Mitteilungen der Gesellschaft für Landeskunde und Denkmalpflege Oberösterreich (gegründet 1833)

Wissen Sie mehr zu diesem Bild?

48. Jahrgang - Heft 1, April 2018

In der letzten Ausgabe unseres Mitteilungsheftes konnten Sie von der Verleihung der OÖ. Denkmalpreise 2017 lesen. Einer der Anerkennungspreise ging dabei an den Ausbildungszweig Restaurierungstechnik der HTBLA Hallstatt für das innovative Bauforschungsprojekt „Der Wärmedurchgang bei Doppelfenstern – Konzept zur In-situ-Bewertung historischer Konstruktionen". Nun präsentieren Ihnen Günther Kain, Friedrich Idam und Florian Gschwandtner in vorliegendem Beitrag Ergebnisse aus ihrem preisgekrönten Forschungsprojekt.

Günther Kain, Friedrich Idam, Florian Gschwandtner

Energieeffizienz von Doppelfenstern – Messtechnische Bewertung historischer Konstruktionen

Die Bedeutung historischer Fensterkonstruktionen für die Authentizität historischer Gebäudehüllen ist essentiell. Bei denkmalgeschützten Objekten wird auf die passende Ausführung der Fenster großer Wert gelegt. Bei Bauten, die keinem Schutz unterliegen, sind hingegen formal und konstruktiv unpassende Fenster, die das Erscheinungsbild der ganzen Fassade zerstören, zum Regelfall geworden.

Es soll hier der Frage nachgegangen werden, was zu den hohen Verlusten von historischen Fenstern geführt hat und wie es gelingen könnte, die Bereitschaft zur Erhaltung beziehungsweise den Einbau traditioneller Fenster wieder zu bestärken.

Die beiden Haupthypothesen, welche seit den 1970er Jahren gegen historische Fenster ins Treffen geführt werden, sind die mangelnde Haltbarkeit der Oberflächenbeschichtung sowie die beträchtlichen Wärmeverluste im Vergleich zu modernen Fenstern. Die Probleme mit den Oberflächenbeschichtungen traten erst durch den Einsatz von Kunstharzlacken auf, die auch ohne spezielles handwerkliches Können einfach und schnell zu verarbeiten sind, aber die Diffusionsprozesse zwischen dem Holz und der Umgebungsluft verhindern und die Quell- und Schwundbewegungen des Holzes nicht mitmachen. Das führt in weiterer Folge zu Rissen im Lack, Abblättern der Farbschicht und Fäulnisprozessen in der Fensterkonstruktion. Der Einsatz des bereits über Jahrhunderte bewährten Leinöl-Anstrichs hingegen ergibt elastische Oberflächen die Wasserdampfdiffusion zulassen. Das Bundesdenkmalamt bietet im Informations- und Weiterbildungszentrum Baudenkmalpflege in der Kartause Mauerbach laufend Kurse zur Verarbeitung von Leinölfarben an, die auf großes Interesse stoßen. Es erscheint durchaus realistisch, dass diese nachhaltige und effiziente Technik wieder breitflächig implementiert werden kann.

Die Hypothese der hohen Wärmeverluste kann erst dann ernsthaft diskutiert werden, wenn entsprechende Messergebnisse vorliegen. Sucht man jedoch nach solchen Werten findet man in der Literatur keine Messergebnisse die am realen Bestand gewonnen worden sind, sondern einfach in der Norm festgelegte Werte [1]. Diese sogenannten Default-Werte machen dann allerdings das Drei- bis Vierfache der Laborwerte der industriell gefertigten Thermofenster aus. Um das Thema der Wärmeverluste bei historischen Fenstern seriös diskutieren zu können, wurde nun an der Höheren Technischen Bundeslehranstalt (HTBLA) in Hallstatt die Entwicklung eines Messverfahrens in Angriff genommen, das an Ort und Stelle am realen

Objekt einsetzbar ist. Die erste Messreihe legt den Schluss nahe, dass der reale Wärmedurchgang bei Kastenfenstern deutlich niedriger liegt, als es die in der Norm festgelegten Default-Werte vorgeben.

Kastenfenster

Von der Mitte des 18 Jahrhunderts bis zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden in erster Linie Doppelfenster in der Konstruktionsform von sogenannten Kastenfenstern eingebaut. Beim Kastenfenster, einer Entwicklung des 19. Jahrhunderts, sind Innen- und Außenflügel gemeinsam mit dem Fensterstock zu einer konstruktiven Einheit zusammengefasst [2]. Für den Temperaturverlauf durch ein Kastenfenster ist das physikalische Verhalten des Luftpolsters zwischen Innen- und Außenflügeln entscheidend. Die Dicke dieses Luftpolsters liegt bei Kastenfenstern im Dezimeter-Bereich, während bei modernen Thermofenstern, die nur eine Flügelebene aufweisen, der Gaspolster zwischen den Scheiben des Isolierglases im Zentimeterbereich liegt.

Fenstertausch

Der Bestand an historischen, handwerklich aus Holz gefertigten Fenstern wird in Österreich laufend ausgebrochen und durch industriell gefertigte Thermofenster ersetzt. Durch diese mit öffentlichen Mitteln geförderte Maßnahme wird – so die gängige Meinung – Energie gespart. Zur Bestimmung des Wärmedurchgangs bei historischen Fensterkonstruktionen werden nicht reale Messergebnisse, sondern einfach normativ festgelegte Werte herangezogen, was die Bestandfenster in bauphysikalischer Hinsicht unter Umständen unterbewertet.

So kann ein fachgerecht restauriertes Doppelfenster in einer ganzheitlichen Betrachtung dem modernen Industriefenster in energetischer Sicht tatsächlich überlegen sein. Integrativ betrachtet ist damit unter Umständen der Erhalt des historischen Bestandes – auch vom Energieverbrauch her gesehen – die beste Lösung. Nebenbei erzeugt der Fenstertausch, da sich dabei das bauphysikalische Verhalten des Gesamtsystems verändert, oftmals bauphysikalische Probleme wie Schimmelbildung an Laibungen und in Eckbereichen. In Schweden und Norddeutschland, wo sich dieser Gedankengang schon in der Praxis durchgesetzt hat, werden von mobilen „Fensterhandwerkern" Holzfenster mit historischen Handwerkstechniken an Ort und Stelle repariert. Dadurch wird einerseits der Bestand historischer Fenster energieeffizient erhalten und andererseits das regionale Handwerk gefördert [3].

Bild 1. Betrachtete Doppelfensterkonstruktion am Benefizium Hallstatt.

Restauriertechnik-Ausbildung an der HTBLA Hallstatt

Im schulautonomen Ausbildungszweig Restauriertechnik der HTBLA Hallstatt wird schwerpunktmäßig die Restaurierung und energetische Optimierung historischer Tür- und Fensterkonstruktionen thematisiert. Im Rahmen des Lehrplans wird den Schülerinnen und Schülern die Bestandsaufnahme und Befundung historischer Holzobjekte und Holzkonstruktionen an Ort und Stelle sowie im Labor vermittelt. Im Werkstättenunterricht werden die handwerklichen Fertigkeiten in überlieferten Techniken, verknüpft mit dem Einsatz moderner Technologien, vermittelt. Der Lehrplan wurde mit der Architekturabteilung des Bundesdenkmalamtes akkordiert.

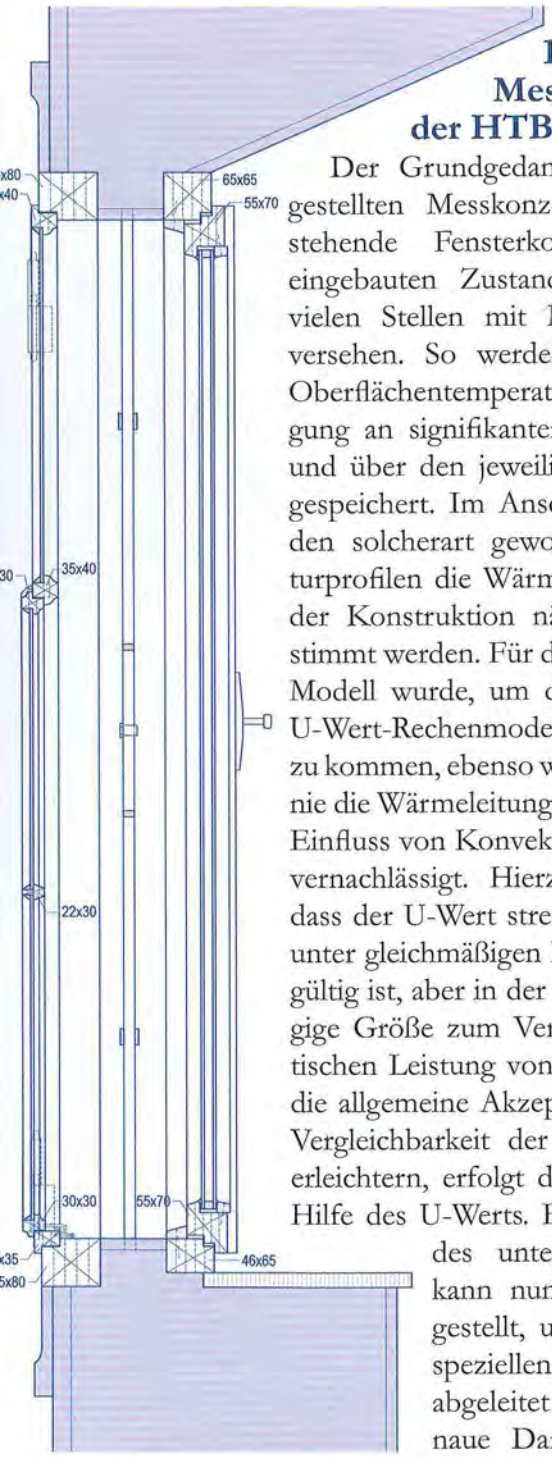

Bild 2. Schnittdarstellung der betrachteten Doppelfenster-Konstruktion [6]

Das Fenster-Messkonzept der HTBLA Hallstatt

Der Grundgedanke des hier vorgestellten Messkonzeptes ist es, bestehende Fensterkonstruktionen im eingebauten Zustand an ausreichend vielen Stellen mit Mess-Sensoren zu versehen. So werden Lufttemperatur, Oberflächentemperatur und Luftbewegung an signifikanten Stellen ermittelt und über den jeweiligen Messzeitraum gespeichert. Im Anschluss können aus den solcherart gewonnenen Temperaturprofilen die Wärmedurchgangswerte der Konstruktion näherungsweise bestimmt werden. Für das hier vorgestellte Modell wurde, um dem maßgeblichen U-Wert-Rechenmodell möglichst nahe zu kommen, ebenso wie dort in erster Linie die Wärmeleitung betrachtet und der Einfluss von Konvektion und Strahlung vernachlässigt. Hierzu sei angemerkt, dass der U-Wert streng genommen nur unter gleichmäßigen Laborbedingungen gültig ist, aber in der Baupraxis die gängige Größe zum Vergleich der energetischen Leistung von Bauteilen ist. Um die allgemeine Akzeptanz und einfache Vergleichbarkeit der Messmethode zu erleichtern, erfolgt die Darstellung mit Hilfe des U-Werts. Ebendieser U-Wert des untersuchten Fensters kann nun, vereinfacht dargestellt, unter Einsatz einer speziellen Software deduktiv abgeleitet werden. Die genaue Darstellung des hier grob umrissenen Rechenmodells zur in situ-Bewertung des Wärmedurchgangs bei Kastenfenstern findet sich in einem Artikel, der in der renommierten deutschen Fachzeitschrift Bauphysik erschienen ist [4].

In der Weiterentwicklung des Projekts sollen die Modellierungsansätze auch auf instationäre Situationen – so wie sie in der Realität herrschen – und um Randeinflüsse erweitert werden. Dabei werden diskrete Modellierungssätze verfolgt, wie sie bereits an inhomogenen Mehrphasensystemen erfolgreich eingesetzt wurden [5].

Ergebnisse der ersten Messreihe

Als Versuchsobjekt für die erste Messreihe wurde eine Fensterkonstruktion aus einem denkmalgeschützten Gebäude im UNESCO-Welterbegebiet Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut ausgewählt. Das sogenannte Benefiziatenhaus wurde im Spätbarock errichtet, wobei die Außenflügel der untersuchten Fensterkonstruktion im frühen 20. Jahrhundert erneuert worden sein dürften. Die Innenflügel stammen aus dem späten 20. Jahrhundert. Für diese Annahmen sprechen die Details der Tischlerkonstruktion, der Erhaltungszustand der Holzteile, die unterschiedlichen Gläser sowie die jeweils zeitlich dazu passende Beschlagstechnologie.

Diese Doppelfensterkonstruktion (Bild 1 und Bild 2) wurde über die Monate Oktober und November hinweg messtechnisch überwacht. Dabei wurden Lufttemperaturen, Oberflächentemperaturen an beiden Seiten beider Fensterflügel sowie das Klima im Scheibenzwischenraum aufgezeichnet (Bild 3). Aus den so gewonnen Messwerten konnte nun der tatsächliche U-Wert der Konstruktion, wie oben dargestellt, deduktiv rückgerechnet werden. Erste Auswertungen zeigen, dass der U-Wert der betrachteten Konstruktion bei ca. 1,1 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ liegt und damit deutlich geringer ausfällt als der normativ vorgegebene Defaultwert von 2,50 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ (siehe [6], dort Punkt 4.3.1 Default-Werte für Fenster von Gebäuden, die vor 1900 errichtet wurden). Entscheidend ist hier vor allem der Wärmedurchlasswiderstand des Luft-

polsters zwischen Innen- und Außenflügel, der deutlich bessere Werte aufweist, als in standardisierten Tabellenwerken angegeben wird. Ein Grund dafür ist, dass die allgemein angenommene Konvektion im messtechnisch überprüften Fenster sehr gering ausgeprägt war. Die Luftgeschwindigkeit im Scheibenzwischenraum überschritt nie den Wert von 0,1 m/s. Die bisherigen Ergebnisse zeigen in Übereinstimmung mit Huber, Korjenic und Bednar [7], dass Erhaltungsmaßnahmen an historischen Fensterkonstruktionen durchaus ökonomisch und energetisch zu rechtfertigen sind. So zeigte sich beispielsweise, dass der erforderliche Energieaufwand für die Restauration der hier betrachteten Kastenfensterkonstruktion und einer anschließenden 15-jährigen Nutzungsphase geringer ist, als jener, der bei einem Fenstertausch mit einem Kunststofffenster anfallen würde [8].

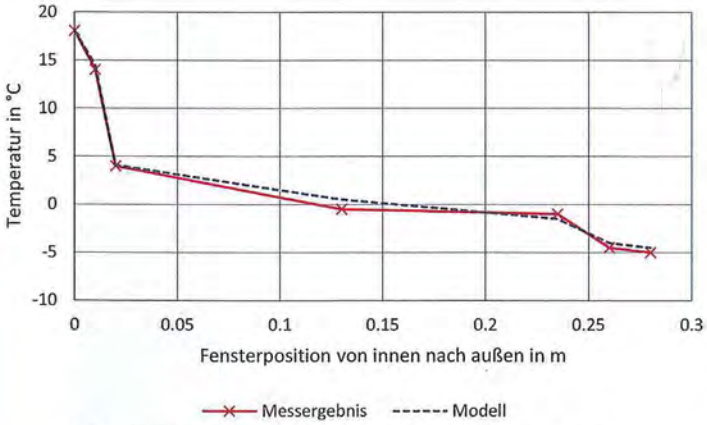

Bild 3. Temperaturprofil über die Tiefe der Kastenfensterkonstruktion mit überlagertem Modell [6]

Ausblick

Bei ganzheitlicher Betrachtung des Energieverbrauchs über den gesamten Lebenszyklus eines historischen Fensters kann die Reparatur sehr wohl die energieeffizienteste Maßnahme darstellen. Das hier vorgestellte messtechnische Verfahren kann zur vorausblickenden Bewertung verschiedener Handlungsoptionen herangezogen werden. Darüber hinaus kann auch im Nachhinein im jeweiligen Einzelfall der messtechnische Nachweis erbracht werden, welche Verbesserung des U-Werts durch die Reparatur eines Fensters erzielt worden ist. In weiterer Folge kann auf dieser Basis sowohl eine Gesamtökobilanz einer Fensterreparatur als auch die eines Fenstertausches aufgestellt werden, durch welche die Gesamtenergieeffizienz der verschiedenen Handlungsoptionen bewertet werden kann.

Sowohl die positive Wirkung auf das Raumklima aber auch die ästhetischen Qualitäten der traditionellen Kastenfenster sind den geneigten Leserinnen und Lesern wohl schon seit geraumer Zeit bekannt. Diesem guten Gefühl wurde sehr oft das harte Argument des unnötig hohen Energieverbrauchs historischer Fenster entgegengehalten. Unser Ziel war es naturwissenschaftlich abgesicherte Gegenargumente zu entwickeln, die geeignet sind den Fortbestand unserer traditionellen Fensterkultur zu unterstützen.

Literatur

[1] OIB Leitfaden OIB-300.6-039/07 Punkt 4.3.1 Default-Werte.

[2] Maldoner, B.: Die Fensterkonstruktion im Spannungsfeld von Tradition und Neuerung. Dissertation Universität Innsbruck: 1993.

[3] www.das-fensterhandwerk.de (04. 01. 2018)

[4] Kain G., Gschwandtner F. und Idam F. „Der Wärmedurchgang bei Doppelfenstern -Konzept zur in -situ-Bewertung historischer Konstruktionen", in: Bauphysik, 39. Jg., Heft 2, Weinheim (2017), S. 144 -147.

[5] Kain G., Charwat-Pessler J., Barbu M.C., Plank B., Richter K., Petutschnigg A.: Analyzing wood bark insulation board structure using X-ray computed tomography and modelling its thermal conductivity by means of finite difference method. Journal of Composite Materials 50/6 (2016), S. 795–806.

[6] OIB: Leitfaden des Österreichischen Instituts für Bautechnik „Energietechnisches Verhalten von Gebäuden" (Version 2.6, April 2007 - OIB-300.6-039/07).

[7] Huber A., Korjenic A., Bednar T.: Kastenfenster-Optimierung im historischen Bestand. Bauphysik 35/2 (2013), S. 107–118.

[8] Gschwandtner F., Fink A., Wimmer J.: Messtechnische Charakterisierung historischer Kastenfenster und daraus abgeleitete bauphysikalische Simulation. Diplomarbeit HTBLA Hallstatt: 2015.

DI(FH) DI Dr. Günther Kain, guenther.kain@aon.at | HTBLA Hallstatt, Abteilung für Restauriertechnik, Lahnstraße 69, 4830 Hallstatt | Fachhochschule Salzburg, Abteilung für Holztechnologie und Holzbau, Markt 136a, 5431 Kuchl

DI Dr. Friedrich Idam, idam@gmx.at | HTBLA Hallstatt, Abteilung für Restauriertechnik, Lahnstraße 69, 4830 Hallstatt

Florian Gschwandtner, gschwandtner.florian@gmail.com | Bad Goisern, Untersee 150, 4822 Bad Goisern
Student der Luft- und Raumfahrttechnik, Universität Stuttgart