

Oliver Fischer, Dirk Volkmer, Philipp Lauff  
Manuel Hambach, Matthias Rutzen

**Zementgebundener  
kohlenstofffaserverstärkter  
Hochleistungswerkstoff  
(Carbonkurzfaserbeton)**

F 3178

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 978-3-7388-0422-5

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

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

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



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN  
INGENIEURFAKULTÄT BAU GEO UMWELT  
LEHRSTUHL FÜR MASSIVBAU



UNIVERSITÄT AUGSBURG  
MATHEMATISCH-  
NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT  
LEHRSTUHL FÜR FESTKÖRPERCHEMIE

# **Zementgebundener kohlenstofffaser- verstärkter Hochleistungswerkstoff (Carbonkurzfaserbeton)**

## *Endbericht*

München und Augsburg, den 19. Juli 2019

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Fischer  
Philipp Lauff, M.Eng.

Prof. Dr. Dirk Volkmer  
Dr.-Ing. Manuel Hambach  
Matthias Rutzen, M.Eng.

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

(Aktenzeichen SWD-10.08.18.7-16.33)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Projektpartner</b> .....	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Themenrelevanz und Motivation der Entwicklung von Portlandzementmörteln mit gerichteten Carbonfasern.....	1
1.2 Grundlagen der Technik.....	1
1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen.....	3
<b>2 Stand der Forschung</b> .....	<b>4</b>
2.1 Hochfeste faserverstärkte Portlandzementmörtel .....	4
2.2 Faserverstärkte Portlandzementmörtel mit gerichteten Carbonkurzfasern .....	6
2.3 Potential für den 3D-Druck von Baustoffen .....	8
<b>3 Bedeutung und Einsatzmöglichkeiten von Carbonkurzfaserbeton</b> .....	<b>10</b>
3.1 Ökonomische Auswirkungen.....	11
3.2 Ökologische Auswirkungen.....	13
<b>4 Materialtechnische Untersuchungen (Uni-A)</b> .....	<b>18</b>
4.1 Probenpräparation .....	18
4.1.1 Carbonfasern .....	18
4.1.2 Oxidation der Faseroberfläche.....	18
4.1.3 Weitere Fasertypen.....	19
4.1.4 Zementmischungen.....	19
4.1.5 Prüfkörperpräparation .....	20
4.1.6 Probenlagerung bis zur Prüfung .....	21
4.1.7 Statisch-mechanische Analysen .....	21
4.2 Analyse der Mischtechnik .....	24
4.3 Untersuchung der Parameter der Carbonfasern.....	25
4.3.1 Untersuchungen zur Faserdicke .....	25
4.3.2 Untersuchungen zur Faserlänge.....	27
4.3.3 Verwendung von rezyklierten Fasern.....	28
4.3.4 Untersuchungen zu weiteren Armierungsfasern .....	29
4.4 Einfluss des Faserlastwinkels .....	30
4.4.1 Einfluss des Faserwinkels auf die Biegezugfestigkeit.....	30

---

4.4.2	Einfluss des Faserwinkels auf die Druckfestigkeit .....	33
4.5	Festigkeitsentwicklung über die Hydratationszeit .....	34
4.6	Rezeptierbarkeit mit anderen Zementarten.....	36
4.7	Verhalten im zyklischen 3-Punkt Biegeversuch .....	39
4.8	Implementierung von Füllstoffen .....	42
4.8.1	Erstellen einer Mörtelrezeptur mit angepasstem w/z-Wert .....	42
<b>5</b>	<b>Upscaling (TUM).....</b>	<b>46</b>
5.1	Verifizierung .....	46
5.1.1	Biegezugversuche.....	47
5.1.2	Zugversuche .....	48
5.2	Manuelles Upscaling .....	49
5.3	Entwicklung des maschinellen Extrusionsverfahrens .....	51
5.4	Maschinelles Upscaling.....	55
5.4.1	Erste Probekörper .....	55
5.4.2	Düsenentwicklung.....	56
5.4.3	Untersuchung zur Verwendung von Nachbehandlungsmitteln .....	60
5.5	Bauteilprüfung, Materialgesetze.....	61
5.5.1	Einaxiale Druckversuche.....	61
5.5.2	Einaxiale Zugversuche.....	63
5.5.3	Biegezugversuche.....	64
5.5.4	Entwicklung eines Bemessungsmodells .....	68
5.5.5	Brandverhalten.....	72
5.5.6	Ermüdungsverhalten .....	75
5.5.7	Zeitabhängiges Verhalten .....	78
5.5.8	Weitere durchgeführte Untersuchungen .....	82
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>87</b>
6.1	Zusammenfassung.....	87
6.1.1	Materialentwicklung (Uni Augsburg) .....	87
6.1.2	Upscaling (TUM) .....	88
6.2	Ausblick.....	89
6.2.1	Materialentwicklung (Uni Augsburg) .....	89
6.2.2	Upscaling (TUM) .....	89
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>93</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>97</b>
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>99</b>