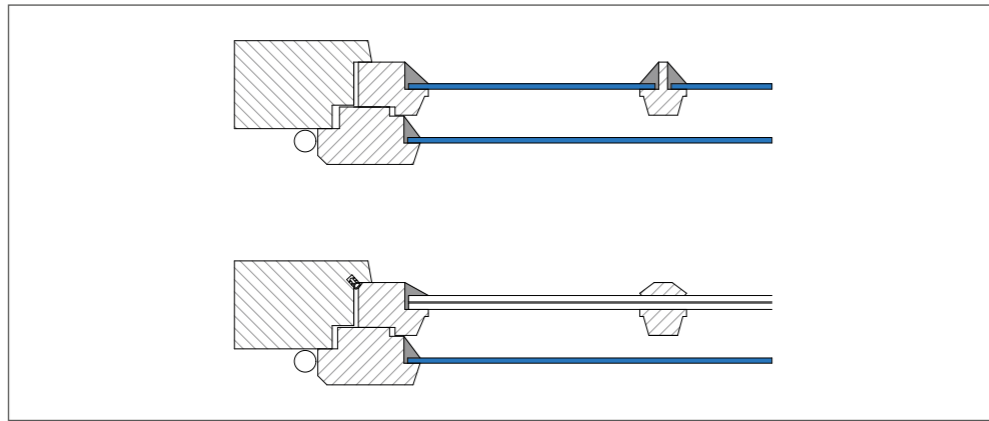
langen Wintermonaten den Besuch im Gym ersetzt, denn es ist nur auf weitem Weg mit Schneeschuhen zu erreichen. Selbstredend, dass in dieser Lage, in der die Temperaturen gefühlt nur selten über 0 °C steigen, die Fenster dieselbe Behaglichkeit ausstrahlen sollen wie die Wände – möglich mit Vakuumisoliertglas.



## Wislikofen, Schweiz, Propstei, Seminarhotel und Bildungshaus

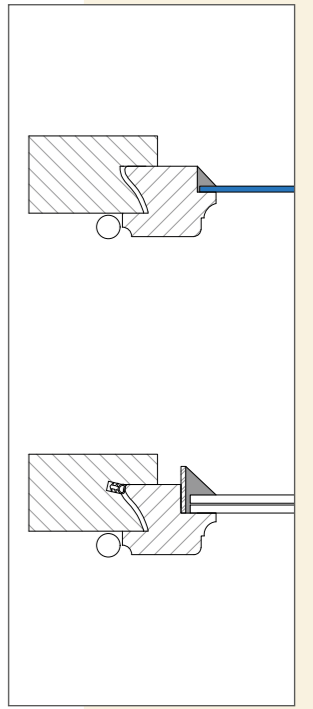
Ein Kloster, eher ein Ort des Rückzugs und der Besinnung. In diesem Fall auch der Besinnung darauf, dass Klimaschutz das Leben und diesen Planeten schützt. Ein Kloster, eher konservativ und kontemplativ, aber auch technisch innovativ mit dem Ergebnis: Wenn schon Klimaschutz, dann richtig. Gewählt wurde das adäquate Konzept: den Bestand

erhalten und funktional so effizient wie möglich ertüchtigen. Da gibt es momentan nur eine Option: Vakuumisierglas – verbaut in den Verbundflügeln außen, um Kondensat im Scheibenzwischenraum zu vermeiden. Die Denkmalpflege freut sich über den größtmöglichen Erhalt, das Auge freut sich über den Erhalt der schönen Fenster.



## Zollikon, Schweiz, Seestraße/Bahnhofstraße, Mehrfamilienhaus

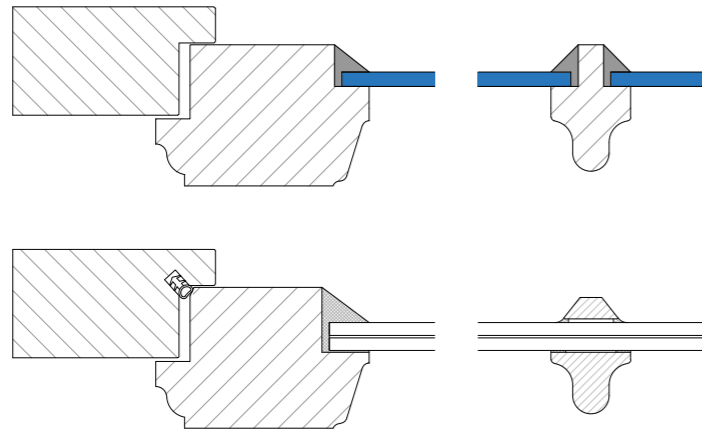
Zürichsee, die Seestrasse am nördlichen Ufer, nach wie vor ein Eldorado mit Goldgräberstimmung, ein Hotspot für Immobilien und Projektentwicklungen. Es gibt immer weniger alte Häuser, die ursprüngliche Bebauung geht verloren. Es entsteht zwar das eine oder andere architektonische Highlight, in der Regel sind es jedoch vor allen Dingen Überbauungen, die nur eines signalisieren: Das Kapital steht über der Baukultur. Eine Sanierung mit Ausnahmecharakter ist hier das Gebäudeensemble am Straßeneck Seestrasse/Bahnhofstrasse. Mit Akribie und Detailverliebtheit wird hier repariert, restauriert, ertüchtigt und verbessert. Hierzu gehören auch die Fenster, unabhängig davon, ob sie von 1780 oder von 1940 sind.



## Basel, Marktplatz 2, GLOBUS

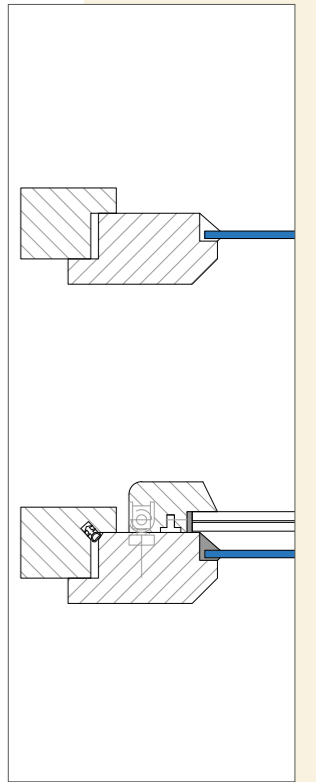
Der Globus gehört seit über hundert Jahren zum Stadtbild von Basel und er wird in weiteren hundert Jahren noch zum Stadtbild von Basel gehören. Eine bauliche und gestalterische Solidität und Stabilität, die heute nur wenige Neubauten erreichen. Abgesehen von der Fassade – und die in aller Konsequenz – bleibt vom Gesamtbestand kaum noch etwas erhalten. Einige vergleichen das Projekt mit einem Potemkinschen Dorf. Konsequentes Weiterbauen mit dem Bestand – der Königsweg der Bauwirtschaft – wird

an der Fassade verfolgt. Im Inneren muss jedoch für eine langfristige Bestandssicherung des Komplexes die Zukunft neu gebaut werden. Der gesamte Fensterbestand bleibt erhalten, funktional wird dieser auf zukunftssichere Werte verbessert. „Reparatur hat transitorischen Charakter“, so Winfried Lipp bereits im Jahre 1995, das heißt die Werterhaltung der Systeme der gebauten Umwelt kann nur gelingen, wenn die Bauteile im Hinblick auf eine bessere Zukunft ertüchtigt werden.



## Villingen, Bickenstraße 25, Kloster und Schule St. Ursula

Über 500 Jahre war in den Gebäuden die klösterliche Frauengemeinschaft der Beginen domiziliert, die in Armut und Gebet Gott dienen wollten. Auf das klösterliche Leben folgten dann bis heute über 250 Jahre Schulisches mit dem Schwerpunkt, Mädchen eine umfassende Ausbildung zu ermöglichen. Im Vordergrund der schulischen Ausbildung standen nicht die Naturwissenschaften oder die Sprachen, gefördert und honoriert wurde vor allen Dingen Fleiß, Schönschreiben, Singen, Klavier, Violine, Turnen und Handarbeit. Im Rahmen einer umfassenden Sanierung werden nun auch - getreu dem Königsweg der Kreislaufwirtschaft - die bestehenden Ausstattungen, vor allen Dingen die Bestandsfenster, die im Laufe der Jahrhunderte eingebaut wurden, repariert und für die Zukunft ertüchtigt.



## Literatur und Quellen

Siegfried Glaser: Vakuumisolierglas – Eine Alternative zum Dreifachglas? Stand der Entwicklung und der Verfügbarkeit, in: Ihr Konjunkturpaket 2010: Energieeffizienz, Behaglichkeit, Komfort. Rosenheimer Fenstertage am 15. und 16. Oktober 2009. ift Rosenheim, hg. v. ift Rosenheim, Rosenheim 2009, S. 63–67.

Ernst Heiduk: Ermittlung des Verbesserungspotenzials für die Bauteilenergiebilanz durch den Einsatz von VG und VIG für die Fenstermodernisierung, Anhang 2 zu Ulrich Pont et al.: Sondierung von Fenstersystemen mit innovativen Gläsern, speziell Vakuum-Isoliergläsern, zur Gebäudesanierung.VIG-SYS-reno, hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2018.

Produktionstechniken für Vakuum-Isolierglas (ProVIG). Abschlussbericht zum Verbund, Red.: Siegfried Glaser, hg. v. d. Grenzebach-Maschinenbau GmbH u. a., Asbach-Bäumenheim u. a. 2012.



Holzmanufaktur  
Rottweil GmbH

Neckartal 161  
78628 Rottweil

[info@homa-rw.de](mailto:info@homa-rw.de)  
[www.homa-rw.de](http://www.homa-rw.de)



Holzmanufaktur  
Swiss AG

Hauptstr. 9  
CH-5502 Hunzenschwil

[info@homa-swiss.ch](mailto:info@homa-swiss.ch)  
[www.homa-swiss.ch](http://www.homa-swiss.ch)