

HERMANN KLOS, MARKUS BINDER

## Praxisforschung der Holzmanufaktur Rottweil

Seit 2015 initiieren die Holzmanufaktur Rottweil GmbH und die Holzmanufaktur SWISS AG in Hunzenschwil in der Schweiz Forschungsprojekte zur Erhaltung und zur funktionalen Verbesserung von Bestandsfenstern. Darüber hinaus werden Hochschulen und Institute in den Projekten durch finanzielle Beteiligung und/oder baupraktische und konzeptionelle Zuarbeit unterstützt. In dieser Veröffentlichung wird die Essenz der

Ergebnisse von drei abgeschlossenen und zwei noch laufenden Forschungsprojekten, an denen die Holzmanufakturen mitgewirkt haben bzw. mitwirken, gekürzt und vereinfacht vorgestellt. Die detaillierte Darstellung ist in der Publikation „Praxisforschung“ von der Holzmanufaktur Rottweil zu finden.

Kaum ein Bau- und Ausstattungsdetail an Gebäuden muss komplexere Anforderungen erfüllen als ein Fenster. Die Anforderungen entwickeln sich zudem derart dynamisch, dass neue Fenster bereits nach kurzer Zeit nicht mehr den aktuellen Normen entsprechen. Der Wärmedurchgangskoeffizient (früher k-Wert, heute U-Wert) lag über Jahrhunderte bis 1970 nahezu konstant bei maximal  $3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Innerhalb der letzten fünf Jahrzehnte wurde mit materiell und konstruktiv angepassten Produkten hingegen eine Verbesserung des U-Wertes auf aktuell  $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  erreicht.

Durch die Anforderungen vom Gesetzgeber, von den Architekten und von den Nutzern ist die Erhaltung und die funktionale Verbesserung von Bestandsfenstern eine heikle, teilweise sogar gefährliche Gratwanderung geworden, die die Holzmanufaktur Rottweil seit 32 Jahren mit innovativen Konzepten und Produkten wie REVETRO® und RETHERMO® gerne geht.

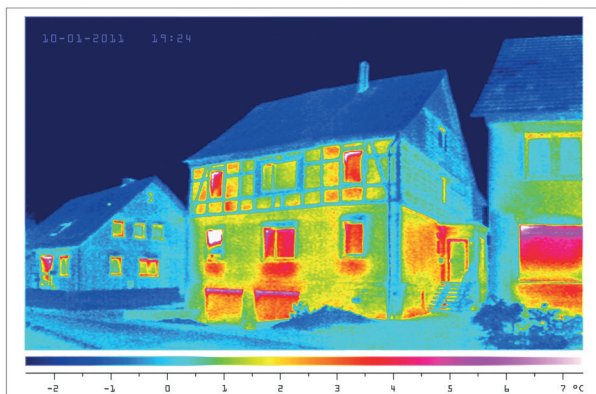
- Zu den Anforderungen gehören:
- Gewährleistung einer gleichbleibenden Raumtemperatur
  - Hohe Sonneneinstrahlung, aber auch Blendschutz
  - Angenehme Hörwahrnehmung sowie Lärmabwehr
  - Gutes Raumklima und Behaglichkeit
  - Energieeffizientes/klimagerechtes Bauen: gutes Zusammenwirken von Dämmung, Lüftung, Wärmespeicherung, Sonneneinstrahlung und Regenschutz.
  - Brandschutz und Einbruchssicher
  - Lufttransmission für die Gesundheit und schadensfreie Bausubstanz
  - Spezifische Gestaltung/Design.

Schwerpunkt ist es, für alle diese Anforderungen gute Lösungen zu finden – gute Lösungen für Bestandsfenster im Allgemeinen und für geschützte Fenster in Baudenkmalen im Besonderen. Wichtig ist uns auch, alle Aspekte der Lebenszyklusbetrachtung und der Ökobilanz zu berücksichtigen. Das vorhandene Fenster muss zukunftstauglich sein, und Lesbarkeit und historische Authentizität dürfen durch die notwendigen Maßnahmen zur funktionalen Verbesserung nicht verfälscht werden oder gar verloren gehen.



Der Einbau einer Isolierverglasung im inneren Flügel zur energetischen Verbesserung eines Verbundfensters kann bei bestimmten Wetterlagen zu Kondensatausfall an der kalten äußeren Scheibe führen. Die Folge sind Durchfeuchtung mit Schimmelbildung und optische Beeinträchtigung. Quelle: HolzmanufakturRottweil GmbH

Gebäude-thermografie als effektives bildgebendes Verfahren zur visuellen Darstellung der Oberflächentemperatur von Objekten durch Messung der Infrarotstrahlung. Quelle: stock.adobe.com



## Projekt I Schallschutz und Luftdichtheit historischer Fenster

### Berner Fachhochschule – Departement Architektur, Holz und Bau

Das Forschungsprojekt der Berner Fachhochschule hatte das Funktionsverbesserungspotenzial von Bestandsfenstern – vor allem geschützten Fenstern in Gebäuden, die als Baudenkmal klassifiziert sind – zum Ziel. Differenziert betrachtet wurde auch die Frage der Erhaltung. Da sie in den Augen der meisten Betrachter ihren Nutzungs- und Lebenszyklus schon mehrmals verbraucht haben, stehen diese Fenster auf der Roten Liste der Substanzverluste im Baudenkmal weit oben. Eigentümer und Nutzer von Gebäuden und Wohnungen mit älteren Fenstern klagen besonders über die Undichtheit, die hohen Energieverluste, das niedrige Schalldämmmaß und die fehlende Sicherheit und häufig auch über den fehlenden sommerlichen Wärmeschutz. Im Forschungsprojekt standen folgende Aspekte auf der Agenda ganz oben:

- Lüftungswärmeverluste von Bestandsfenstern: Verluste durch offene Fugen zwischen Flügel und Rahmen und im Bereich des Baukörperanschlusses
- Transmissionswärmeverluste von Bestandsfenstern: Verluste über die Wärmeleitung der verbauten Materialien
- Schalldämmung von Bestandsfenstern: niedrige Schalldämmmaße aufgrund der verbauten Materialien und offenen Fugen.

Mit wissenschaftlichen Methoden wurden im Projekt an sechs unterschiedlich historisch wertvollen Gebäuden in der Schweiz die Ergebnisse von elf durchgeführten Fenstersanierungen (Einfach-, Verbund- und Kastenfenster mit und ohne Vorfenster) ausgewertet. Dabei wurde der Heizenergiebedarf, Veränderung der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste sowie der natürliche Luftstrom durch die Fenster betrachtet.

Im Istzustand war eine 3-fache Überschreitung der kantonal definierten Grenzwerte für Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste zu verzeichnen.

Aus den Ergebnissen wurde das Energieeinspar- und das Schalldämmpotenzial durch die Sanierung der Fenster – auch im Vergleich zu anderen energetischen Sanierungsmaßnahmen, wie z. B. Dämmmaßnahmen der Außenwände – berechnet.

### Ergebnisse

#### Lüftungswärmeverluste

Durch geeignete Maßnahmen wie eine Grundinstandsetzung der Fenster mit Feinjustierung von Beschlägen, Optimierung des Anpressdrucks und Einbau einer auf die Falzgeometrie abgestimmten Dichtungsebene konnte eine Reduzierung der Lüftungswärmeverluste von bis zu 93 Prozent gemessen werden. In Einzelfällen wurden nach der Sanierung jedoch auch schlechtere Werte gemessen. Das heißt,

ausschlaggebend für die funktionale Verbesserung der Fenster ist die Qualität der ausgeführten Arbeiten.

#### Transmissionswärmeverluste

Holz hat einen niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten, sodass hier keine speziellen Ertüchtigungsmaßnahmen notwendig sind. Bei Bestandsfenstern hingegen weisen die einfachen Verglasungen überwiegend einen hohen Ug-Wert von  $5,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  auf. In diesen Fällen kann der Ug-Wert durch den Einbau einer effizienten Sonderisolverglasung auf  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  verbessert werden.

Die Heizenergieersparnis durch eine Verringerung des Transmissionswärmeverlusts ist abhängig vom Flächenanteil der Fenster an der Gebäudehülle. Bei älteren Baudenkmalen mit überwiegend kleineren Fensterflächen ist daher nur eine geringe Reduzierung der Transmissionswärmeverluste möglich. Bei jüngeren und jungen Baudenkmalen mit viel Fensterfläche kann dagegen eine deutliche Reduzierung erzielt werden.

#### Schalldämmwerte

Eine Reduzierung der Wärmeverluste durch den Einbau einer Schlauchdichtung und den Ersatz der einfachen Verglasung durch eine Standardisolierverglasung kann zugleich zu einer Erhöhung des Schalldämmmaßes um bis zu 13 dB führen. Durch den Einbau von Schallschutzgläsern kann dieser Wert auf bis zu 20 dB steigen. Bei 5 von 6 untersuchten sanierten Fassaden liegt das Schalldämmmaß bei 35 bis 38 dB, teilweise über 40 dB. Das bedeutet, dass die Mindestanforderungswerte der Schweizer Norm SIA 181 (2006) an den Schutz gegen Luftschall von außen problemlos erreicht werden. Die Schallnebenwege über Rollladenkästen und Baukörperanschlussfugen sind hingegen schwer zu erfassen.



Für die a-Wert-Messung installierter Ventilator, Messung mit dem a-Wert Mess-System (BlowerDoor GmbH)  
Quelle: Wehle, 2018, S. 22



Messaufbau zur Bestimmung des Schalldämmmaßes eines Fensters: Einstellen eines Abstands von 3 mm zwischen Mikrophon und Verglasung mittels eines Abstandshalters, Quelle: Wehle, 2018, S. 17



## Baupraktische Umsetzung

Die Ausführungsqualität ist entscheidend für das Ergebnis. Der U-Wert der Verglasung  $U_g$  sollte so gut wie möglich sein. Um hohe Schalldämmmaße zu erreichen, sollte die Scheibe ein möglichst hohes Flächengewicht aufweisen. Die Fugendichtung muss auf die Falzgeometrie abgestimmt sein. Ein optimierter Anpressdruck durch richtig und sorgfältig eingestellte Beschläge ist Voraussetzung. Offene Anschlussfugen zum Baukörper sind mit entsprechenden Materialien zu dämmen und zu dichten. Schallnebenwege, z. B. über Rollladenkästen, sind auszuschließen.

Die Erhöhung der Schalldämmmaße um bis zu 13 dB und die Reduzierung der Lüftungswärmeverluste um bis zu 93 % zeigen, dass es möglich ist, auch bei historischen Fenstern im Baudenkmal die Funktionswerte deutlich zu verbessern. Bei einem Glasaus-tausch ist eine Verbesserung des  $U_g$ -Wertes von 5,0 auf  $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  erreichbar.

Bei einer Entscheidung für eine Fenstersanierung stehen häufig Faktoren wie Behaglichkeit und Umweltschutz im Vordergrund, auch wenn die entsprechenden Maßnahmen mit hohen Kosten verbunden sind und weniger effizient sind als Wärmeschutzmaßnahmen an Decken und Wänden. Undichtigkeiten am Fenster sind unangenehm fühlbar und werden schnell wahrgenommen. So steht das Fenster schnell im Fokus von Maßnahmen.

## Projekt 2 Energetische Optimierung innovativer Sanierungsmaßnahmen für Fenster

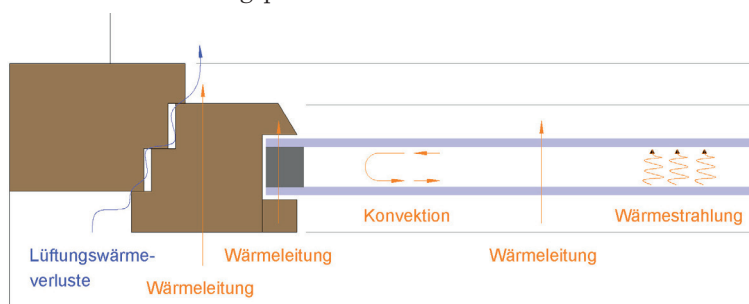
### Hochschule für Technik Stuttgart

Der energetischen Optimierung steht bei einem Fensteraustausch ein irreversibler Verlust an historischer und erhaltensfähiger Bausubstanz gegenüber, der in den meisten Fällen auch den Charakter, das Erscheinungsbild und den Wert der Gebäude beeinträchtigt.

Dass bisher noch zu wenig von diesen Möglichkeiten der energetischen Ertüchtigung Gebrauch gemacht wird, liegt auch daran, dass es Planern, Handwerkern und Akteuren der Denkmalpflege schwerfällt, schnell und zuverlässig festzustellen, welcher energetische Standard sich im konkreten Fall mit den einzelnen Maßnahmen erreichen lässt.

Ziel des Forschungsprojekts war es, ein einfach zu bedienendes Planungswerkzeug zu entwickeln, mit dem diese Fragen frühzeitig im Planungs- und Beratungsprozess beantwortet werden können.

Wärmetransportvorgänge am Fenster



### Energiebilanz als Grundlage

Um unterschiedliche Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen im Hinblick auf ihre energetische Wirksamkeit zu vergleichen, müssen alle im und am Fenster auftretenden Wärmetransportvorgänge, also die Energieströme, bilanziert werden. Die Anschluss- und Funktionsfugen wurden hierbei als Wärmebrücken-zuschlag einbezogen.

### Wärmeverluste durch Fugen

Im Rahmen des Projekts wurden deshalb in den Beispielgebäuden Dichtheitsmessungen an den unterschiedlichen Fenstertypen – jeweils vor und, wo es möglich war, nach der Sanierung – sowie an weiteren Referenzfenstern vorgenommen. Teilweise wurden im Bestand bereits vorhandene, eingesetzte Dichtungen für Vergleichsmessungen entnommen, um deren Wirksamkeit zu überprüfen.

Entscheidend für die Luftdichtheit ist die Maßhaltigkeit der Rahmen- und Flügelhölzer. Verzogene Rahmen- und Flügelhölzer erreichen auch mit zusätzlichen Dichtungen keine hohe Luftdichtheit, diese müssen gerichtet und Beschläge neu eingestellt und justiert werden, damit die Fenster wieder sauber schließen. Wichtig ist, dass die verwendeten Dichtungen auf die vorhandene Falzgeometrie abgestimmt sind und nicht gequetscht werden, sondern nur mit leichtem Anpressdruck anliegen. Metallrahmen weisen hier wegen ihrer hohen Formstabilität Vorteile auf.

Alle im Projekt nach der Sanierung überprüften Holzfenster mit Dichtungen erreichten mind. die Dichtheitsklasse 2 und erfüllen damit den für neue Fenster geforderten Standard. Das Kastenfenster erreichte bereits ohne Dichtungen sogar die Dichtheitsklasse 1.

### Wärmebrückenbetrachtungen

Ein Schwerpunkt lag in der Ermittlung der entsprechenden Kennwerte durch Wärmebrückenberechnungen für bestandstypische Situationen und Sanierungsvarianten mit Innen-, Außen- und Laibungsdämmung, Einsatz von



Vakuumisolierverglasung mit verlötetem Glasrandverbund und Ventil zur Evakuierung (ein europäischer Hersteller liefert Vakuumisolierverglasungen ohne das störende Evakuierungsventil), Quelle: Hochschule für Technik Stuttgart, 2019, S. 24

Miniwärmeschutzverglasung, Vakuumisolierverglasung und Vakuumscheibe in einer Isolierverglasung von Fenstern aus dem 17. Jahrhundert mit einer Flügelansichtsbreite 36 mm und moderne Fenster mit einer Flügelansichtsbreite 78 mm.

Vakuumisolierverglasung ist durch die geringe Gesamtdicke und den niedrigen Ug-Werten interessant. Es ist allerdings zu beachten, dass der verlötete Glasrandverbund eine deutliche Wärmebrücke darstellt. Beim Einsatz in neuen Fensterprofilen wird deshalb versucht, dem durch einen tiefen Glaseinstand und eine kräftige Überdämmung zu begegnen.

### Ergebnis

Es zeigte sich, dass der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi_g$  des Glaseinstands für alle Varianten bei ca.  $0,07 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  liegt – und damit ungefähr zwei bis dreimal so hoch ist wie bei den derzeit häufig bei einem Glasaustausch verwendeten 10 bis 15 mm starken Miniwärmeschutzverglasungen mit Edelgasfüllung und thermisch verbessertem und in der Breite reduziertem Glasrandverbund. In der Konsequenz bedeutet dies, dass bei sehr kleinen Scheibenformaten der Vorteil der Vakuumisolierverglasung durch ihren potenziell niedrigeren Ug-Wert aufgrund der höheren Verluste über den Scheibenrand wieder aufgezehrt werden kann.

### Zusammenführung

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden in einem computerbasierten Planungstool zusammengeführt. Bei Eingabe der wesentlichen geometrischen und konstruktiven Eigenschaften eines Bestandsfensters berechnet es dessen Energiebilanz und stellt diese unterschiedlichen Sanierungsszenarien gegenüber. Derzeit wird das Tool im Prototypenstadium von verschiedenen Planungsbüros einem Praxistest unterzogen.

## Projekt 3 Schadensfreie energetische Fenstersanierung im Altbau: Kastenfenster

### Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Holzkirchen

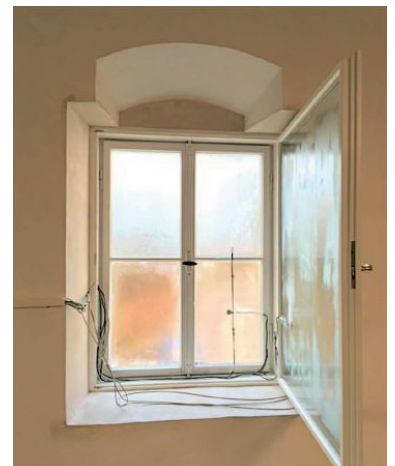
Ein Schwerpunkt der Forschungsarbeit am Fraunhofer-Zentrum Benediktbeuern liegt in der energetischen ressourcenschonenden Verbesserung von Fenstern in Bestandsgebäuden. Die Erhaltung der gesamten Fensterkonstruktion insbesondere Kastenfenster ist daher ein primäres Ziel. Durch neue Methoden können Bestandsfenster auf den energetischen Standard heutiger neuer Fenster gebracht und zugleich denkmalgerecht verbessert werden, dies steht nicht im Widerspruch.

Mit messtechnischen Berechnungen wurde das komplexe System Kastenfenster wissenschaftlich untersucht, vor allem die Luftaustauschverhältnisse. Sie werden anhand des Feuchtegehalts der Luft im Kastenfensterzwischenraum sowie des Feuchtegehalts der

Umgebungsluft raum- und außenseitig berechnet. Für das feuchtetechnische Verhalten von Kastenfenstern relevant sind Temperatur, relative Luftfeuchte und Taupunkt.



Alte Schäflerei, Kloster Benediktbeuern, OG, Nordseite, Fenster 1.26: Außen- und Innenansicht des Bestandsfensters im Vorzustand, Stockaußenmaß  $1,14 \text{ m} \times 1,40 \text{ m}$  ( $1,60 \text{ m}^2$ ), Quelle: Bichlmair et al., 2019b, S. 35



Alte Schäflerei, Kloster Benediktbeuern, OG, Nordseite, Fenster 1.27: Innenansicht des Fensters mit Erweiterung zum Kastenfenster, links mit geschlossenem Fenster, rechts mit geöffnetem Fenster, Quelle: Bichlmair et al., 2019b, S. 35

### Ergebnisse

In vollem Umfang wurde die allgemein bekannte Konstruktionsregel „Fugen innen dicht und außen offen“ für Kastenfenster bestätigt.

Ein zu einem Kastenfenster erweitertes historisches Fenster ist daher die effektivste Methode einer größeren Energieeinsparung. Mit der gewünschten Optimierung des Ug-Wertes der inneren Fensterebene erhöht sich die Anforderung an die Dichtheit, um kritische Feuchteverhältnisse im Kastenfensterzwischenraum zu vermeiden.

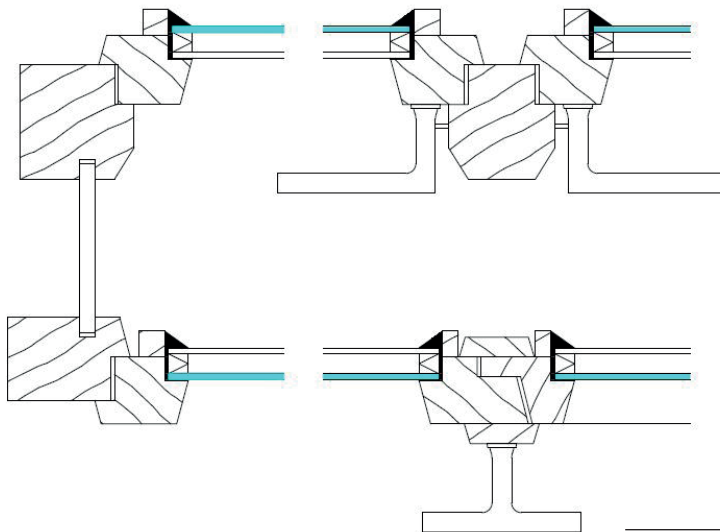
Je besser der Ug-Wert der inneren Verglasung ist, desto stärker ist der Kondensatausfall an der äußeren kalten Scheibe. Eine Verringerung des Kondensatausfalls ist mit einem in den Fugen leicht undichteren

Außenfenster und einer Verbesserung des Ug-Wertes – auch der äußeren Glasebene – von z. B. 5,1 auf 1,3  $W/(m^2 \cdot K)$  zu erreichen. Dies führt zu einer erheblich erhöhten Luftraumtemperatur im Kastenfensterzwischenraum. Je höher dort die Luftraumtemperatur ist, desto höher ist die Speichermöglichkeit für die absolute Luftfeuchte, was zu einer entsprechenden Reduzierung des Kondensatausfalls an der äußeren Scheibe führt.

Im Glasbereich hat die Holzmanufaktur Rottweil hierfür bereits vor einigen Jahren mit den Produkten REVETRO® und RETHERMO® Grundlagen geschaffen, nun werden Musterfenstern in einem noch offenen Folgeprojekt untersucht. Dazu werden die beide Bestandsgläser des Kastenfensters zu neuen

der Beachtung behördlicher Vorschriften die Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit, der Wirtschaftlichkeit und der Sicherheit sowie die Berücksichtigung nutzungsspezifischer, architektonischer und denkmalpflegerischer Anforderungen. Daraus sollte ein technologisch einfaches, gestalterisch hochwertiges und ökologisch nachhaltiges Sanierungskonzept erwachsen. Angesichts der Klimaschutzdiskussion und der Forderungen zur Einhaltung von Energiestandards bei Baudenkmälern muss die erwiesene Langlebigkeit denkmalgeschützter Fenster immer wieder in die Waagschale geworfen werden. Die damit verbundene Nachhaltigkeit darf nicht gegen graduell bessere Dämmwerte ausgespielt werden: Beide Aspekte sind zukunftsfähig, beide dienen dem Schutz unseres Klimas. Ein Ergebnis unserer Arbeit der zurückliegenden 32 Jahre ist, dass wir für alle Bestandsfenster – und auch für die denkmalgeschützten Fenster – Konzepte und Maßnahmen gefunden haben, die begeistern und die die gewünschten Funktionswerte erfüllen.

Querschnitt:  
Kastenfenster  
mit Wiederver-  
wendung der  
Originalverglä-  
sung (System  
REVETRO®),  
Quelle: Holzma-  
nufaktur Rottweil  
GmbH



**HERMANN KLOS**  
**MARKUS BINDER**  
Holzmanufaktur Rottweil  
[www.holzmanufaktur-rottweil.de](http://www.holzmanufaktur-rottweil.de)

ANZEIGE

Isoliergläser weiterverarbeitet.

### Zum Umgang mit historischen Fenstern im Bestand und im Baudenkmal

Ergebnis der hier vorgestellten (abgeschlossenen) Forschungsprojekte ist die wissenschaftliche Verifizierung dessen, was wir empirisch wussten oder annahmen. Eine Erhaltung und eine Ertüchtigung vorhandener Fenster – ob im gewöhnlichen Altbau oder im Baudenkmal – ist für jede Situation eine bedenkenswerte, ernstzunehmende und meist sinnvolle Alternative, zumal die Erwartungen an eine Fenstererneuerung oft enttäuscht werden, da die verwendeten neuen Materialien und Produkte oft weder qualitativ noch konstruktiv an solide gefertigte Bestandsfenster heranreichen. Darüber hinaus werden die hohen Erwartungen durch einen Fensteraustausch vielfach ebenfalls nicht erfüllt, da der Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster nur für einen geringen Teil des Energiehaushalts eines Gebäudes verantwortlich ist. Bei einem nur kleinen Flächenanteil der Fenster an der Wärme übertragenden Umfassungsfläche können die Transmissionswärmeverluste durch eine Sanierung mittels Glasersatz meist nur wenig, teils sogar nur um weniger als 10 Prozent bezogen auf die Gesamttransmissionswärmeverluste, verringert werden. Grundlagen jeglicher Baumaßnahme an Fenstern sind neben

Familientradition seit 1925

**Malereibetrieb Ach** GmbH

Meisterbetrieb der  
Maler- und Lackiererinnung Berlin

**Klassische Malerarbeiten**  
**Restauration · Denkmalpflege**  
**Naturbaustoffe**

Czarnikauer Straße 11 · 10439 Berlin  
Büro: Nantestraße 32 · 13127 Berlin  
Tel. 030 / 475 27 43

[www.malereibetrieb-ach.de](http://www.malereibetrieb-ach.de)