

# **Verwirkte Textilien zur Bewehrung von zementgebundenen Matrices**

---

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

vorgelegt von  
Diplom-Ingenieur Thomas Bischoff  
aus Essen

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Burkhard Wulfhorst  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Brameshuber

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Mai 2000

D 82 (Diss. RWTH Aachen)

Shaker Verlag

Kaiserstr. 100

52134 Herzogenrath

Berichte aus der Textiltechnik

**Thomas Bischoff**

**Verwirkte Textilien zur Bewehrung von  
zementgebundenen Matrices**

D 82 (Diss. RWTH Aachen)

Shaker Verlag  
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Bischoff, Thomas:*

Verwirkte Textilien zur Bewehrung von zementgebundenen Matrices /

Thomas Bischoff. Aachen: Shaker, 2001

(Berichte aus der Textiltechnik)

Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2000

ISBN 3-8265-8447-3

Copyright Shaker Verlag 2001

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-8447-3

ISSN 1430-0559

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

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

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **Danksagung**

Die in dieser Arbeit zusammengefaßten Ergebnisse habe ich während meiner 5jährigen Beschäftigung am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA) erarbeitet. Dabei konnte ich auf vielfältige Hilfe der Mitarbeiter des Instituts zurückgreifen. Daher gilt mein besonderer Dank allen, die mich in dieser Zeit unterstützt haben, der Institutsleitung, den nicht-wissenschaftlichen und wissenschaftlichen Angestellten und meinen studentischen Helfern, sei es in Form von Studien- und Diplomarbeiten oder als studentische Hilfskräfte.

Weiterhin danke ich allen Kolleginnen und Kollegen der Institute und den Firmen, die mit mir das Thema „Textilbewehrter Beton“ bearbeitet und mich bei meinen Tätigkeiten unterstützt haben.

Darüber hinaus danke ich meinen Eltern, die mir meine Schulausbildung und das Studium ermöglicht und bei allen meinen Tätigkeiten „mitgefiebert“ und die Daumen gedrückt haben.

Schließlich danke ich meiner Freundin für die moralische Unterstützung und das Verständnis dafür, daß ich manchmal etwas länger am ITA als zu hause war.

Allen nochmals meinen herzlichen Dank!

Thomas Bischoff

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen zu faser- und textilbewehrtem Beton.....</b>	<b>3</b>
2.1 Beton.....	3
2.1.1 Bindemittel/Zement.....	3
2.1.2 Zuschlag.....	6
2.1.3 Betonzusätze.....	7
2.2 Faserbeton.....	8
2.3 Textilbeton.....	11
<b>3 Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Bewehrungs- parametern und den mechanischen Verbundeigenschaften.....</b>	<b>13</b>
3.1 Erläuterung der Prüfverfahren.....	13
3.1.1 Bestimmung der Garogeometrie durch Bildverarbeitung.....	13
3.1.1.1 Garogeometrie im Querschnitt.....	13
3.1.1.2 Garogeometrie in der Seitenansicht.....	17
3.1.2 Zugprüfung zur Bestimmung der Querkontraktion von Garnen..	18
3.1.3 Pull-Out Versuche.....	29
3.1.4 Biegezugprüfung.....	20
3.2 Analyse der Garneigenschaften.....	24
3.2.1 Eigenschaften von AR-Glas-Rovings.....	25
3.2.2 Eigenschaften von AR-Glas-Zwirnen.....	26
3.2.3 Eigenschaften der Garne hinsichtlich des Verbundes zur Zementmatrix.....	30
3.2.3.1 Geometrie der Garne im Verbund.....	30
3.2.3.2 Querkontraktion unter Zugbelastung.....	37
3.2.4 Zusammenfassung der Garneigenschaften.....	40
3.3 Einfluß der Garne auf die Verbundeigenschaften.....	41
3.3.1 Garntiter.....	41
3.3.2 Zusammensetzung der Bewehrungsstränge.....	43
3.3.3 Garnaufmachung.....	44
3.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Pull-Out Versuche.....	45
3.4 Einfluß der Bewehrungsparameter auf die Verbund- eigenschaften.....	46
3.4.1 Garntiter.....	47
3.4.2 Garnaufmachung.....	49
3.4.3 Garnanteile/Flächengewichte.....	51
3.4.4 Garnverteilung/Gitteröffnung.....	53
3.4.5 Garnorientierung.....	57
3.4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Biegezugprüfung.....	61
3.5 Anforderungsprofil für die zu entwickelnden Textilstrukturen.....	63

<b>4 Weiterentwicklung der Kettenwirktechnik zur Herstellung von Multiaxialgelegen für die Betonbewehrung.....</b>	<b>65</b>
4.1 Stand der Technik.....	65
4.2 Mathematische Darstellung der Multiaxialgelege.....	69
4.3 Weiterentwicklung der Kettenwirkmaschine mit multiaxialem Schußeintragungssystem.....	72
4.3.1 Entwicklung eines Tangentialfadengatters für den Schußeintrag	73
4.3.2 Entwicklung eines Tangentialfadengatters für die 0°-Fadenlage.	79
4.3.3 Optimierung der Fadenfixierung in der Wirkeinheit.....	83
4.4 Untersuchungen der Multiaxialgelege im Verbund.....	90
4.4.1 Beschreibung der Multiaxialgelege.....	90
4.4.2 Ergebnisse der 4-Punkt-Biegeprüfung von bewehrten Streifenproben.....	94
<b>5 Weiterentwicklung der Rundwirktechnik mit variabler Stehfadenführung für die Betonbewehrung.....</b>	<b>101</b>
5.1 Stand der Technik.....	101
5.2 Mathematische Darstellung multiaxialer Rundgewirke.....	104
5.3 Entwicklung eines Funktionsmodells zur Herstellung multiaxialer Rundgewirke.....	107
5.4 Untersuchung der multiaxialen Rundgewirke im Verbund.....	115
5.4.1 Herstellung von bewehrten Rohrelementen.....	115
5.4.2 Prüfung der Rohrelemente.....	118
<b>6 Untersuchung der Doppelascheltechnik zur Herstellung von Abstandsgewirken für die Betonbewehrung.....</b>	<b>121</b>
6.1 Stand der Technik.....	121
6.1.1 Abstandsgewirke mit konstantem Abstand der Deckflächen.....	121
6.1.2 Abstandsgewirke mit lokal unterschiedlichen Abständen der Deckflächen (Konturengewirke).....	123
6.2 Mathematische Darstellung der Konturengewirke.....	128
6.3 Untersuchungen der Konturengewirke im Verbund.....	130
<b>7 Anwendungsbeispiele für textilbewehrten Beton.....</b>	<b>137</b>
7.1 Brückenkopfsanierung durch Multiaxialgelege.....	137
7.2 Entwicklung von bauteilintegrierten Schalungselementen.....	140
<b>8 Ausblick.....</b>	<b>149</b>
<b>9 Zusammenfassung.....</b>	<b>153</b>
<b>10 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>159</b>
<b>11 Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Symbole.....</b>	<b>167</b>
<b>12 Anhang.....</b>	<b>171</b>