

Andreas Gamper, Philipp Dietsch, Michael Merk

# **Gebäudeklima – Langzeitmessung zur Bestimmung der Auswirkungen auf Feuchtegradienten in Holzbauteilen**

F 2962

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- 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

2015

ISBN 978-3-8167-9518-6

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](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

**Schlussbericht für das Forschungsvorhaben:**

## **Gebäudeklima – Langzeitmessung zur Bestimmung der Auswirkungen auf Feuchtegradienten in Holzbauteilen**

**Forschungsstelle:**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter  
Arcisstraße 21  
80333 München

**Projektbearbeitung:**

Andreas Gamper M.Sc.  
Dr.-Ing. Philipp Dietsch  
Dipl.-Ing. Michael Merk

**unterstützt durch:**

Scantronik Mugrauer GmbH, Parkstraße 38, 85604 Zorneding.  
Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., Elfriede-Stremmel-Straße 69, 42369 Wuppertal.  
Wiehag GmbH, Linzer Straße 24, 4950 Altheim, Österreich.  
bauart Konstruktions GmbH + Co. KG, Spessartstraße 13, 36341 Lauterbach.  
Konstruktionsgruppe Bauen Kempten AG, Bahnhofplatz 1, 87435 Kempten.  
IngPunkt Ingenieurgesellschaft für das Bauwesen mbH, Heilig-Kreuz-Straße 24, 86152 Augsburg.  
BBI Bauer beratende Ingenieure GmbH, Liebigstrasse 3, 84030 Landshut.  
Dr. Linse Ingenieure GmbH, Karlstraße 46, 80333 München.  
Dr. Schütz Ingenieure, An der Stadtmauer 13, 87435 Kempten.  
Häussler Ingenieure GmbH, Mozartstraße 12, 87435 Kempten.

**gefördert von:**

Forschungsinitiative Zukunft Bau  
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung  
Deichmanns Aue 31-37  
52179 Bonn

Das Forschungsvorhaben wurde aus Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.  
(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7- 12.22 / II 3-F20-11-1-026)  
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

München. 31. August 2014

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
1.1	Anlass und Zielsetzung .....	6
1.2	Projektbeteiligte Expertengruppe .....	8
1.3	Termine Forschungsvorhaben „Gebäudeklima – Langzeitmessung“ .....	8
1.4	Termine Folgevorhaben „Gebäudeklima – Validierung“ .....	8
1.5	Danksagungen .....	8
2	Holz und das Verhalten gegenüber Feuchte.....	9
2.1	Grundlagen der Holzfeuchte.....	9
2.2	Feuchteaufnahme und -abgabe von Holz.....	12
2.2.1	Kapillarwirkung.....	12
2.2.2	Diffusion .....	12
2.2.3	Feuchtetransport durch Sorption.....	12
2.3	Formänderungen von Holz durch Feuchtigkeit.....	15
2.4	Feuchtegradienten und ihre Auswirkungen .....	16
2.4.1	Feuchtegradienten.....	16
2.4.2	Rissbildung durch Feuchtegradienten .....	19
2.4.3	Einfluss der Rissbildung auf die Beanspruchbarkeit von Holz .....	20
3	Feuchtebeanspruchung von Brettschichtholz .....	21
3.1	Allgemeines .....	21
3.2	Nutzungsklassen .....	22
3.3	Ausgleichsfeuchte .....	23
3.4	Bedeutung der Einteilung typischer Gebäudenutzungen in Nutzungsklassen.....	23
3.5	Berücksichtigung der klimatischen Randbedingungen in den Bemessungsnormen.....	24

4	Darstellung der Nutzungskategorien und Gebäudeauswahl .....	26
4.1	Vorabbemerkung.....	26
4.2	Auswahl der Nutzungen und Gebäudetypen im Forschungsvorhaben „Gebäudeklima – Langzeitmessung“ .....	26
4.2.1	Allgemeines .....	26
4.2.2	Kategorie A – Schwimmhallen .....	27
4.2.3	Kategorie B – Eissporthallen.....	28
4.2.4	Kategorie C – Reithallen .....	29
4.2.5	Kategorie D – Sporthallen.....	30
4.2.6	Kategorie E – Produktions- und Verkaufshallen.....	31
4.2.7	Kategorie F – Landwirtschaftliche Hallen.....	31
4.2.8	Kategorie G – Lagerhallen .....	32
4.3	Auswahl der Nutzungen und Gebäudetypen im Folgevorhaben „Gebäudeklima – Validierung“ .....	33
4.4	Vorstellung der gewählten Hallen für die beiden Forschungsvorhaben .....	35
4.4.1	Allgemeines .....	35
4.4.2	Begründung der für das Folgevorhaben „Gebäudeklima – Validierung“ gewählten Hallens	37
5	Langzeitmessung von Holzfeuchtegradienten und Umgebungsbedingungen .....	39
5.1	Wahl des Messverfahrens .....	39
5.2	Beschreibung des gewählten Messverfahrens - Widerstandsmessverfahren.....	40
5.3	Beschreibung der Messvorrichtung für das Forschungsvorhaben „Gebäudeklima – Langzeitmessung“ .....	42
5.4	Kalibrierung der Messtechnik .....	45
5.5	Kalibrierung der Klimasensoren für das Folgevorhaben „Gebäudeklima – Validierung“	47

5.6	Anpassung der Messtechnik für das Folgevorbaben „Gebäudeklima – Validierung“ .....	47
5.7	Temperaturkompensation der Messwerte .....	50
5.8	Weiterführende Untersuchungen zur Validierung der Temperaturkompensation .....	56
5.8.1	Allgemeines .....	56
5.8.2	Untersuchungen zur Ermittlung der Materialtemperatur .....	56
5.8.3	Untersuchungen zur Validierung des verwendeten Modells zur Temperaturkompensation .....	59
5.8.4	Ergebnisse aus den Untersuchungen zur Validierung der Temperaturkompensation .....	61
5.9	Auswertung der Messwerte der einzelnen Objekte.....	63
6	Ergebnisse der Langzeitmessungen .....	65
6.1	Vorabbemerkung.....	65
6.2	Darstellung der Ergebnisse aus den Langzeitmessungen .....	65
6.2.1	Verlauf der Holzfeuchte und des Hallenklimas.....	65
6.2.2	Resultierende Querschnittsverläufe .....	67
6.3	Ergebnisse und Anmerkungen zu den untersuchten Nutzungsarten .....	69
6.3.1	Allgemeines .....	69
6.3.2	Kategorie A – Schwimmhallen .....	70
6.3.3	Kategorie B – Eissporthallen.....	71
6.3.4	Kategorie C – Reithallen .....	73
6.3.5	Kategorie D – Sporthallen.....	74
6.3.6	Kategorie E – Produktions- und Verkaufshallen.....	75
6.3.7	Kategorie F – Landwirtschaftliche Hallen.....	76
6.3.8	Kategorie G – Lagerhallen .....	78

7	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	80
7.1	Schlussfolgerungen.....	80
7.1.1	Allgemein.....	80
7.1.2	Schlussfolgerungen zur Langzeitmessung von Hallenklima und Holzfeuchtegradienten .....	80
7.1.3	Schlussfolgerungen aus den Messergebnissen.....	81
7.1.4	Empfehlungen für die Praxis.....	84
7.2	Ausblick.....	87
	Literaturverzeichnis.....	89
	Abbildungsverzeichnis .....	96
	Tabellenverzeichnis .....	100