

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

Institutsleitung

Prof. Dr. Philip Leistner
Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

IBP-Kurzbericht HTB-029/2019 zu IBP-Bericht
HTB-023/2019

Schadensfreie energetische Fenstersanierung im Altbau und denkmalgeschützten Gebäuden

Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung
(BBSR) Forschungsinitiative Zukunft Bau
(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.42)

Der Bericht umfasst
7 Seiten Text
5 Bilder

Projektleiter: M. Eng. Stefan Bichlmair
Prof. Dr. Martin Krus
Dipl. Ing. (FH) Christine Milch
B. Eng. Dennis Stiegler

Holzkirchen, 7. Oktober 2019

Inhalt

1	Ausgangslage	3
2	Gegenstand des Forschungsvorhabens	3
3	Fazit	4
4	Eckdaten	5
5	Bilder	5

1 Ausgangslage

Historische und erhaltenswerte Fenster sind für ein Stadtbild mitprägend und gestalten das Umfeld eines Stadtteils mit. Dabei sind die Wünsche der Hausnutzer (Mieter, Eigentümer) nach Komfort und Energieeinsparung sowie die politischen Ziele der Bundesregierung zur Energieeinsparung (z. B. Energie Einsparverordnung EnEV) wichtige Rahmenbedingungen. Die Erhaltung und Sanierung bestehender Fenster hängt vor allem von der Dauerhaftigkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit der Sanierungsmaßnahme und dem erreichten energetischen Standard ab. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die energetische Sanierung von erhaltenswerten Bestandsfenstern sicherer zu machen und damit historische Fenster zu erhalten, Schäden zu vermeiden, energetische Sanierungen voranzutreiben und den Marktanteil der spezialisierten Fensterbaubetriebe zu erhöhen. Dies wird durch die gezielte Erforschung der wesentlichen Parameter U-Werte von Scheibenkombinationen, Luftaustauschverhältnisse und sich daraus im Jahresgang ergebende hygrothermische Verhältnisse im Gebrauchszustand erreicht.

2 Gegenstand des Forschungsvorhabens

Für die Auswahl der Sanierungsvariante wurden bereits studentische Vorarbeiten am IBP durchgeführt. Anhand dieser Vorarbeiten und intensiver Auswertung der vorhandenen Literatur mit ergänzender Literaturrecherche, wurden im Arbeitspaket 1 (Sanierungsvarianten – Auswahl des Systems) geeignete Varianten zur energetischen Ertüchtigung eines Bestandsfensters vorausgewählt. Es erfolgten intensive Abstimmungsgespräche bzw. Arbeitssitzungen mit den beteiligten Fensterherstellern zur Abstimmung untereinander und Auswahl eines geeigneten Systems.

Am Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege in der Alten Schäferei am Kloster Benediktbeuern erfolgte im Arbeitspaket 2 (Einbau und Messung) der Einbau der ausgewählten und an die Untersuchungsziele angepasste Fensterlösung. Es wurden drei Bestandsfenster zu einem Kastenfenster erweitert. Damit sind vergleichende Untersuchungen bei unterschiedlichen Dichtheitskonzepten möglich. Es wurden die zur Beurteilung der Energieeffizienz, Schadensfreiheit und hygienischen Bedingungen notwendigen Sensoren an den Wand- bzw. Fensteroberflächen und im Kasteninnenraum installiert. Das Außenklima wurde mit Lufttemperatur, relative Feuchte, und Globalstrahlung erfasst. Die Ergebnisse aller Sensoren wurden an ein Datenerfassungssystem angeschlossen und dauerhaft in der IMEDAS®-Datenbank gespeichert. Die Messungen konnten damit online überwacht und zur Bearbeitung heruntergeladen werden. Die energetische Wirkung der Fensterlösung wurde mit einer hochauflösenden IR-Thermographie bei geeigneter Witterung dokumentiert.

Anhand des eingebauten Fensters F 1.26 wurde ein 3D Korpus-Modell in WUFI® Plus im Arbeitspaket 3 (rechnerische Untersuchungen) erstellt. Hierfür mussten die realen Gegebenheiten in der Software vereinfacht abgebildet

werden. Durch geeignete Modellierung konnten die wesentlichen Mechanismen des Luftaustausches im Kastenzwischenraum (Kavität) berücksichtigt werden.

Die erfassten Messdaten wurden aufbereitet und grafisch dargestellt. Es erfolgten Analysen zu Tauwasserausfallszeiten an den Messstellen. Die Messdaten wurden für die rechnerische Untersuchung als Randbedingung für das in Arbeitspaket 3 erstellte Fenstermodell verwendet. Es erfolgte ein Abgleich der Messwerte mit dem Rechenergebnis im Arbeitspaket 4 (Evaluierung Messung und Rechnung). Mit dem so validierten Rechenmodell konnten über die Variation der Randbedingung die Auswirkungen auf das hygrothermische Verhalten im Kastenzwischenraum untersucht werden. In Variantenuntersuchungen wurden die Mischluftwechsel aus infiltrierter Raum- und Außenluft im Kastenfenster-Zwischenraum rechnerisch ermittelt. Aus diesen Berechnungen konnten Parameter für die innere und äußere Dichtheitsebene abgeleitet werden. Zusätzlich werden die Auswirkungen ausgewählter Klimaregionen (Standort Benediktbeuern; Hamburg) auf die kritischen Situationen untersucht.

Die Ergebnisse werden am Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege in Benediktbeuern, wie auch bei Konferenzen oder Tagungen, präsentiert (AP 6). Zusätzlich sind Veröffentlichungen zum Thema in den einschlägigen Medien der Branche geplant (z. B. Fachzeitschrift Bausubstanz, IRB Verlag).

3 Fazit

Von entscheidender Bedeutung für die Feuchteverhältnisse im Kastenzwischenraum (Kavität) sind, neben dem Raum- und Außenklima, die Luftdichtheit der beiden Fensterebenen. Aus dem Vergleich der drei detailliert messtechnisch erfassten Kastenfenster ergeben sich je nach Dichtheit unterschiedliche Mischungsverhältnisse. Dabei kann anhand der Bestimmung der ausgetauschten Luftmenge mit Tracergasmessung das berechnete Mischungsverhältnis aus der Feuchtemessung bestätigt werden.

Die durchgeführte detaillierte Berechnung der Wärmebrücken und daraus resultierenden U-Werte der Gesamtkonstruktion, sowie der linearen Wärmebrückenverlustkoeffizienten, ergeben eine verlässliche Einschätzung des tatsächlichen thermischen Verhaltens der Fenster.

Für die Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsvarianten zu einem Kastenfenster werden hygrothermische Berechnungen mit WUFI® Plus durchgeführt. Anhand der Messwerte wird ein Kastenfenstermodell erstellt, indem das lokale Klima im Kastenfenster (Kavität) in Abhängigkeit der Strömungsverhältnisse und des Raum- und Außenklimas berechnet wird. Die generelle Wirkung veränderter Dichtheit auf die Feuchteverhältnisse in der Kavität kann damit bestätigt werden. Die rechnerischen Untersuchungen der Auswirkungen der U-Werte der Fensterebenen auf die Feuchteverhältnisse in der Kavität ergeben neue Erkenntnisse.

4 Eckdaten

Kurztitel: Fenster im Denkmal und Altbau

Projektleitung: M.Eng. Stefan Bichlmair (Projektleiter)

Gesamtkosten: 202.207,00 €

Anteil Bundeszuschuss: 138.207,00 €

Projektlaufzeit: 24 Monate

5 Bilder



Bild 1:

(Bild1_Ansicht_Bestand.jpg)

Alte Schäfllerei OG Fenster 1.26 auf der Nordseite: Außen- und Innenansicht, Bestandsfenster im Vorzustand. Stockaußenmaß 1,14 m x 1,40 m (1,60 m²).



Bild 2:
 (Bild2_Ansicht_innen_Kastenfenster.jpg)
 Alte Schöfflerei OG Fenster 1.27: Innenansicht mit Erweiterung zum Kastenfenster. Links mit geschlossenem Fenster, rechts mit geöffnetem Fenster.

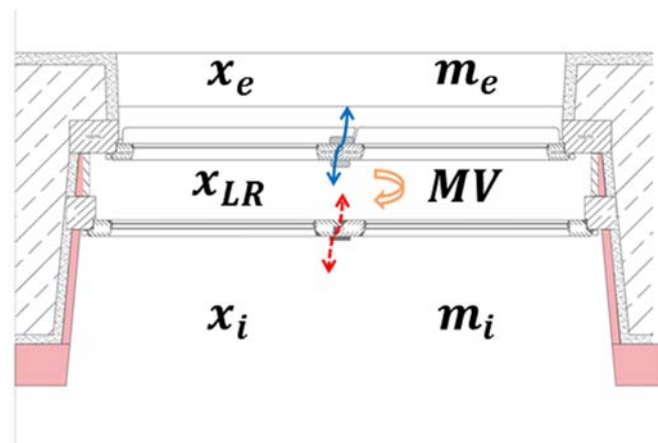


Bild 3:
 (Bild3_Mischungsverhältnis_Schema.jpg)
 Grafische Darstellung des Kastenfenster im horizontalen Schnitt mit Bezeichnung und Zuordnung der physikalischen Größen zur Bestimmung des Mischungsverhältnisses der Luftfeuchten bzw. Luftmassen.

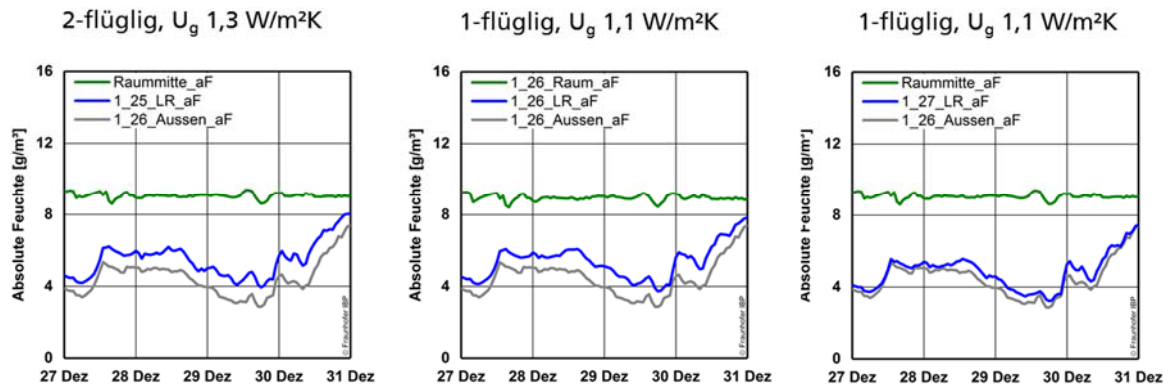
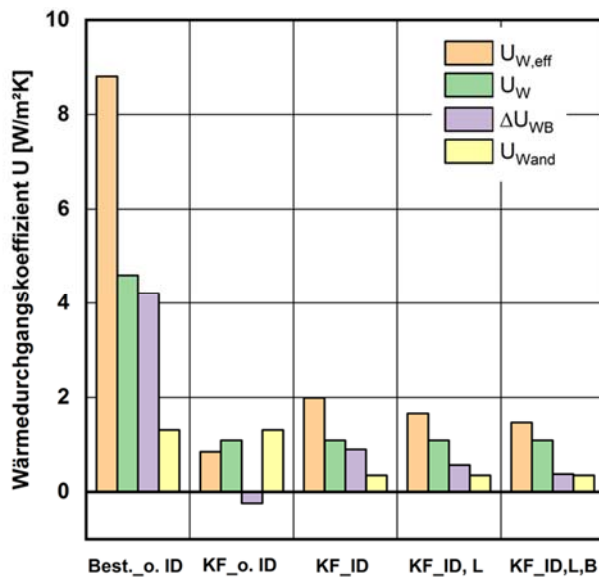


Bild 4:
 (Bild4_Absolute_Feuchte_Kavität_Vergleich.jpg)
 Messung der absoluten Feuchte im Kastenzwischenraum (LR_aF) an den Fenstern 1.25, 1.26 und 1.27 auf der Nordseite im Obergeschoss. In dem jeweiligen Diagramm ist die absolute Feuchte der Raumluft und der Außenluft mit eingetragen.



Fenster F 1.26		Bezeichnung im Diagramm
Mit Innendämmung und:	ohne seittl. Laibungsdämmung Dämmung am Sturz ohne Brüstungsdämmung	KF_ID
	Dämmung in Laibung Dämmung am Sturz ohne Brüstungsdämmung	KF_ID,L
	Dämmung in Laibung Dämmung am Sturz Dämmung Fensterbrüstung	KF_ID,L,B
Kastenfenster ohne Innendämmung		KF_o.ID
Bestand ohne Innendämmung		Best_o.ID

Bild 5:
 (Bild5_U-Werte_Varianten.jpg)
 U-Werte der unterschiedlichen Sanierungsvarianten am Fenster F 1.26 und der Außenwand (Diagramm links im Bild). In der Tabelle rechts im Bild sind die Kurzbezeichnungen im Diagramm erläutert.