

F 3110

Stefan Schäfer, Robert Burgaß

Quantifizierung und Reduzierung von feuchtigkeitsbedingten Wärmeverlusten im denkmal- geschützten Gebäudebestand

F 3110

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

2019

ISBN 978-3-7388-0296-2

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/bauforschung

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt:

Quantifizierung und Reduzierung von feuchtigkeitsbedingten Wärmeverlusten im denkmalgeschützten Gebäudebestand

Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-15.50

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion
Prof. Dipl.-Ing. Architekt Stefan Schäfer
M.Eng. Robert Burgaß



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Der vorliegende Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative
Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.
Die Verantwortung für den Inhalt des Forschungsberichtes liegt bei den Autoren.

Mitwirkende des Projektes

Projektleitung

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion
Prof. Dipl.-Ing. Architekt Stefan Schäfer
Franziska-Braun-Straße 3
64287 Darmstadt
info@kgbauko.tu-darmstadt.de

Wissenschaftliche Bearbeitung

M.Eng. Robert Burgaß

Studentische Mitarbeit

M.Sc. Sandra Jessica Sorge
M.Sc. Anna-Lena Fischer
M.Sc. Mona Nazari Sam
M.Sc. Maximilian Rühl
B.Sc. Janek Zindler

Fachliche Betreuung

Dr.-Ing. Michael Brüggemann
M.Sc. Fabian Brodbeck
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau (IRB)
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart

Mittelgeber

Forschungsinitiative Zukunft Bau des
Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Deichmanns Aue 31 – 37
53179 Bonn

Burgaß Bau GmbH
Sandfeldstraße 14
17121 Loitz



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1 Eckdaten des Forschungsprojekts	5
1.2 Zielsetzung und Aufbau des Berichts	5
1.3 Danksagung der Autoren	5
2. Forschungsantrag	6
2.1 Forschungsansatz	6
2.2 Forschungsziele	12
2.3 Forschungsmethodik	12
3. Untersuchungskonzept 1 – Messen und Auswerten	14
3.1 Beschreibung - Versuchsgebäude	14
3.1.1 Anforderungen	14
3.1.2 Formfindung	15
3.1.3 Positionierung	17
3.1.4 Baukonstruktion	24
3.1.5 Luftdichtheit	35
3.2 Beschreibung - Anlagentechnik	37
3.2.1 Heizung	37
3.2.2 Entfeuchtung	41
3.2.3 Monitoring	47
3.2.4 Berechnung	55
3.3 Messung - Innenklima	61
3.3.1 Lufttemperatur	61
3.3.2 Luftfeuchtigkeit	64
3.4 Messung - Außenwände	68
3.4.1 Lufttemperatur	68
3.4.2 Luftfeuchtigkeit	72
3.4.3 Wärmestromdichte	82
3.4.4 Oberflächentemperatur	90
3.4.5 Feuchteindex	96
3.5 Messung - Außenklima	114
3.5.1 Datenanalyse	114
3.5.2 Datenkompensation	123
3.6 Messung - Stromverbrauch	125
3.6.1 Bilanzierung	125
3.6.2 Luftentfeuchtung	126
3.6.3 Temperaturkorrektur	128
3.6.4 Heizphasenverbräuche	132
3.6.5 Monatsverbräuche	136
3.7 Auswertung - feuchtebedingte Wärmeverluste	140
3.7.1 Quantifizierung	140
3.7.2 Reduzierung	141

4. Untersuchungskonzept 2 – Berechnen und Auswerten	142
4.1 Beschreibung - Materialparameter	142
4.2 Beschreibung - Laboruntersuchungen	143
4.2.1 Vorarbeiten	143
4.2.2 Grundkennwerte	148
4.2.3 Hygrothermische Funktionen	158
4.2.4 Approximationsparameter	176
4.3 Berechnung - Simulationseingaben	186
4.3.1 Simulationszeitraum	186
4.3.2 Standort und Klima	186
4.3.3 Gebäudegeometrie	187
4.3.4 Bauteilaufbau	188
4.3.5 Bauteilbezogene Randbedingungen	195
4.3.6 Raumklimatische Randbedingungen	199
4.4 Berechnung - Bauteilsimulation	201
4.4.1 Gesamtwassergehalt	201
4.4.2 Feuchtigkeitsverteilung	206
4.4.3 Temperaturverteilung	208
4.4.4 Wärmestromdichte	210
4.5 Berechnung - Gebäudesimulation	216
4.5.1 Heizwärmebedarf	216
4.5.2 Heizleistung	220
4.6 Auswertung - feuchtebedingte Wärmeverluste	222
4.6.1 Quantifizierung	222
4.6.2 Reduzierung	224
5. Vergleich und Handlungsempfehlungen	225
6. Zusammenfassung und Ausblick	239
Literaturverzeichnis	245
Quellenverzeichnis	248
Abbildungsnachweis	253
Tabellennachweis	254
Anhang	255
Anhang 1 - Extremwertanalyse	255
Anhang 2 - Windanalyse ganzjährig	259
Anhang 3 - Windanalyse Heizphasen	261
Anhang 4 - Windschattenanalyse	264
Anhang 5 - Thermografische Aufnahmen	266
Anhang 6 - Mikrowellenfeuchtemessung	274
Anhang 7 - Temperatur-Feuchte-Projektion	295
Anhang 8 - Ziegelsteckbriefe der Pilotstichprobe	301
Anhang 9 - Simulationsberechnungen	308
Anhang 10 - Ausführungsplanung	343
