

Aktive Faser-Verbundwerkstoffe für Adaptive Systeme.

Abschlussbericht

Bearbeitet von

Jürgen Ruth, Rainer Gumpf, Christian Heidenreich

1. Auflage 2012. Buch. 189 S.

ISBN 978 3 8167 8639 9

[Weitere Fachgebiete > Technik > Baukonstruktion, Baufachmaterialien](#)

schnell und portofrei erhältlich bei



Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Jürgen Ruth, Rainer Gumpf, Christian Heidenreich

Aktive Faser-Verbundwerkstoffe für Adaptive Systeme

F 2801

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- 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 reprotochnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotochnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2011

ISBN 978-3-8167-8639-9

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/bauforschung

Forschungsvorhaben
Aktive Faser-Verbundwerkstoffe für Adaptive Systeme

Forschungsergebnisse - Abschlussbericht

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

(Aktenzeichen: SF - 10.08.18.7-09.8/II 3 - F20-09-072)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.



Projektpartner

Bauhaus-Universität Weimar: Professur Tragwerkslehre
Professur Entwerfen und Tragwerkskonstruktion

SKZ - Das Kunststoff-Zentrum Kunststoff-Forschung und -Entwicklung gGmbH

Datum: 31. August 2011

Bearbeiter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ruth
Prof. Dipl.-Ing. Rainer Gumpf
Dipl.-Ing. Christian Heidenreich

Kurzfassung

Im vorliegenden Abschlussbericht werden die wesentlichen Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Aktive Faser-Verbundwerkstoffe für Adaptive System (AFAS)“ vorgestellt.

Der Ansatz im Forschungsprogramm AFAS bestand darin, die Effektivität von Faser-verbundwerkstoffen für Anwendungen im Bauwesen zu untersuchen und durch den Einsatz innovativer Techniken zu steigern. Hierzu wurden zunächst verschiedene Recherchen zur Ausbildung faserverstärkter Strukturen in der Natur durchgeführt und geeignete Übertragungen dieser Erkenntnisse auf das Bauwesen diskutiert. Auf diese Weise können die zu verwendenden Materialien entsprechend ihrer Eigenschaften optimal genutzt werden.

Des Weiteren werden die Kenntnisse der Luft- und Raumfahrtindustrie in der Anwendung aktiver Materialien und Steuertechnik vorgestellt und die Übertragbarkeit auf Anwendungen im Bauwesen diskutiert.

Um die zuvor erarbeiteten Grundlagen effektiv für Anwendungen im Bauwesen zu nutzen, besteht die Notwendigkeit verschiedene Softwareprodukte zu nutzen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens AFAS wurden geeignete Schnittstellen entwickelt, welche einen kontinuierlichen Datenaustausch zwischen diesen Programmsystemen ermöglichen.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden abschließend an verschiedenen Verifikationsobjekten vorgestellt und die Möglichkeiten zusammengefasst.

Abstract

In the final report of the research project „Aktive Faser-Verbundwerkstoffe für Adaptive System (AFAS)“ are the main results presented.

The approach in the research program AFAS was to investigate the effectiveness of fiber composites for building applications and increase the use of innovative techniques. So, first, various research on fiber-reinforced structures training conducted in the nature of these findings and discuss appropriate transfers to the building industry. This allows the materials to be used according to their properties can be optimally used.

Furthermore, the knowledge of aviation industry in the application of active materials and control technology presented and discussed the applicability to civil engineering applications.

To the previously elaborated bases to use it effectively for building applications, there is a need to use different software products. As part of the research project AFAS appropriate interfaces have been developed that allow a continuous exchange of data between these systems.

The gained knowledge are finally presented to various objects of verification and summarizes the possibilities.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	17
1. AFAS - Aktive Faser-Verbundwerkstoffe für adaptive Systeme	19
1.1. Das Forschungsvorhaben	19
2. Aufzeigen des derzeitigen Kenntnis- und Anwendungsstandes adaptiver technischer Systeme	21
2.1. Smart materials für adaptive Systeme	22
2.2. Aufzeigen von derzeitigen Anwendungen von adaptiver Systeme in der Luft- und Raumfahrt sowie im Maschinenbau	25
2.2.1. Anwendungsgebiete von Piezokeramiken	25
2.2.2. Anwendungsgebiete von Formgedächtnislegierungen	27
2.2.3. Anwendungsgebiete Optischer Fasern	28
2.3. Aufzeigen möglicher Einsatzgebiete aktiver Bauteile im Bauwesen	29
2.3.1. Anwendungsgebiete von Piezokeramiken	31
2.3.2. Anwendungsgebiete Magnetorheologischer Fluide	36
2.3.3. Anwendungsgebiete von Formgedächtnislegierungen	40
2.3.4. Anwendungsgebiete von Phasenwechselmaterialien	43
2.3.5. Anwendungsgebiete Optischer Fasern	45
2.4. Aufzeigen der Einsatzmöglichkeiten aktiver Bauteile im Bauwesen für spezielle Belastungen	48
2.4.1. Erdbeben	49
2.4.2. Begrenzung von Durchbiegungen und Schwingungen	50
3. Leichtbau und die Vorteile von Faserverbundstrukturen	59
3.1. Leichtbau	59
3.2. Biologische Faserverbundstrukturen	61
3.3. Aktuelle Entwicklungen und Konzepte im Automobilbau	66
3.4. Beispiele von FVK-Anwendungen im Bauwesen	66
3.4.1. Faserverbundbauteile als lineare Bauteile	67
3.4.2. Freiformschalentragwerke als Faserverbundstrukturen	70
3.4.3. Entwicklung im Fassadenbau - Faserverbundwerkstoffe und Wandelbarkeit	73
3.4.4. Freiformarchitektur ohne Schalungsaufwand	76
3.4.5. Kunststoff-Faltwerke	76
3.4.6. Modulare Bauweise - Vom vorgefertigten Einzelteil zum Bauwerk . .	81

3.5. Vergleichende Betrachtung von Stahlbetonschalen - Berechnungsannahmen und Systembildung	82
3.5.1. Betonschalen	82
3.5.2. Betonrippenschalen	83
3.5.3. Betongitterschalen	83
3.5.4. Lastannahmen für Schalentragwerke - Schneelasten	84
3.5.5. Lastannahmen für Schalentragwerke - Windlasten	84
3.5.6. Tragverhalten von Schalentragwerken - Formfindung und historische Entwicklung	85
3.5.7. Tragverhalten	86
3.5.8. Stabilität	86
3.5.9. Imperfektionen	87
3.6. Strukturoptimierung	88
3.6.1. Topologieoptimierung	88
3.6.2. Formoptimierung und -findung	89
3.6.3. Materialoptimierung - Faserorientierung	90
4. Innovative Planungswerzeuge zur Generierung adaptiver Systeme	93
4.1. Parametrik in Design und Berechnung	93
4.1.1. Parametrisches Design	93
4.1.2. Parameterbasierte statische und dynamische Berechnung	96
4.2. Parametrische Design-, Berechnungs-, Optimierungs- und Steuersoftware — Werkzeuge	98
4.2.1. Parametrische Designsoftware	100
4.2.2. Parametrische Steuersoftware	102
4.2.3. Parametrische Berechnungs- und Optimierungssoftware	103
4.2.4. Simulation aktiver Prozesse mit Hilfe statisch-dynamischer Analysewerkzeuge	109
4.3. Zukunftsweisende Nutzung moderner Programmtechnik und notwendige Schnittstellen zur Entwicklung optimierter Faserverbundstrukturen	117
4.3.1. Entwicklung von Schnittstellen — Auslegung und Optimierung von Tragwerken aus faserverstärkten Kunststoffen unter Berücksichtigung des Fasergehaltes und der Topologieoptimierung	117
5. Erstellung von Anwendungshilfen — Identifikation geeigneter intelligenter Materialien für verschiedene Anwendungszwecke	123
5.1. Definition von im Bauwesen einsetzbarer aktiver Werkstoffe	123
5.2. Piezoelektrische Keramiken	126
5.2.1. Bauarten und aktuelle Entwicklungen piezoelektrischer Aktoren	126
5.2.2. Auswahl von Piezoaktoren	129
5.3. Formgedächtnislegierungen	130
5.3.1. Formgedächtnislegierungsarten	131
5.3.2. Anwendungen von Formgedächtnislegierungen	136
5.4. Magnetische Formgedächtnislegierungen	139

5.5. Anwendungshilfen	140
5.5.1. Auswahlmatrix Sensorik	141
5.5.2. Auswahlmatrix Aktorik	141
6. Demonstrationsobjekt	143
6.1. Vorüberlegungen	143
6.2. Relevante Entwurfskriterien	147
6.3. Schalentragwerke - rechnerische Voruntersuchungen	148
6.4. Demonstrationsobjekt - DO1	151
6.4.1. Definition der Geometrie- und Materialparameter	151
6.4.2. Lastfälle	152
6.4.3. Berechnungsergebnisse	152
6.4.4. Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse und Optimierung	161
6.4.5. Herstellung der Fuge - Zusatzintegrationsmöglichkeiten	162
6.5. Demonstrationsobjekt - DO2	171
6.6. Demonstrationsobjekt - DO3	174
7. Zusammenfassung und Ausblick	175
7.1. Zusammenfassung	175
7.2. Ausblick	176
Literatur	177
A. Projektzeitplan	185
B. Öffentlichkeitsarbeit	187