

Stefan Bichlmair, Martin Krus
Christine Milch, Dennis Stiegler

Schadensfreie energetische Fenstersanierung im Altbau und denkmalgeschützten Gebäuden

F 3214

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2020

ISBN 978-3-7388-0550-5

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

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-Bericht HTB-023/2019

Schadensfreie energetische Fenstersanierung im Altbau und denkmalgeschützten Gebäuden

Abschlussbericht

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

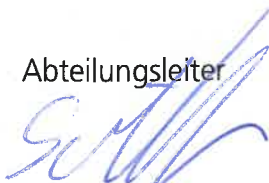
Der Bericht umfasst
106 Seiten Text
23 Tabellen
96 Bilder

**Auszugsweise Veröffentlichung nur mit
schriftlicher Genehmigung des Fraun-
hofer-Instituts für Bauphysik gestattet.**

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

Holzkirchen, 7. Oktober 2019

Abteilungsleiter



Dr. Simon Schmidt

Gruppenleiter



Prof. Dr. Martin Krus

Bearbeiter



Stefan Bichlmair M.Eng

Inhalt

1	Hintergrund und Fragestellung	5
2	Sanierungsvarianten und Einbau der Fenster (AP 1 und AP2)	6
2.1	Vorhandene Untersuchung zur Sanierung der Fenster der Alten Schäfflerei im Kloster Benediktbeuern	6
2.2	Auswahl und Anordnung der Sanierungsvarianten in der Alten Schäfflerei	8
2.3	Sanierungsvariante Kastenfenster	10
2.4	Bauteilaufbau der Außenwand Im Obergeschoss bei den Sanierungsvarianten Kastenfenster	11
2.5	Weitere Sanierungsvarianten im Erdgeschoss und Obergeschoss	12
3	Messkonzepte und verwendete Berechnungsmethoden zu den Messungen (AP2)	15
3.1	Sensorik und Datenerfassung der kontinuierlichen Messungen	15
3.2	Messaufbau Kernuntersuchungen	15
3.3	Berechnungsmethoden für die kontinuierlichen Messungen	19
3.3.1	Berechnung des Mischungsverhältnisses in der Kavität	19
3.3.2	Berechnung des Wärmedurchgangswiderstandes R_T und des bezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten U des Kastenfensters	20
3.4	Messkonzepte und Berechnungsmethoden zur Messung der Luftwechselrate	21
3.4.1	Auswertung der Tracer-Gasmessung	24
3.4.2	Bestimmung des Strömungskoeffizienten	25
3.5	Messkonzept für die weiteren Sanierungsvarianten	25
4	Eingesetzte Software	25
4.1	Software Win 7620 (Tracergasmessung)	26
4.2	Software Flixo Pro 7 (Wärmebrückenberechnung)	26
4.3	Berechnungssoftware WINDOW Berkeley Lab (Fenstereigenschaften)	26
4.4	WUFI® Plus (Hygrothermische Simulation)	27
5	Messergebnisse	28
5.1	Außen- und Raumklima	28

5.2	Messergebnisse und daraus berechnete Größen der Kernuntersuchungen	29
5.2.1	Messdaten Fenster 1.25 Nord Obergeschoss vom 22. Dezember 2017 bis 1. März 2019	29
5.2.2	Messdaten Fenster 1.26 Nord Obergeschoss vom 22. Dezember 2017 bis 1. März 2019	34
5.2.3	Messdaten Fenster 1.27 Nord Obergeschoss vom 19. Dezember 2017 bis 1. März 2019	38
5.2.4	Vergleich der Fenster 1.25, 1.26 und 1.27 im Zeitraum 27. bis 31. Dezember 2017	43
5.2.5	Mischungsverhältnis MV	45
5.2.6	Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U aus Messungen für den Zeitraum vom 15. November 2018 bis 15. Februar 2019	46
5.3	IR-Thermographie-Aufnahmen	49
5.4	Luftwechselformung mit der Tracergas-Methode	52
5.4.1	Messungen an den Kastenfenstern 1.25, 1.26 und 1.27	52
5.4.2	Luftwechselformung im gesamten Innenraum	56
6	Rechnerische Untersuchungen (AP 4 und AP 5)	58
6.1	Stationäre thermische Berechnungen am Kastenfenster	58
6.1.1	Wärmedurchgangskoeffizienten Einfachfenster – Kastenfenster	58
6.1.2	Linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient Ψ der Einbausituation	61
6.1.3	Vergleich Berechnung und Messung der Wärmeströme	70
6.2	Hygrothermische Simulation mit WUFI® Plus – Modellierung und Vergleich mit Messwerten	73
6.2.1	Simulationsmodell	73
6.2.2	Klimarandbedingungen zur dynamischen Simulation	76
6.2.3	Simulierte Varianten zur Parameterstudie und Bestimmung der Strömungswerte	77
6.2.4	Vergleich der realen und simulierten Klimawerte in der Kavität (Variante V10)	79
6.2.5	Vergleich der realen und simulierten Luftvolumenströme anhand der Grundvariante V10	82
6.3	Hygrothermische Simulation mit WUFI® Plus – Auswertung der Parameterstudie	83
6.3.1	Vergleich der Lufttemperatur innerhalb der Kavität	84
6.3.2	Vergleich der absoluten Feuchten	85
6.3.3	Vergleich der relativen Feuchte	88
6.3.4	Vergleich der mittleren Oberflächentemperaturen an der der Kavität zugewandten Seite der Außenscheibe (Grenzschicht 1)	92
6.3.5	Vergleich unterschiedlicher Außenklimazonen (Variante V 110)	93
6.4	Modellgrenzen und Probleme des Modells	96

6.5	Schlussfolgerung aus hygrothermischen Simulation	98
7	Zusammenfassung und Ausblick	100
A.1	Verwendete Materialien mit Wärmeleitfähigkeit (Flixo)	105