

Methodik zur Gestaltung von Bewehrungssystemen für textilbewehrten Beton

Von der Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen
Technischen Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen
Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte
Dissertation

vorgelegt von

Steffen Janetzko

Berichter:

Univ.-Prof. Professor h.c. (RU) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Thomas Gries

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger

Tag der mündlichen Prüfung: 29.04.2013

Textiltechnik/Textile Technology

herausgegeben von

Univ. Prof. Professor h.c. (RU) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries

Steffen Janetzko

**Methodik zur Gestaltung von Bewehrungssystemen
für textilbewehrten Beton**

Shaker Verlag
Aachen 2013

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2013)

Copyright Shaker Verlag 2013

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2188-2

ISSN 1618-8152

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Meiner Familie in Liebe und Dankbarkeit gewidmet

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Forschungstätigkeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University. Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Gries, dem Leiter des Instituts für Textiltechnik (ITA) gilt mein besonderer Dank, dass ich am ITA meine Dissertationsschrift verfassen durfte. Insbesondere möchte ich mich bedanken sowohl für das große Vertrauen, das mir entgegen gebracht wurde, als auch für die eingeräumten Freiheiten bei der Umsetzung des Dissertationsthemas und den Forschungsarbeiten im Bereich Textiles Bauen.

Bedanken möchte ich mich bei den Kollegen des ITA für die wunderbare Zusammenarbeit und Unterstützung in der täglichen fachlichen Projektarbeit und bei der Erstellung meiner Dissertation. Neben den wissenschaftlichen Mitarbeitern des Bereiches Faserverbundwerkstoffe, gilt mein besonderer Dank dem Team im Technikum des ITA. Ohne den unermüdlichen Einsatz meiner Kollegen an den Maschinen wäre diese Dissertation nicht möglich gewesen. Besonders dankbar bin ich für die Freundschaften, die aus dieser gemeinsamen Zeit hervorgegangen sind, und die mich auf meinem zukünftigen Weg begleiten.

Ein weiterer Dank gilt allen Mitarbeitern des Sonderforschungsbereiches 532 für den intensiven fachlichen Austausch innerhalb der Arbeitsgruppen, der zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen hat. Meinen studentischen Hilfskräften, den Diplom- und Studienarbeitern gilt mein Dank für die angenehme und zuverlässige Zusammenarbeit.

Ganz ausdrücklich bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern. Sie haben meine Ausbildung über die langen Jahre immer bedingungslos unterstützt und auf diesem Weg manches Hoch, aber auch schon mal ein Tief mit mir durchschritten. Dieser wunderbare Rückhalt ist durch nichts zu ersetzen.

Mai 2013

Steffen Janetzko

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Problemstellung	3
1.1.1	Übergang vom Forschungsstatus zur Marktreife	3
1.1.2	Standardisierungs- und Normungsprozesse	6
1.1.3	Komplexe Prozesslandschaft	8
1.2	Zielsetzung und Abgrenzung	10
1.3	Aufbau der Arbeit	11
2	Grundlagen zur Konzeption von Textilbetonbauteilen	15
2.1	Allgemeines	15
2.2	Grundlagen Textilbeton	22
2.2.1	Textile Bewehrung	23
2.2.2	Feinbetonmatrix	25
2.2.3	Verbundwerkstoff	28
2.3	Vor- und Nachteile von Textilbeton gegenüber Stahlbeton	39
2.3.1	Architektonisch-gestalterische Aspekte	40
2.3.2	Konstruktiv-mechanische Aspekte	42
2.3.3	Technisch-technologische Aspekte	46
2.3.4	Ökonomisch-ökologische Aspekte	50
2.3.5	Anwendungsfelder für Textilbeton	53
3	Gestaltungsmethodik für Bewehrungssysteme	57
3.1	Definition der Anforderungen	60
3.2	Parametrisierung der Anforderungen	70
3.2.1	Bauteilgeometrie	72
3.2.2	Betongrößtkorn	75
3.2.3	Herstellprozess	76
3.2.4	Textiltragfähigkeit	77
3.3	Textilauswahl und Vorbewertung der Lösung	79
3.4	Validierung und kontinuierlicher Verbesserungsprozess	86
4	Datenbasis zur Gestaltungsmethodik	91
4.1	Katalog der Textilbewehrungen	92
4.2	Fasern und Garne	92
4.2.1	Faserstoffe	93
4.2.2	Kurzfasern	98

4.2.3	Endlosfasern	99
4.2.4	Garnstrukturen	101
4.2.5	Tragverhalten von Fasern und Garnen	104
4.3	Kurzfaserbeton	105
4.4	Textilbewehrungen	107
4.4.1	Allgemeines	107
4.4.2	Ungetränkte Textilstrukturen	112
4.4.3	Getränkte Textilstrukturen	122
4.4.4	Formbewehrungen	125
4.4.5	Stabtextilien	127
4.4.6	Abstandshalter	130
4.4.7	Lokale Verstärkungen und Funktionsintegration	134
4.5	Auslegung von Textilbetonbewehrungen	135
4.5.1	Bauteilbemessung und Tragverhalten	136
4.5.2	Verfahren der vereinfachten Bewehrungsauslegung	137
5	Produktionsprozessplanung	143
5.1	Textile Produktionsprozesse	144
5.2	Produktionsprozesse für Bauteile aus Textilbeton	148
6	Wirtschaftlich-technische Bewertung	151
7	Anwendungsbeispiele	157
7.1	Schalenbauteile	157
7.2	Sandwichbauteile	163
7.3	Vorhangfassaden	169
8	Fazit	175
8.1	Textilbeton auf dem Weg zur Marktdurchdringung	175
8.2	Leistungsfähigkeit der Gestaltungsmethode	178
8.3	Innovative Bauweisen für die Herausforderungen der Zukunft	183
9	Zusammenfassung	187
10	Summary	191
11	Verzeichnisse	193
11.1	Abbildungen	193
11.2	Tabellen	197

11.3 Abkürzungen und Indizes	200
11.4 Glossar	204
11.5 Literatur	208
12 Anhang	231
12.1 Kontakte der Forschungsinstitute für Textilbeton	231
12.2 Textildatenblätter	232
12.3 Feinbetonmischungen	248
12.4 Faserstoffe	251
12.5 Betonstahl	254
12.6 Übersicht zu Brand- und Hochtemperaturversuchen	254
12.7 Methoden zur Erfassung ungenauer Produkthanforderungen	257
12.8 Anforderungsprofil für eine Maschine zur Herstellung von textilen GFK-Stabbewehrungskörben	258
12.9 Datenblätter GFK-Stabbewehrungen	263