



Zwei verbundene Glasscheiben – Chance oder Risiko? Isolierglas in der Denkmalpflege

Noch vor 30 Jahren wurden Isolierglas und Isolierglasfenster im Baudenkmal als problematisch angesehen und reserviert betrachtet, sei es bei einem Glas-austausch im Bestand, sei es beim Einsatz neuer Isolierglasfenster, denn es standen für die filigraneren Profile der Bestandsfenster nur Industriefenster mit 24 bis 28 mm starken Scheiben zur Verfügung. In den 1950er Jahren kamen mit dem „Wirtschaftswunder“ höhere sowie der Witterung exponiert ausge-setzte, flächenbündig eingebaute Fenster sowie Glasfassaden mit größeren Anforderungen in Mode. Geprägt von der Energiekrise in den 1970er Jahren und anschließenden Klimadiskussionen fiel die Wahl häufig auf Isolierglas-fenster. Eine mögliche Variante bei Instandsetzung und energetischer Verbes-erung erhaltungswürdiger Fenster im Baudenkmal ist der Einbau eines dün-nen Sonderisolierglases. Zugleich ist das bauzeitliche Isolierglasfenster Gegen-stand der Denkmalpflege geworden, da immer mehr Objekte aus der ersten und zweiten Nachkriegsmoderne als Kulturdenkmal ausgewiesen werden.

Karsten Braun/Hermann Klos

Der Wiederaufbau – eine Zeit für innovative Lösungen

1 Wendeflügel Fenster
mit Isolierverglasung von
1966 im Rathaus von
Reutlingen.

Der Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg war für viele Gewerke und in vielen Baudetails ein Neubeginn. Ab den 1950er Jahren erfuhr das Bauen und damit auch der Fensterbau einen gro-

ßen Wandel. Dort wurden neue Materialien er-probt, neue Konstruktionen und Bauweisen, neue Funktionen und neue Formen drängten die über Jahrzehnte oder Jahrhunderte gebräuchlichen Ausführungen in den Hintergrund. Das Schwin-gen, Wenden oder Schieben der Fenster, bis dahin lediglich punktuell zum Beispiel in Treppenhäusern, Fenstererkern oder Loggien eingesetzt, ging ein in gestalterische Konzepte und Modelle für bestimmte Gebäudearten und für Sonderbauten (Abb. 1). In Verbindung mit den gestiegenen Anforderun-gen an Fenster beim Wärme-, Schall-, Brand-, Sonnen- und Einbruchschutz brachte dies neue Herausforderungen im Fensterbau mit sich. Im Fokus stand dabei die Verglasung. Doch wurde das Rad, trotz aller Dynamik, auch hier nicht neu erfunden – das Fenster besteht nach wie vor aus einem Rah-men mit einer Verglasung.

Die in diesen Jahren auf den deutschen Markt ge-brachten ersten Isolierglasscheiben hatten dabei noch keinen besseren Wärmedämmwert als die von den Römern vor 2000 Jahren verbauten Kas-tenfenster. Erst seit den 1990er Jahren gibt es zum Beispiel durch Beschichtungen und durch die Fül-lung mit Kryptongas signifikante Verbesserungen des Wärmedurchgangskoeffizienten.

Diese Entwicklung hat Auswirkungen auf die Ak-zeptanz von Bestandsfenstern im Baudenkmal und hier vor allem auf wertvolle Bestandsfenster und



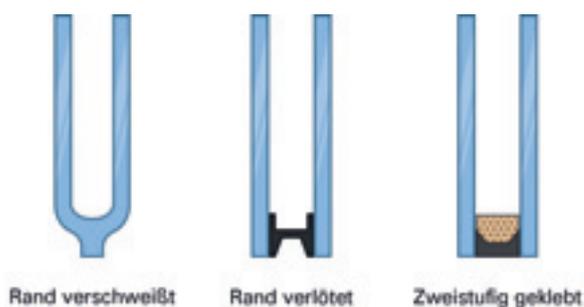
-verglasungen, da diese gegenüber den inzwischen verbesserten Isolierglasfenstern deutlich schlechtere Dämmwerte aufweisen. Das Konzipieren und Entwickeln bestandsverträglicher Lösungen ist oftmals ein Spagat zwischen widerstreitenden Wünschen und Anforderungen.

Definition Isolierglas

Nach der DIN EN 1279-1 ist eine Mehrscheiben-Isolierverglasung (MIG) eine mechanisch stabile und haltbare Einheit aus mindestens zwei durch einen oder mehrere Abstandhalter voneinander getrennten und im Randbereich hermetisch versiegelten Glasscheiben. Der meist 8 bis 16 mm breite Scheibenzwischenraum (SZR) ist mit Luft oder einem Gas gefüllt, die eine gute Wärmeisolierschicht bilden. Der Wärmedurchgangskoeffizient der Scheiben (der U_g -Wert) verbessert sich bei einer dreifach beschichteten, mit Kryptongas gefüllten Isolierglasscheibe gegenüber einer 3 mm starken Floatglasscheibe von $5,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auf $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, also um den Faktor 14,5.

Die Geschichte des Isolierglases

Die wärmedämmende Wirkung eines ruhenden Luftpolsters wurde bereits im 19. Jahrhundert erkannt. Im August 1865 erhielt der New Yorker Glaser T. D. Stetson in den USA das Patent Nr. 49167 für eine Randabdichtung zweier Glasscheiben, deren Methode allerdings nicht überliefert ist. In den folgenden Jahrzehnten gab es weitere Versuche mit Glaserkitt, Filz und Kork als Randabdichtungsmaterial. Der Scheibenzwischenraum dieser Gläser war jedoch nicht hermetisch dicht und somit auch nicht kondensatfrei. Noch mehr als 70 Jahre wurden Fenster traditionell einfachverglast mit einer 2 bis 3 mm dicken Scheibe gefertigt. Energetisch verbesserte Fenster waren als Kasten-, Verbund- oder Doppelfenster konstruiert. Noch bis in die 1980er Jahre entsprach der Wärmedurchgangskoeffizient dieser Fenster dem einer Isolierglasscheibe. Der Randverbund des Isolierglases wurde im weiteren Verlauf der Entwicklung allerdings immer mehr verbessert (Abb. 5).



2 Isolierglas „CUDO“ von 1968 mit geklebtem Randverbund (l. o.).

3 Isolierglas „Thermopane“ von 1968 mit gelötetem Randverbund (l. u.).

4 Isolierglas „GADO“ mit verschweißtem Randverbund (r. o.).

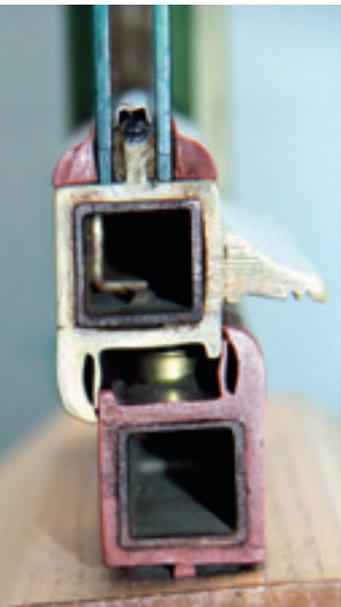


1934 erhielt die Sicherheitsglas GmbH das Reichspatent für ein Verfahren zur Herstellung einer Doppelglasscheibe mit geklebtem Randverbund. Ab dieser Zeit wurden in Cunzendorf in Schlesien solche Isoliergläser mit geklebtem Randverbund unter dem Markennamen „CUDO“, einem aus „Cunzendorfer Doppelglas“ gebildeten Akronym, hergestellt (Abb. 2). Diese Scheiben fanden zunächst nur im Fahrzeugbau der Reichsbahn Verwendung. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg kamen Isoliergläser auch in Gebäuden zum Einsatz.

1938 begann Libbey Owens Ford in den USA mit der Fertigung von Isoliergläsern mit gelötetem Randverbund. Der zwischen beide Scheiben gelötete metallische Abstandhalter war in den ersten Entwicklungsjahren des Mehrscheibenisolierglases eine Variante zum geklebten Randverbund. Dabei wurde die Langlebigkeit von Blei für einen stabil gelöteten Randverbund genutzt. In den ersten Jahrzehnten seit dem Aufkommen von Mehrscheibenisolierglas war die Marke „Thermopane“ im deutschen Sprachraum weit verbreitet (Abb. 3), „Thermopane Fenster“ wurde zum Synonym für „Isolierglasfenster“. Aus dieser Zeit existieren noch viele intakte Verglasungen – ein Beleg für die Dauerhaftigkeit dieses Randverbunds.

1954 kam Isolierglas mit verschweißtem Randverbund unter dem Markennamen „GADO“ (später auch „SEDO“) auf den Markt (Abb. 4). Bei diesem Verfahren wurde der Glasrand erhitzt, geschmolzen und gekröpft, um die beiden Glasscheiben miteinander zu verschweißen. Undichtheiten durch einen Materialmix sollten damit ausgeschaltet werden. Allerdings ließen sich so nur rechteckige Standardformate herstellen. Das Verfahren konnte am Markt nicht etabliert werden; derzeit ist kein

5 Varianten des Randverbunds von Isolierglas.



6 Isolierverglastes Kunststofffenster von 1954.

7 Aufbau eines Vakuumisoliertglases.



Beispiel eines solchen vor Ort erhaltenen Fensters bekannt.

Circa 1980 wurde das Verschweißen des Randverbunds der Isolierglasscheibe in der Vakuumisoliertverglasung wieder aufgegriffen.

Im Fensterbau ging die Entwicklung ebenfalls weiter. Das erste Kunststofffenster der Welt, zunächst noch ein Materialmix aus Stahl, Kunststoff, Holz und Glas, wurde 1954 von dem deutschen Metallbauingenieur Heinz Pasche gemeinsam mit der Dynamit Nobel AG in Troisdorf auch schon mit einer Isolierverglasung gebaut (Abb. 6). Es erreichte innerhalb weniger Jahrzehnte eine marktbeherrschende Stellung.

Daneben entstanden Fenster aus Aluminiumprofilen mit sehr schlanken, filigranen Konstruktionen. Aus Materialverbindungen hergestellte Fenster wurden ebenfalls immer beliebter. Zum Einsatz kamen Holz-Kunststoff-Fenster und Holz-Aluminium-Fenster, aber auch Holzfenster, die außen mit Bronze- oder Kupferprofilen verkleidet wurden. Bei all diesen Fensterentwicklungen war Isolierglas Stand der Technik.

Ab den 1970er Jahren dominierte der geklebte Randverbund in der Herstellung von Isoliergläsern. Diese Abdichtungsart ist auch heute noch Standard. Aluminium-, Edelstahl- und Kunststoffprofile in verschiedenen Breiten definieren den gewünschten Scheibenabstand. Die Verbindung von Scheiben und Abstandhalter mit Klebstoffen auf Kunststoffbasis garantiert ein über Jahrzehnte dichtes System. Heute werden zunehmend Kunststoffabstandhalter verwendet. Diese sogenannte „Warme Kante“ verbessert den Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung und verringert ein Kondensieren im Randbereich.

Isoliergläser werden fortlaufend unter allen technischen Aspekten des Wärme-, Schall-, Brand-, Sonnen- und Einbruchschutzes verbessert. Die Verglasung der Zukunft sind Vakuumisoliertgläser, die seit den 2000er Jahren in Deutschland erforscht und entwickelt werden.

Der Scheibenzwischenraum von Vakuumisoliertgläsern ist evakuiert, sodass dort jegliches Medium fehlt, das Wärme oder Schall leiten könnte. Auf dem evakuierten Scheibenzwischenraum lastet allerdings ein atmosphärischer Druck von circa 10 Tonnen pro Quadratmeter Glasfläche. Daher halten regelmäßig angeordnete, nahezu unsichtbare Stützen die Scheiben auf Abstand (Abb. 7). Je

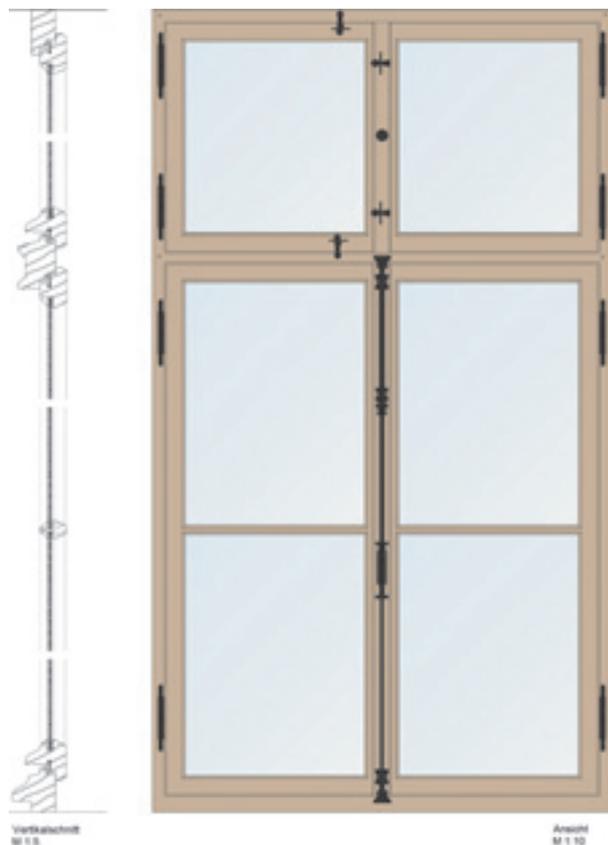
8 Rekonstruktion eines historischen Fensters mit realglasteilender Sprosse und mit Kittfasen außen eingebauter Vakuumisoliertverglasung.

nach Verfahren werden die Gläser mit oder ohne Evakuierungsstützen gefertigt. Am Scheibenrand sind die beiden Scheiben fest miteinander verschweißt.

Wegen ihrer geringen Dicke und ihres niedrigen Gewichtes eignen sich Vakuumisoliertgläser auch zur energetischen Verbesserung denkmalgeschützter Fenster. Die Scheiben können eingebaut werden, ohne die Falzgeometrie und das Relief der Fenster zu verändern. Ihre Wärmedämmwirkung ist um den Faktor 2 bis 3 besser als die herkömmlicher Isolierverglasungen. Mit einem Vakuumisoliertglas von nur 6,7 mm Dicke ist heute bereits ein U_g -Wert von $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zu erreichen. Der beste umgesetzte U_g -Wert liegt bei $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Angestrebt wird die Herstellung von Vakuumisoliertglas mit einem U_g -Wert von $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Bauzeitliche Isolierglasfenster und Isolierglasscheiben

Obwohl grundsätzlich der Erhalt der historischen Substanz angestrebt wird, gibt es bisher keine generelle Antwort auf die Frage, wie mit vorhandenen Isolierverglasungen im Baudenkmal umzugehen ist. Jedes Fenster muss separat betrachtet werden. Dabei ist der Erhaltungszustand der Bestandgläser zu prüfen. Der Erhalt der Isoliergläser ist die präferierte, bis heute aber noch selten praktizierte Option. Es gibt jedoch Konzepte und Varianten für eine funktionale Verbesserung vorhandener Isoliergläser, die bisher noch nicht umgesetzt worden



sind. Hierzu zählen ein Erhalt des vorhandenen Isolierglases mit funktionaler Verbesserung. Eine Variante ist das vorhandene Isolierglas mit einer zusätzlichen Floatglasscheibe bzw. einer Vakuumisoliertglasscheibe zu erweitern. Möglich ist auch, die Scheiben des Isolierglases zu trennen und mit einem neuen Randverbund und einer zusätzlichen Scheibe bzw. einer Klimafolie weiterzuverarbeiten und zu verbessern. (Abb. 9).

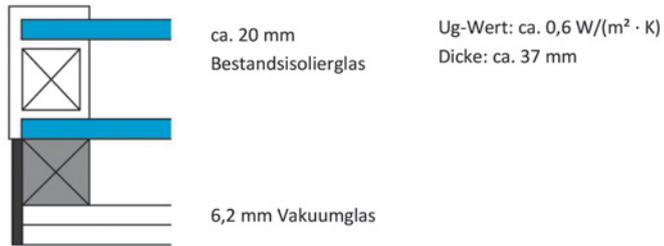
Isolierverglasungen waren in den 1950er und 1960er Jahren eine innovative Verglasung von Wohn- und Nichtwohngebäuden. Vor allem in repräsentativen Bauwerken der öffentlichen Verwaltung und von Unternehmen fand sie Verwendung. Neben dem baulichen Prestige waren geringere Kosten im Bauunterhalt und eine verbesserte Behaglichkeit ausschlaggebend für die Verwendung dieser Scheiben.

Bei Sanierungen bauzeitlicher Isolierglasfenster ist der Erhalt der vorhandenen Scheiben aufgrund der neuen funktionalen Anforderungen in der Regel schwierig. Es sind jedoch technische Verfahren wie eine Verbesserung der Randabdichtung, eine Reinigung des Scheibenzwischenraums und eine neue Gasbefüllung verfügbar, um die Isolierglas-scheiben zu erhalten.

Neue Isolierglasfenster im Baudenkmal

Gibt es die originalen Bestandsfenster in einem Baudenkmal nicht mehr, sollte seinen Werten und Qualitäten entsprochen werden. Für den Bauherrn, den Architekten und den Denkmalpfleger ist dies ein zentrales Anliegen, da Fenster Gebäude maßgeblich gestalten bzw. verunstalten. Bis in die frühen 2000er Jahre war für die Denkmalpfleger oftmals das Verbundfenster, eine Konstruktion mit zwei dicht aufeinanderliegenden, miteinander gekoppelten Flügeln, das Fenster der Wahl. Mit ihm waren filigrane Ansichten, glasteilende Sprossen, Kittfugen außen und weitere Detailqualitäten zu realisieren, die ein gutes Fenster für das Baudenkmal auszeichnen.

Eine „denkmalgerechtes“ Fenster mit technisch modernen Isoliergläsern und diesen Qualitäten ist eine abzuwägende Option (Abb. 8). Von spezialisierten Betrieben werden heute zu höheren Kosten, dafür aber durch die Verwendung haltbareren Holzes sowie verschleißärmerer und reparaturfreundlicherer Beschläge mit längerer Nutzungsdauer als industrielle Fenster, kleinseriell Fenster für das Baudenkmal gefertigt. Hierbei sind folgende Details wesentlich: Profile und Querschnitte wie beim Original, fein profiliert, filigran und mit Eckverbindungen „auf Hobel gefertigt“, Sprossenkreuze auf Gehrung gearbeitet, Wetterschenkel aus einem Stück, geschlossene Brüstungen, Oberfläche auf Ölbasis deckend oder lasierend und in



der Optik gealtert, Scheiben mit Wellen, Schlieren und Blasen.

Die Einhaltung aktueller Standards ist dabei gewährleistet. Die Fenster erfüllen die gesetzlichen Vorschriften und Anforderungen an die Funktionswerte. Wärme-, Schall-, Brand-, Sonnen- und Einbruchschutz können unauffällig integriert werden. Dabei wird auf Elemente wie zum Beispiel Drehkippfunktion, Regenschutzschienen und Aluminiumprofile verzichtet.

Neue Fenster im Baudenkmal orientieren sich so am gesamtrestauratorischen und architektonischen Baukonzept. Detailgetreu zu rekonstruieren, gegebenenfalls nach regionalen Vorlagen oder nach zeichnerischer Überlieferung, ist ein berechtigter Anspruch, um ein historisches Bauwerk wieder umfänglich und nachvollziehbar erlebbar zu machen. Baudenkmale verlangen aber nicht zwingend historisierende Bauteile. Sie verlangen jedoch Qualität. Ein neues Fenster im Baudenkmal kann modern aussehen: schnörkellos, scharfkantig und flächenbündig, ohne Schmuck und Zierrat (Abb. 10).

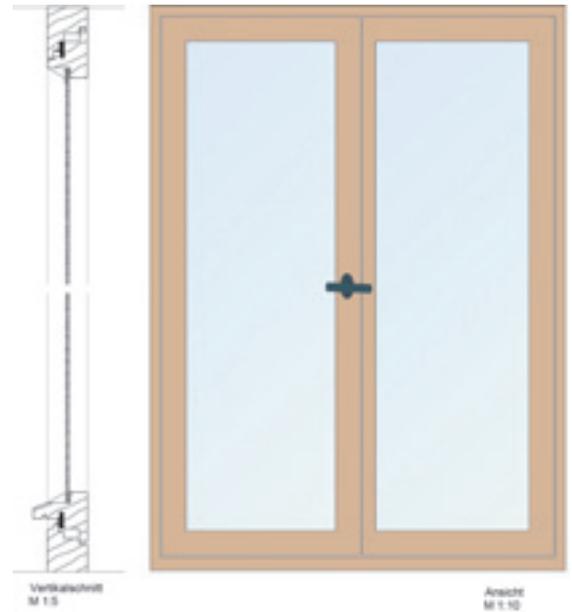
9 Varianten der Weiterverarbeitung der Isoliergläser durch Erweiterung oder Trennung der einzelnen Glasscheiben.

Isolierglas als Austauschglas im historischen Bestand

Denkmalpflege gründet sich auf Respekt für die bestehende Substanz und sollte so wenig wie möglich und so viel wie nötig an materiellen Eingriffen in den Bestand mit sich bringen. Sie sollte nicht die Beweiskraft der Substanz verfälschen. Bei funktional stark beanspruchten Bauteilen wie Fenstern sind Eingriffe in und Veränderungen am Bestand in vielen Fällen wesentliche Grundlage für den Erhalt dieser Bauteile. Bestandsfenster sind für die Zukunft am besten gesichert, wenn sie den Erwartungen und Ansprüchen von Nutzern, Eigentümer und Gesetzgeber entsprechen. Die oberste Maxime ist also, die Substanz zu pflegen und zu konservieren. Gleichwohl kann es notwendig sein, verbrauchte Komponenten auszutauschen und ungenügende Funktionen additiv oder substituierend zu unterstützen.

Es gibt viele Möglichkeiten, historische Fenster, die den gewünschten Funktionswerten nicht entsprechen, anzupassen. Additiv durch ein weiteres Vor- oder Innenfenster, durch Aufsatzflügel, ja sogar durch ein Bespannen mit Folien. Sind Bauherren von diesen Varianten nicht zu überzeugen und zu begeistern, kann, sofern dies aus denkmalfachlicher Sicht möglich ist, als pragmatischer Ansatz die vorhandene Verglasung auch durch eine bessere, zum Beispiel durch eine Isolierglasscheibe oder eine Vakuumisolierglasscheibe, ersetzt werden. Da dies jedoch zum Verlust der Originalgläser führt, sollten zunächst die oben beschriebenen additiven Maßnahmen ergriffen werden.

Bereits 1969 wurde dieser Gedanke in Basel umge-



setzt (Abb. 11 a–c). Dünne Isoliergläser wurden unauffällig und mit nur geringen Veränderungen am Bestand in Fenster aus dem frühen 20. Jahrhundert eingebaut. Die zu diesem Zeitpunkt noch erhaltenen schönen bauzeitlichen Scheiben gingen zwar verloren, doch dieses frühe pragmatische Herangehen ist vielleicht ein Grund, warum es in Basel wie in kaum einer anderen Stadt eine hohe Dichte an erhaltenen historischen Fenstern – allerdings mit neuen Scheiben – gibt.

Fenster sind häufig das schwächste Glied in der Energiebilanz eines Gebäudes, und eine Verbesserung ist hier einfacher möglich als eine komplette Dämmung des Gebäudes. Die häufig ins Spiel gebrachte Kondensatbildung an den dann kühleren Wänden ist in der Praxis selten zu beobachten, da



11 a–c Stadthaus in Basel. Detailansichten des fein profilierten Fensterflügels von innen mit der 1969 eingesetzten Isolierverglasung, von außen gehalten durch abgewinkelte Aluminiumleisten.



historische Gebäude eine ausreichend große Luftundichtheit aufweisen. Wird das vorhandene historische Glas bei der Herstellung der neuen Isolierverglasung als äußere Scheibe wiederverwendet (Abb. 12), verbessert dies die Akzeptanz des Glasaustauschs bei Bauherren und Konservatoren.

Zwei verbundene Glasscheiben – mehr Chancen als Risiken

Isolierglas bietet bei Arbeiten im Baudenkmal deutlich mehr Chancen als Risiken:

Wichtig ist, dass eigene Konstruktionen, Konzepte und Wege ausgearbeitet und die bautechnischen und baufunktionalen Standards und Normen des Neubaus hinterfragt und gegebenenfalls modifiziert werden. Für das denkmalgerechte neue Fenster, für den Erhalt von bauzeitlichen Isolierglasfenstern und für die Verbesserung von Bestandsfenstern gibt es heute bewährte Lösungen für nahezu alle definierten Anforderungen. Das ist immer auch eine Abwägung zwischen Normenstandard und bauspezifischer Konstruktion mit allen Beteiligten, die abgesprochen werden muss.

Wichtig ist, angesichts der komplexen Anforderungen des Wärme-, Schall-, Brand-, Sonnen- und Einbruchschutzes nicht zu resignieren. Die aktuell realisierten Standards im Baudenkmal zeigen, was mit Engagement, Risikobereitschaft und Innovationen möglich ist.

Wichtig ist, dass der Bauherr/Eigentümer mit seiner Lösung zufrieden, besser noch von ihr begeistert ist. Dann gibt er positive Erfahrungen weiter und begeistert auch andere für die Anliegen der Denkmalpflege und der Baukultur. Bewahren heißt verändern, und auch beim Isolierglas heißt dies: Es kommt darauf an, was daraus gemacht wird. Isoliergläser sind vom reinen Neubauprodukt zu einem integralen Bestandteil bei Arbeiten in der Baudenkmalpflege geworden.

Literatur

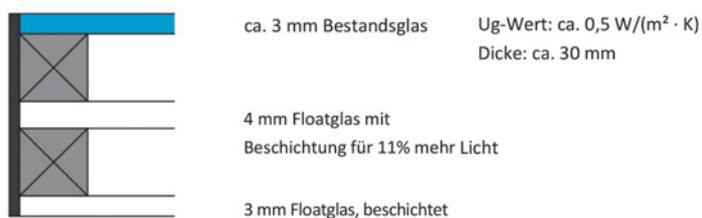
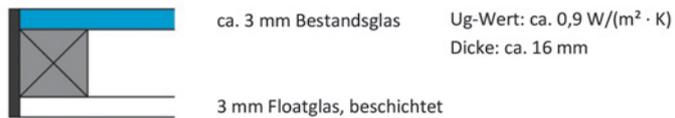
Bundesverband Flachglas e. V.: Glas im Innenbereich. Troisdorf, 2015 (BF-Merkblatt 020/2015)

DIN EN 1279-11 2018-10. Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas – Teil 1: Allgemeines, Systembeschreibung, Austauschregeln, Toleranzen und visuelle Qualität, 2018.

René Eckenfels: Die „Gläserne“ Gesellschaft. Thun-Stetten, Schweiz: Glas Trösch AG, ca. 2010 – Präsentation

Interpane Glas Industrie AG: Isolierglas-Terminologie. Lauenförde, frühe 2000er Jahre, <https://docplayer.org/5474594-4-isolierglas-terminologie.html>, (Zugriff: 02. 06. 2021).

Thermopane: Hightech in den 1950er Jahren. Stuttgart: Alfons W. Gentner Verlag (Glaswelt, 2. 12. 2017),



<https://www.glaswelt.de/technische-entwicklungen/technische-entwicklungen-thermopane-hightech-den-1950er-jahren>, (Zugriff: 02. 06. 2021).

Helmut Weinländer: Vakuumisolierglas und neue Rahmenkonzepte für schlanke und leichte Energiesparfenster, o. O., o. J. (Forum Holz | Bau | Energie Köln 09), S. 3, https://www.forum-holzbau.com/pdf/koeln09_weinlaender_helmut.pdf, (Zugriff: 02. 06. 2021).

111 Jahre Glas. 1900–2011. Wien: Österreichischer Wirtschaftsverband, 2011 (Glas. Österreichische Fachzeitschrift für Glasbe- und -verarbeitung. Jubiläumsausgabe).

Karsten Braun
Holzmanufaktur Rottweil GmbH
Neckartal 161
78628 Rottweil

Hermann Klos
Holzmanufaktur Rottweil GmbH
Neckartal 161
78628 Rottweil

12 Varianten einer Isolierverglasung unter Wiederverwendung der vorhandenen Fenster-scheiben.