

Thomas Braun, Jörg Franke

Baustoff-integrierte Flächenheizung (BiFH)

F 3177

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

2019

ISBN 978-3-7388-0396-9

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

Abschlussbericht

Baustoff-integrierte Flächenheizung (BiFH)

Projektlaufzeit: 01.07.2017 – 30.06.2019

Forschungsstelle:

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik
Prof. Dr.-Ing. J. Franke

Autoren:

Dipl.-Ing. Thomas Braun
Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke



Projektpartner:

LUXHAUS, Georgensgmünd,
Lehmorange®, Altstadt an der Waldnaab
Knauf Gips KG, Iphofen
Plasma Innovations GmbH, Regensburg

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.31)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Inhaltsverzeichnis

1	ELEKTRISCHE BAUSTOFF-INTEGRIERTE WANDFLÄCHENHEIZUNG FÜR EIN BEHAGLICHES WOHLFÜHLKLIMA IM RAUM	4
1.1	Motivation zum Forschungsvorhaben	4
1.2	Anforderungen an Heizungssysteme	6
1.3	Ziele des Forschungsvorhabens.....	8
1.4	Umsetzung des Forschungsvorhabens.....	8
2	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND ERGEBNISSE IM FORSCHUNGSPROJEKT	11
2.1	AP 1: Erstellung eines Anforderungsprofils	12
2.2	AP 2: Materialauswahl und -charakterisierung	14
2.3	AP 3: Herstellung von einfachen Probekörpern	18
2.3.1	Versuche Plasmadust®-interner Pulverförderer	20
2.3.2	Versuche Plasmadust®-alternatives Pulverzuführ-System	22
2.3.3	Auswahl geeigneter Beschichtungslayouts	23
2.3.4	Aufstellung des Versuchsplanes mit internem Pulverzuführ-System	24
2.3.5	Aufstellung des Versuchsplanes mit alternativem Pulverzuführ-System	26
2.4	AP 4: Charakterisierung der generierten Strukturen	27
2.4.1	Qualitätsanalyse mittels optischer Untersuchung.....	27
2.4.2	Qualitätsuntersuchung der elektrischen Kennwerte	29
2.4.3	Qualitätsuntersuchung der geometrischen Eigenschaften	31
2.4.4	Qualitätsuntersuchung der Hafteigenschaften	34
2.4.5	Qualitätsuntersuchung der thermischen Eigenschaften	36
2.4.6	Untersuchung der Materialien mit PCM	39
2.5	AP 5: Charakterisierung der Eigenschaften des Verbundes nach Auftrag von Farbe, Lack, Tapete	41
2.6	AP 6: Zuverlässigkeitsuntersuchungen unter realen Bedingungen.....	43
2.6.1	Untersuchung der Heizstrukturen unter äußeren, zyklischen klimatischen Einflüssen.....	43
2.6.2	Untersuchung der Langzeitzuverlässigkeit bei zyklischer Aktivierung der Heizstrukturen.....	45
2.7	AP 7: Erstellung eines thermischen Simulationsmodells	47
2.7.1	Ermittlung der Parameter für die Simulation	47
2.7.2	Aufbau eines Simulationsmodells anhand von thermischen Untersuchungen	47
2.7.3	Validierung der Simulationsergebnisse mit den Messungen aus den praktischen Versuchen	49

2.7.4	Ermittlung der Leiterbahnabstände bei Variation der Oberflächentemperaturen.....	49
2.8	AP 8: Entwicklung von Kontaktierungsmöglichkeiten	50
2.8.1	Herstellung der Probenplatten	52
2.8.2	Ergebnisse der beschichteten Probenplatten ohne Verbindungsmedium	52
2.8.3	Verbindungsverfahren zur elektronischen Kontaktierung mit Verbindungsmedium	54
2.8.4	Elektrische Untersuchung der Verbindungs-Arten.....	60
2.8.5	Untersuchung und Vergleich der Langzeitzuverlässigkeit der elektrischen Verbindungs-Arten	60
2.8.6	Zusammenfassende Betrachtung und Auswahl einer Verbindungs-Art zur elektrischen Kontaktierung von Flächenheizsegmenten	61
2.9	AP 9: Entwicklung einer geeigneten Ansteuerung und Regelung.....	62
2.9.1	Berechnung der Heizflächengröße in Abhängigkeit der Energieeffizienzklasse des Gebäudes	62
2.9.2	Aktivierung der Flächenheizsegmente durch Personentracking	64
2.9.3	Intuitive Ansteuerung der Heizflächensegmente innerhalb einer Smart-Home-Umgebung	66
2.10	AP 10: Aufbau eines Demonstrationsraums	68
2.10.1	Anforderungen an den Demonstrationsraum.....	68
2.10.2	Umsetzung und Aufbau des Demonstrationsraumes.....	69
2.10.3	Berechnung des Heizbedarfes	70
2.10.4	Verbaute Komponenten	72
2.10.5	Installation der Komponenten im Demonstrationshaus.....	75
2.11	AP 11: Untersuchung der Behaglichkeit im Demonstrationsraum.....	77
2.11.1	Grundbegriffe zur thermischen Behaglichkeit	77
2.11.2	Messkomponenten für thermische Behaglichkeit - Klimamessgerät testo 480 78	
2.11.3	Behaglichkeitsmessung.....	79
2.11.4	Auswertung des Fragebogens zur Behaglichkeit	86
2.11.5	Energie- Leistungsmessung	89
2.12	AP 12: Erstellen eines kinematischen Simulationsmodells zur Integration in bestehende Produktionsprozesse	91
2.12.1	Festlegen eines Standard-Leiterbahnelementes.....	93
2.12.2	Entwicklung möglicher Heizsegmente	93
2.12.3	Abschätzung der Dauer der Leiterbahnbeschichtung und der elektrischen Leistung der Leiterbahnen	95
2.12.4	Beschreibung des Produktionsprozesses eines Fertighausherstellers.....	97
3	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	104

LITERATURVERZEICHNIS 107