

Matthias Pahn, Dirk Bayer, Sven O. Krumke
Christian Caspari, Tillman Gauer, Dirk Miguel
Schluppkotten, Michael Holzhauser, Torsten Weiler

Großdemonstrator – Multifunktionale Betonfertigteile für energetisch nutzbare Gebäudetragsstrukturen

F 3135

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 978-3-7388-0290-0

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

Endbericht zum Forschungsprojekt:

Großdemonstrator – Multifunktionale Betonfertigteile für
energetisch nutzbare Gebäudetragsstrukturen
(SWD-10.08.18.7-15.51)

Gefördert durch:



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

(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-15.51)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn

Projektbeteiligte: Prof. Dipl.-Ing. Dirk Bayer
Prof. Dr. Sven O. Krumke

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. Christian Caspari
Dipl.-Ing. Tillman Gauer
Dipl.-Ing. Dirk Miguel Schluppkotten
Dr. Michael Holzhauser
Dipl.-Ing. Torsten Weiler

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Entwicklung und Umsetzung des Großdemonstrators Smallhouse IV. Hierbei wird ein Gebäudeenergiekonzept erarbeitet, welches die Gebäudemasse aktiv zur Wärmespeicherung heranzieht. Ähnlich wie in Solaraktivhäusern soll die gesamte Wärmebereitstellung mittels einem minimalen primärenergetischen Bezug gewährleistet werden. Hierbei soll jedoch die solare Wärme nicht in überdimensionalen Pufferspeichern gespeichert werden, sondern in der vorhandenen Gebäudemasse. Diese Arbeit dokumentiert den gesamten Prozess vom Entwurf bis zum Bau. Daher befasst sich der erste Teil dieses Berichts mit dem konzeptionellen Entwurf und der konstruktiven Durchbildung des Gebäudes in Sandwichbauweise. Hierauf aufbauend wird mittels der statischen Bemessung und thermischen Simulation die Planung in einem iterativen Prozess abgeschlossen. Fokus der weiteren Arbeit liegt auf der energetischen Untersuchung der thermisch aktiven Sandwichbauteile sowie die Einbindung dieser in ein Gebäudeenergiekonzept. Neben der Erhebung von Leistungskennzahlen für thermisch aktive Bauteile, wird mittels einer instationären Gebäudesimulation die Wechselwirkung von Bauteil, Steuerung und Gebäude untersucht. Hierbei wird das Potential des Wärmespeichervermögens der Gebäudemasse im Vergleich zu herkömmlichen Gebäudekonzepten aufgezeigt. Im Abschluss dieses Berichts werden die Herstellung der thermisch aktiven Betonsandwichelemente und deren Montage dokumentiert.

Abstract

The present work deals with the development and implementation of the demonstrator Smallhouse IV. On a basis of this demonstrator, a building energy concept is developed, which actively uses the building mass for heat storage. Similar to solar active houses, the entire heat supply is to be ensured by means of a minimal primary energy reference. However, the solar heat is not to be stored in oversized water storage, but in the existing building mass itself. This paper documents the entire process from design to construction. Therefore, the first part of this work deals with the conceptual and the structural design of the building using sandwich panels. Based on this, the planning is completed in an iterative process by means of static dimensioning and thermal simulations. The further part of the paper is focused on the energetic investigation of the thermally active sandwich components and the integration of them into a building energy concept. In addition to the collection of performance data for thermally active components, the interaction of components, control system and building itself is investigated by means of a thermal transient building simulation. Here, the potential of the heat storage capacity of the building mass in comparison to conventional building concepts is presented. In the conclusion of this work the production of the thermally active concrete sandwich panels and their assembly will be documented.

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation	6
2. Einleitung	7
3. Gebäudeentwurf	8
3.1. Konstruktionsdetails	13
4. Konstruktionsdetails	18
5. Statische Bemessung	20
5.1. Bemessung der Spannschlösser	20
5.1.1. Aussteifung der Betonfertigteile des Großdemonstrators	20
5.2. Bemessung der Verbindungsmittel der Sandwichelemente	23
5.3. Experimentelle Untersuchungen	25
6. Gebäudeenergiekonzept	29
6.1. Multifunktionale Betonfertigteile	31
6.2. Grenzen der Behaglichkeit	32
6.3. Definition der stationären Kenngrößen	34
6.4. Ermittlung der stationären Kenngrößen	38
6.5. Wärmebrücken infolge Verbindungsmittel	40
7. Stationäres Berechnung	42
7.1. Aufbau Gebäudehülle und thermische Randbedingungen	42
7.2. Berechnung des Heizbedarfs und der Norm-Heizlast	44
8. Auslegung und Verschaltung der Komponenten	46
8.1. Auslegung der Komponenten	46
8.1.1. Auslegung des Solarkollektors	46
8.1.2. Auslegung des Speichers	47
8.1.3. Auslegung des Wärmeübertragers	49
8.2. Hydraulische Schaltung	49
9. Regelung, Steuerung und Optimierung	52
9.1. Unterscheidung Steuerung – Regelung	52
9.1.1. Definition Steuerung	52
9.1.2. Definition Regelung	53
9.2. Stand der Technik	54
9.2.1. Aufbau Heizungssystem	54
9.2.2. Steuerung des Wärmeerzeugers	54
9.2.3. Steuerung bzw. Regelung der Wärmeübertrager	55
9.2.4. Regelung und Steuerung von Bauteilaktivierungen	56
9.3. Steuerungskonzepte im Großdemonstrator	56
9.3.1. Steuerung und Regelung der Wärmeerzeuger	56
9.3.2. Steuerung und Regelung der Wärmeübertrager	56
9.3.3. Steuerung der Solarthermieanlage	57

9.4.	<i>Steuerungsalgorithmus</i>	58
9.4.1.	Erweiterungen der Modelle	60
9.5.	<i>Implementierung des Steuerungsalgorithmus</i>	62
9.6.	<i>Optimierung von Parametern in der Steuerung</i>	62
10.	Messkonzept	65
11.	Instationäres Gebäudeenergiemodell	67
11.1.	<i>Systembildung</i>	67
11.2.	<i>Kenngößen</i>	68
11.2.1.	Energetische Kenngößen	68
11.2.2.	Ökologische Kenngößen	68
11.2.3.	Behaglichkeit	69
11.3.	<i>Ergebnisse - Variation Anlagentechnik</i>	70
11.4.	<i>Bewertung der Ergebnisse</i>	76
11.5.	<i>Vergleich von Gebäudeenergiekonzepten</i>	77
11.5.1.	Szenario 1: Äquivalente Pufferspeichergröße	78
11.5.2.	Szenario 2: Einfluss der saisonalen Speicherung	80
11.6.	<i>Zeitliche Auflösung der Speicherverhalten</i>	82
12.	Realisierung	86
12.1.	<i>Standortbewertung</i>	86
12.2.	<i>Herstellung des Erdreichspeichers</i>	88
12.3.	<i>Herstellung der Bodenplatte</i>	89
12.4.	<i>Herstellung der multifunktionalen Betonfertigteile</i>	91
12.5.	<i>Montage</i>	92
12.6.	<i>Einbau der austauschbaren Wände</i>	94
13.	Fazit	96
14.	Ausblick	97
15.	Vorangegangene Forschungsprojekte	98
16.	Literaturverzeichnis	99