

Wolfram Jäger, Hassan Youssef, Fabian Meyer

Faseranker und -nadeln (FaAnNa) – Einsatz von Ankern und Nadeln aus Faserwerkstoffen bei der Sanierung historischer Bauwerke

F 3187

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

2020

ISBN 978-3-7388-0463-8

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

Faseranker und -nadeln (FaAnNa)

Titel: „Einsatz von Ankern und Nadeln aus Faserwerkstoffen bei der Sanierung historischer Bauwerke“

Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-15.60
Projektnummer TU/LS Twpl.: 61503-FaAnNa

Auftraggeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Auftragnehmer: Technische Universität Dresden
Fakultät Architektur
Lehrstuhl Tragwerksplanung
Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger
01062 Dresden

Bearbeiter: Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger
Dipl.-Ing. Hassan Youssef
Dipl.-Ing. Fabian Meyer

Das Forschungsprojekt wird mitfinanziert sowie durch Materialspenden und Eigenleistungen unterstützt durch:

S & P Clever Reinforcement
Karl-Ritscher-Anlage 5
60437 Frankfurt a.M.

Jäger und Bothe Ingenieure GmbH
Haydnstraße 3
09119 Chemnitz

Jäger Ingenieure GmbH
Wichernstraße 12
01445 Radebeul

Minova CarboTech GmbH
Am Technologiepark 1
45307 Essen

Schöck Bauteile GmbH
Vimbucher Straße 2
76534 Baden-Baden

CASEA GmbH
Werk Ellrich
Pontelstr. 3
99755 Ellrich

quick-mix Leipzig GmbH & Co. KG
Tornauer Straße 6
04356 Leipzig

Ziegelwerk Freital Eder GmbH
Wilsdruffer Straße 25
01705 Freital

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Az.: SWD-10.08.18.7-15.60). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract/ Kurzzusammenfassung.....	6
2	Einführung.....	8
2.1	Problemstellung	8
2.2	Zielsetzung.....	8
2.3	Theoretische Untersuchung	8
2.4	Experimentelle Arbeiten.....	9
2.5	Auswertung und Zusammenfassung.....	10
3	Stand der Technik.....	12
3.1	Einsatz von Ankern und Nadeln	12
3.1.1	Schloss Steinort, Sztynort, Polen	12
3.2	Aktuelle Nachweisführung.....	20
3.3	Probleme bei sulfathaltigem Mauerwerk	21
4	Theoretische Untersuchung	23
4.1	Allgemein	23
4.2	Wirkungsweise.....	23
4.2.1	Verpressanker im Mauerwerk.....	24
4.2.2	Kraftübertragung im Verpressanker.....	24
4.2.2.1	Krafteinleitung in den Ankerstab	25
4.2.2.2	Krafteinleitung in den Verpresskörper	26
4.2.3	Versagensarten des Verpressankers.....	26
4.3	Analytische Beschreibung der Verbundfestigkeit bei Nadeln/Verpressankern.....	27
4.3.1	Verbundverhalten zwischen Stabanker und Injektionsmörtel	28
4.3.2	Verbundverhalten zwischen Injektionsmörtel und Naturstein.....	32
5	Untersuchungen zum Verbundverhalten.....	37
5.1	Experimentelle Untersuchungen - Mauerwerksbewehrung.....	37
5.1.1	Allgemeines	37
5.1.2	Konstruktive Vorschriften in der Norm	37
5.1.3	Materialeigenschaften	38
5.1.3.1	Steinarten	38
5.1.3.2	Mauermörtel.....	38
5.1.3.3	Verwendete Mauerbewehrung	39
5.1.4	Prüfkörperherstellung	39
5.1.5	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	43
5.1.6	Auswertung der Versuchsserien	45
5.1.6.1	Auswertung Versuchs-Serie 1	45
5.1.6.2	Auswertung Versuchs-Serie 2	46
5.1.6.3	Auswertung Versuchs-Serie 3	47
5.1.6.4	Auswertung Versuchs-Serie 4	48
5.1.6.5	Auswertung Versuchs-Serie 5	49
5.1.7	Auswertung der Versuche der Mauerwerksbewehrung nach Barlet	50
5.1.8	Zusammenfassung.....	52
5.2	Experimentelle Untersuchungen -Faserverbundwerkstoffe	53
5.2.1	Versuche zum Verbundverhalten mit kleiner Verbundlänge	53
5.2.1.1	Allgemeines.....	53
5.2.1.2	Materialeigenschaften.....	54
5.2.1.3	Prüfkörperherstellung	60
5.2.1.4	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung.....	65
5.2.1.5	Ergebnisse der Versuche mit GFK-Stäben Combar der Fa. Schöck, Durchmesser 16mm, variierenden Verpressmörtelsorten, Verbundlänge 2 ds und 5 ds.....	67

5.2.1.6	Eignung der Mörtelsorten	79
5.2.1.7	Ergebnisse der Versuche mit variierenden Faserverbundwerkstoffen, Durchmesser 8 mm, Verbundlänge 2 ds und 5 ds	88
5.2.2	Versuche zum Verbundverhalten mit großer Verbundlänge	92
5.2.2.1	Beschreibung	92
5.2.2.2	Materialeigenschaften.....	92
5.2.2.3	Prüfkörperherstellung.....	94
5.2.2.4	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung.....	95
5.2.2.5	Auswertung der Versuche.....	97
5.2.3	Auswertung der experimentellen Untersuchungen.....	102
5.2.3.1	Mittlere Verbundspannung.....	102
5.2.3.2	Schrittweise Integration mittels Verbundgrundgesetzen.....	104
5.2.3.3	Zusammenfassung.....	106
5.3	Zwischenfazit.....	108
6	Untersuchung des Vorspannverhaltens von Ankern aus Faserverbundwerkstoffen.....	109
6.1	Allgemeines.....	109
6.2	Stand der Forschung	109
6.3	Technologie des Vorspannens.....	109
6.3.1	Vorspanntechnik	109
6.3.2	Vorspannen mit Verbund	109
6.3.3	Vorspannen ohne Verbund.....	110
6.4	Experimentelle Untersuchungen zum Vorspannverhalten von Faserverbund- werkstoffen.....	110
6.4.1	Vorspannsystem	110
6.4.2	Dauerstandversuche.....	111
6.4.2.1	Ziel der Versuche	111
6.4.2.2	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung.....	111
6.4.2.3	Messtechnik.....	114
6.4.2.4	Auswertung der Dauerstandversuche	116
6.4.3	Torsionsfestigkeit	117
6.4.3.1	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung.....	117
6.4.3.2	Auswertung der experimentellen Untersuchung der Torsionsfestigkeit.....	119
6.5	Zwischenfazit.....	122
7	Praxistest.....	122
8	Zusammenfassung der Ergebnisse für die Praxis	128
9	Anwendungsbeispiel.....	133
10	Ausblick.....	138
11	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	140
12	Anhang-Fotodokumentation und Messwerte der Versuche.....	146
12.1	Versuche der Mauerwerksbewehrung	146
12.1.1	Verwendete Steinformate	146
12.1.2	Verwendete Mörtelsorten	146
12.1.3	Geprüfte Verbundlänge der Mauerbewehrung.....	147
12.1.4	Aufmauern der Prüfkörper	147
12.1.5	Versuchsbegleitende Materialprüfungen-Mörtelprüfungen.....	148
12.1.6	Versuchsbegleitende Materialprüfungen-Fugendruckfestigkeit	150
12.1.7	Versuchsbegleitende Materialprüfungen-Stahlzug	152
12.1.8	Ausziehversuche	154
12.2	Versuche zum Verbundverhalten im Naturstein	158

12.2.1	Verwendete Faserverbundwerkstoffe	159
12.2.2	Versuchsbegleitende Materialprüfung – Natursandstein.....	160
12.2.3	Versuchsbegleitende Materialprüfung – Saugfähigkeit Natursandstein.....	161
12.2.4	Versuchsbegleitende Materialprüfung – GFK-Stäbe	162
12.2.5	Prüfkörperherstellung- kurze Verbundlänge	163
12.2.6	Prüfkörperherstellung große Verbundlänge	164
12.2.7	Ausziehversuche mit kurzer Verbundlänge	165
12.2.7.1	Ausziehversuche mit 16mm GFK Stab	165
12.2.7.2	Ausziehversuche mit 8mm GFK-Stab.....	166
12.2.7.3	Ausziehversuche mit 8mm CFK-Stab	167
12.2.8	Ausziehversuche mit großer Verbundlänge	168
12.2.8.1	Ausziehversuch mit 16mm GFK-Stab	168
12.2.8.2	Ausziehversuch mit 27mm GFK-Stab	169
12.3	Torsionsversuche	170
12.4	Dauerstandversuche.....	171
12.5	Versuchsmauerwerk.....	173