

# Nachhaltige Bewehrungsmaterialien für das Betonkanu 2017

Leichtbau Projekt\_Zukunftssicher Bauen\_SS'16

Betreuer/-in: Prof. Dr.-Ing. Agnes Weilandt  
 Bearbeiter/-in: Maximilian Förnges 995241  
 Nico Schwebach 1115978



## Zusammenfassung

Die umfangreichen Untersuchungen haben ergeben, dass Bewehrungen mit Naturfasern sehr gute Ergebnisse erzielen. Neben den erreichten Biegezugfestigkeiten, liefern die Naturbewehrungen in den Punkten Verarbeitbarkeit, Verbund sowie Erhärtungsgeschwindigkeit gute Resultate für die Herstellung eines schwimmfähigen Betonkanus.

Mit entsprechendem Verarbeitungsaufwand dieser nachhaltigen Bewehrungsvariante können ähnliche Werte erzielt werden, wie es mit textiler Bewehrung möglich ist.



1. Verwendete Bewehrungsmaterialien

Probenbezeichnung	Bewertung			
	-	o	+	++
Jute Gewebeband, ca.7,0 cm breit				x
Baumwolle Gurtband, 20 mm breit		x		
Sisal Faser, ungeordnet			x	
Sisal Vielzweck-Seil, 3 Litzen gedreht, Ø 6 mm	/	/	/	/
Sisal Vielzweck-Seil, einzelne Faserstränge			x	

## 2. Bewertung der Tränkbarkeit mit Zementleim

Art/Bestandteil	kg/m³	g / 2 dm³
Zement CEM III / A 42,5 N	950	1900
Wasser	389,5	779
Steinkohlenflugasche	237,5	475
Quarzmehl <0,09mm	465,1	930,2
w/z-Wert	0,41	0,41

3. Betonzusammensetzung

## Abstract

Im geplanten Forschungsprojekt sollen die Bewehrungsmöglichkeiten des zukünftigen Betonkanus für die Betonregatta 2017 im Vordergrund stehen. Bei der Realisierung der bisherigen Betonkanus spielte der Nachhaltigkeitsaspekt der verwendeten Bewehrung eine eher sekundäre Rolle. Auf diesen Gesichtspunkt wurden die folgenden Untersuchungen fokussiert.

Anhand von Laborversuchen sollen die verschiedenen Bewehrungen aus Naturfaser/-gewebe auf Biegezugfestigkeit untersucht und mit bereits getesteten Bewehrungsmaterialien verglichen werden. Unbewehrter Beton kann sehr gut Druckkräfte jedoch vergleichsweise wenig Zugkräfte aufnehmen. Dies muss die Bewehrung leisten. Grundlegende Voraussetzung ist ein guter Verbund zwischen Bewehrung und Beton, um eine gute Rissverteilung und somit ein dichtes Kanu zu erlangen. Die Auswertung der Versuche erfolgt in einer Bewertungsmatrix und soll anschließend kritisch diskutiert werden.

Ziel ist es, einen qualitativen Vergleich der untersuchten, natürlichen Armierungen mit den bereits getesteten, textilen Bewehrungen zu erarbeiten. Diese Erkenntnisse sollen als Grundlage weiterer Forschungsaspekte dienen.



3-Punktbiegezug Versuch: Sisalfaser Bewehrung

## Naturfaserbewehrungen

„Sisal Vielzweck-Seil aus einzelnen Fasersträngen“ wurde als Material mit dem größten Potenzial gewählt

→ gutes Tränkverhalten mit dem Beton

→ nimmt ausreichend hohe Biegezugkräfte auf

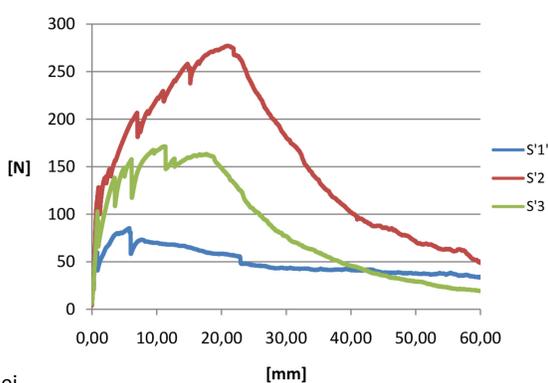
→ Graph steigt auch nach den ersten Ausbrüchen an

- gutes Nachbruchverhalten

S'1: Kräfteverlauf qualitativ schlechter als bei S'2 und S'3

→ ungleichmäßiges Verlegen der Fasern

→ Steigerung der Werte ist durch ein kompakteres Verlegen problemlos möglich



3-Punkt Biegezug: Sisaseil einzelne Faserstränge

## Matrix 3-Punkt Biegezugprüfung

	Herstellungsdatum	Prüfdatum	Material	Vorgehen	F max N	dL bei Fmax mm	Dicke mm	F bei erstem Riss
B	24.05.2016	03.06.2016	Jute Gewebeband, ca.7,0 cm breit	ungetränkt	310,322	0,557	9,5	310
					208,774	0,323	9,5	208
					153,768	0,298	9,5	153
B'	31.05.2016	10.06.2016	Jute Gewebeband, ca.7,0 cm breit	getränkt	131,923	0,366	9,5	131
					93,6073	0,513	9,5	93
					142,055	0,931	9,5	142
G	24.05.2016	24.05.2016	Baumwolle Gurtband, 20 mm breit	ungeklärt	121,001	0,638	9,5	121
					116,493	0,585	9,5	116
					179,606	1,013	9,5	179
G'	31.05.2016	10.06.2016	Baumwolle Gurtband, 20 mm breit	getränkt	155,484	0,390	9,5	155
					150,084	0,403	9,5	150
					187,459	0,868	9,5	187
H	24.05.2016	03.06.2016	Sisal Faser, ungeordnet	ungetränkt	159,757	0,455	9,5	159
					224,213	1,509	9,5	224
					148,725	0,460	9,5	148
H'	31.05.2016	10.06.2016	Sisal Faser, ungeordnet	getränkt	178,867	5,746	9,5	176
					156,16	6,415	9,5	119
					158,042	0,473	9,5	158
S	24.05.2016	03.06.2016	Sisal Vielzweck-Seil	ungetränkt	244,497	1,578	9,5	244
					184,33	1,430	9,5	184
					85,2996	5,783	9,5	59
S'	31.05.2016	10.06.2016	Sisal Vielzweck-Seil, einzelne Faserstränge	getränkt	277,113	21,046	9,5	128
					171,307	11,081	9,5	103

## Vergleichsmatrix ähnlicher Bewehrungen

- Naturfaser Hanf: hohe Maximalkraft  $F_{max}$   
→ 30 % dickerer Prüfkörper

- „Pendulus Caementum“ : hohe Maximalkraft  $F_{max}$  trotz geringerer Dicke der Prüfkörper (5,3 mm)

- „Inox FEinstein“: zunehmende Maximalkraft  $F_{max}$  mit zunehmendem Fasergehalt

→ bei Fasergehalt > 6 Vol.-% kaum Zunahme der Maximalkraft  $F_{max}$

Material / Projekt	Prüfalter [d]	Bezeichnung der Probe	Abmessungen Prüfkörper			$F_{max}$ [N]	Durchbiegung [mm]	F bei erstem Riss [N]	Durchbiegung [mm]
			Länge [mm]	Breite [mm]	Dicke [mm]				
Sisal Vielzweck-Seil, einzelne Faserstränge (Naturfaser, 2016)	10	S'1	300	100	5,8	85,2996	5,78301	59,218	0,5236
		S'2			7,2	277,113	21,0460	128,564	0,9411
		S'3			6,4	171,307	11,0806	103,099	0,8162
Inox FEinstein (Stahlwollbeton/Stahlfaserbeton, 1998)	28	3 Vol.-%	320	100	8,4	41,536	13,6014	41,536	13,6014
		6 Vol.-%			8,4	74,208	13,69112	74,208	13,69112
		8 Vol.-%			8,4	74,913	11,2891	74,913	11,2891
Pendulus Caementum (Carbongewebe, 2015)	ca. 7-10	M16-I	300	100	5,3	175,42	19,9051	44,801	0,7152
		M16-II			5,3	229,532	21,4053	82,9788	0,6504
		M16-III			5,3	227,169	21,3211	42,451	0,6934
		M16-IV			5,3	159,523	20,2952	36,292	0,6931
Weitere Biegezugversuche aus Naturfasern (2008)	28	Hanf	300	100	9,3	360	13,012	233,898	3,905
		Flachs	300	100	9,7	177	8,911	138,234	2,621

## Ausblick

Im nächsten Schritt sollte zunächst eine Versuchsreihe mit unterschiedlichen Fasergehalten erstellt werden, um so den optimalen Fasergehalt herauszufinden.

Die auf diesem Ergebnis aufbauenden Untersuchungen sollen sich mit dem optimierten Fasergehalt sowie der Positiv-Schalung der Konstruktionsgruppe SoSe 2016 beschäftigen.

Bzüglich einer bauökologischen Bewertung kann anschließend eine Ökobilanz sowie eine dazugehörige Lebenszyklusanalyse erstellt werden. Bisher wurden lediglich die Vor- und Nachteile von Naturbewehrungen zusammengefasst.