



Technische
Universität
Braunschweig

Zukunftstechnologien für den multifunktionalen Leichtbau

Klaus Dilger *Hrsg.*

Kontinuierliche kraftflussgerechte Textiltechnologien für Leichtbaustrukturen in Großserie

Ergebnisse aus dem
BMBF-Verbundprojekt KonText

OHLEF OPEN HYBRID
LABFACTORY
Der LeichtbauCampus.

 Springer Vieweg

Zukunftstechnologien für den multifunktionalen Leichtbau

Reihe herausgegeben von

Open Hybrid LabFactory e.V.

Wolfsburg, Deutschland

Ziel der Buchreihe ist es, zentrale Zukunftsthemen und aktuelle Arbeiten aus dem Umfeld des Forschungscampus Open Hybrid LabFactory einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Es werden neue Denkansätze und Ergebnisse aus der Forschung zu Methoden und Technologien zur Auslegung und großserienfähigen Fertigung hybrider und multifunktionaler Strukturen vorgestellt. Insbesondere gehören neue Produktions- und Simulationsverfahren, aber auch Aspekte der Bauteilfunktionalisierung und Betrachtungen des integrierten Life-Cycle-Engineerings zu den Forschungsschwerpunkten des Forschungscampus und zum inhaltlichen Fokus dieser Buchreihe.

Die Buchreihe umfasst Publikationen aus den Bereichen des Engineerings, der Auslegung, Produktion und Prüfung materialhybrider Strukturen. Die Skalierbarkeit und zukünftige industrielle Großserienfähigkeit der Technologien und Methoden stehen im Vordergrund der Beiträge und sichern langfristige Fortschritte in der Fahrzeugentwicklung. Ebenfalls werden Ergebnisse und Berichte von Forschungsprojekten im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungscampus veröffentlicht und Proceedings von Fachtagungen und Konferenzen im Kontext der Open Hybrid LabFactory publiziert.

Die Bände dieser Reihe richten sich an Wissenschaftler aus der Material-, Produktions- und Mobilitätsforschung. Sie spricht Fachexperten der Branchen Technik, Anlagen- und Maschinenbau, Automobil & Fahrzeugbau sowie Werkstoffe & Werkstoffverarbeitung an. Der Leser profitiert von einem konsolidierten Angebot wissenschaftlicher Beiträge zur aktuellen Forschung zu hybriden und multifunktionalen Strukturen.

This book series presents key future topics and current work from the Open Hybrid LabFactory research campus funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) to a broad public. Discussing recent approaches and research findings based on methods and technologies for the design and large-scale production of hybrid and multifunctional structures, it highlights new production and simulation processes, as well as aspects of component functionalization and integrated life-cycle engineering.

The book series comprises publications from the fields of engineering, design, production and testing of material hybrid structures. The contributions focus on the scalability and future industrial mass production capability of the technologies and methods to ensure long-term advances in vehicle development. Furthermore, the series publishes reports on and the findings of research projects within the research campus, scientific papers as well as the proceedings of conferences in the context of the Open Hybrid LabFactory.

Intended for scientists and experts from the fields of materials, production and mobility research; technology, plant and mechanical engineering; automotive & vehicle construction; and materials & materials processing, the series showcases current research on hybrid and multifunctional structures.

Weitere Bände in dieser Reihe <http://www.springer.com/series/16103>

Klaus Dilger
Hrsg.

Kontinuierliche kraftflussgerechte Textiltechnologien für Leichtbaustrukturen in Großserie

Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt
KonText

Hrsg.
Klaus Dilger
Braunschweig, Deutschland

ISSN 2524-4787 ISSN 2524-4795 (electronic)
Zukunftstechnologien für den multifunktionalen Leichtbau
ISBN 978-3-662-61002-2 ISBN 978-3-662-61003-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61003-9>

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

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Forschungscampus Open Hybrid LabFactory

Abschlussbericht des Forschungs-Verbundprojekts

KonText

Kontinuierliche kraftflussgerechte Textiltechnologien für Leichtbaustrukturen in Großserie

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderinitiative „Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Projektkonsortium:

02 PQ5123	Volkswagen AG
02 PQ5124	KARL MAYER Technische Textilien GmbH
02 PQ5122	LSE – Lightweight Structures Engineering GmbH
02 PQ5120	Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig – Institut für Füge- und Schweißtechnik
02 PQ5121	Cetex Institut für Textil- und Verarbeitungsmaschinen gemeinnützige GmbH
- Assoziiert -	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. für ihr Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) – Projektgruppe „Technologietransfer Produktionstechnik im Dreiländereck“, Zittau
- Assoziiert -	DowAksa Advanced Composites Holdings B.V., Amsterdam, Niederlande

Laufzeit: 01.01.2015 bis 31.12.2018

GEFÖRDERT VOM



Die Dokumentation stellt die Ergebnisse aus einem Forschungs-Verbundprojekt dar. Verantwortlich für den Inhalt sind die jeweilig genannten Autoren. Ergebnisse, Meinungen und Schlüsse dieses Buches sind nicht notwendigerweise die der Volkswagen AG, KARL MAYER Technische Textilien GmbH, LSE – Lightweight Structures Engineering GmbH, Cetex gGmbH.

The documentation presents the results of a joint research project. The respective authors are responsible for the content. The results, opinions or conclusions of this book are not necessarily those of the Volkswagen AG, KARL MAYER Technische Textilien GmbH, LSE – Lightweight Structures Engineering GmbH, Cetex gGmbH.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung** 1
Markus Mannig
- 2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens** 3
Hans-Jürgen Heinrich
- 3 Projektziele** 9
Enrico Körner und Thomas Heinecke
 - 3.1 Zielbauteile, Anforderungen 10
 - 3.2 Anlagentechnik 11
 - 3.3 Textiltechnische Herausforderungen und Umsetzungsmöglichkeiten 14
- 4 Voruntersuchungen** 19
Daniel Nebel, Holg Elsner und Markus Mannig
 - 4.1 Materialauswahl und Charakterisierung 20
 - 4.1.1 Materialauswahl 20
 - 4.1.2 Rheologie ausgewählter Matrixmaterialien 21
 - 4.1.3 Voruntersuchungen zur thermoplastischen Imprägnierung
kohlenstofffaserverstärkter Strukturen 22
 - 4.1.4 Charakterisierung von hybriden Glas- und
Kohlenstofffasermultiaxialgelegen 25
 - 4.2 Optimierung und Drapiersimulation 27
 - 4.3 Grenzflächencharakterisierung 32
 - 4.3.1 Grundlagen 32
 - 4.3.2 Benetzung 32
 - 4.3.3 Faser-Matrix-Haftung 38
- 5 Entwicklung Legetechnologie** 41
Hans-Jürgen Heinrich und Thomas Heinecke
 - 5.1 Kettfadenversatzmodul 42
 - 5.1.1 Lösungskonzepte 42
 - 5.1.2 Vorversuche 45

5.1.3	Umsetzung Anlagentechnik	47
5.1.4	Optimierung Legeverhalten	55
5.2	Schussfadenversatzmodul	57
5.2.1	Prinziplösungen und Konzeptauswahl	57
5.2.2	Umsetzung Schussfadenmodul	65
5.2.3	Lösungskonzepte zur Schussfadenfixierung	69
5.2.4	Entwicklung Fixiertechnologie und maschinenbautechnische Umsetzung	72
5.2.5	Optimierung Legeverhalten	74
5.3	Musterprogrammierung	77
5.3.1	Kettfadenversatz	77
5.3.2	Schussfadenversatz	80
6	Halbzeug- und Bauteilherstellung	83
	Daniel Nebel	
6.1	Bauteilstudie Sitzdurchlade	85
6.1.1	Referenzstruktur	85
6.1.2	Konzeption und Berechnung einer belastungsgerechten Durchlade	87
6.1.3	Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsanalyse	90
6.2	Halbzeug- und Bauteilherstellung	95
6.2.1	Anwendung der Multiaxialgelegetechnologie mit variabler Kett- und Schussfadenversatzverstärkung	95
6.2.2	Textile Fertigung der belastungsgerechten Durchlade	98
6.2.3	Thermoplastische Imprägnierung von MAG-K/S-V-Textilien in Großserie	102
6.2.4	Herstellung von thermoplastischen Halbzeugen einer belastungsgerechten Durchlade	104
6.2.5	Demonstratorfertigung	108
7	Zusammenfassung/Ausblick	113
	Markus Mannig	
	Veröffentlichungen	115
	Literatur	117

Über die Autoren

Herr Dr. Enrico Körner Volkswagen Aktiengesellschaft, Wolfsburg, Deutschland

Herr Thomas Heinecke KARL MAYER Technische Textilien GmbH, Chemnitz, Deutschland

Herr Holg Elsner LSE – Lightweight Structures Engineering GmbH, Chemnitz, Deutschland

Herr Markus Mannig Technische Universität Braunschweig, Institut für Füge- und Schweißtechnik, Braunschweig, Deutschland

Herr Hans-Jürgen Heinrich Cetex Institut für Textil- und Verarbeitungsmaschinen gemeinnützige GmbH, Chemnitz, Deutschland

Herr Daniel Nebel Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg, Wolfsburg, Deutschland

Abkürzungsverzeichnis

12K, 24K, 50K, etc.	Filamentanzahl im Kohlenstofffaserroving, angegeben in Tsd.
CAD	Computer Aided Design
CF	Carbonfaser
CFK	Carbonfaser verstärkter Kunststoff
UD	Unidirektional
FPP	Fibre Patch Preforming
FVK	Faserverbundkunststoffe
KFV	Kettfadenversatz
KV	Kettfadenversatz
MAG-K/S-V	Multiaxial-Gelegetechnik mit Kett- und Schussfadenversatz
MAG-KV	Multiaxial-Gelegetechnik mit Kettfadenversatz
MSV	Mehrschichtverbunde
PA6	Polyamid 6
PA6.6	Polyamid 6.6
PBT	Polybutylenterephthalat
PP	Polypropylen
SFV	Schussfadenversatz
SV	Schussfadenversatz
TFP	Tailored Fibre Placement



Einleitung

1

Markus Mannig

Zusammenfassung

Das wesentliche Anliegen des Verbundprojektes KonText war die Reduzierung der Kosten von FVK-Bauteilen durch die Bereitstellung eines textilen Fertigungsprozesses und die nachfolgende Herstellung kraftflussgerechter thermoplastischer Faserverbundbauteile. In diesem Kapitel werden Problemstellung und Projektziele formuliert.

Das wesentliche Anliegen des Verbundprojektes KonText war die Reduzierung der Kosten von FVK-Bauteilen durch die Bereitstellung eines textilen Fertigungsprozesses und die nachfolgende Herstellung kraftflussgerechter thermoplastischer Faserverbundbauteile. Hierzu war geplant, die gesamte Prozesskette von der C-Faser-Optimierung über die Fertigungs- und Struktursimulation von kraftflussgerechten Textilien sowie Anlagenentwicklung und -erprobung bis zur Herstellung der Bauteile mittels klassischer Großserientechnik „Umformen“ bereitzustellen. Das Verbundprojekt wurde im Rahmen der Forschungscampus-Initiative „Open Hybrid LabFactory“ durchgeführt.

Problemstellung

Der Einsatz klassischer FVK-Materialien mit duromerer Matrix in der automobilen Großserie wird trotz ihres großen Leichtbaupotenzials durch die kosten- und zeitaufwendige Fertigung behindert. Dies ist im Wesentlichen auf die energieintensive Herstellung, die

M. Mannig (✉)

Technische Universität Braunschweig, Institut für Füge- und Schweißtechnik,
Braunschweig, Deutschland

E-Mail: m.mannig@tu-braunschweig.de

hohen Verschnittkosten und die verhältnismäßig aufwendige Prozesstechnologie (schlechte Automatisierbarkeit) zurückzuführen.

Ein Lösungsansatz zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit ist die Nutzung klassischer großserientechnischer Fertigungsverfahren (z. B. Umformen) für den Einsatz thermoplastischer Matrixsysteme sowie die angepasste, kraftflussgerechte Fertigung der Preforms. Neben der Entwicklung der Anlagentechnik zur effizienten Fertigung der kraftflussgerechten Textilien inklusive deren Qualitätssicherung ergeben sich aus der Verwendung thermoplastischer Matrices verschiedene Herausforderungen, wie etwa die Kompatibilität von Kohlenstofffaser und Matrix oder die effektive Imprägnierung und Umformung der Textilien.

Projektziele

Das Verbundprojekt „Kontinuierliche kraftflussgerechte Textiltechnologien für Leichtbaustrukturen in Großserie (KonText)“ hatte zum Ziel, eine Produktionstechnologie bereitzustellen, mit der es möglich ist, lastpfadgerechte, thermoplastische Faserverbundbauteile kosteneffizient mit hoher Qualität herzustellen. Bezüglich quantifizierbarer Kennwerte war angestrebt, ein Bauteil in Faserverbundbauweise zu fertigen, das 25 % leichter ist als das aktuelle Referenzbauteil und um 30 % günstiger als in klassischer CFK-Fertigung.