

ATZ/MTZ-Fachbuch

Wolfgang Siebenpfeiffer *Hrsg.*

# Leichtbau- Technologien im Automobilbau

Werkstoffe · Fertigung · Konzepte

 Springer Vieweg

ATZ/MTZ-Fachbuch

Wolfgang Siebenpfeiffer *Hrsg.*

# Leichtbau- Technologien im Automobilbau

Werkstoffe · Fertigung · Konzepte

 Springer Vieweg

---

# **ATZ/MTZ-Fachbuch**

Die komplexe Technik heutiger Kraftfahrzeuge und Motoren macht einen immer größer werdenden Fundus an Informationen notwendig, um die Funktion und die Arbeitsweise von Komponenten oder Systemen zu verstehen. Den raschen und sicheren Zugriff auf diese Informationen bietet die regelmäßig aktualisierte Reihe ATZ/MTZ-Fachbuch, welche die zum Verständnis erforderlichen Grundlagen, Daten und Erklärungen anschaulich, systematisch und anwendungsorientiert zusammenstellt.

Die Reihe wendet sich an Fahrzeug- und Motoreningenieure sowie Studierende, die Nachschlagebedarf haben und im Zusammenhang Fragestellungen ihres Arbeitsfeldes verstehen müssen und an Professoren und Dozenten an Universitäten und Hochschulen mit Schwerpunkt Kraftfahrzeug- und Motorentechnik. Sie liefert gleichzeitig das theoretische Rüstzeug für das Verständnis wie auch die Anwendungen, wie sie für Gutachter, Forscher und Entwicklungsingenieure in der Automobil- und Zulieferindustrie sowie bei Dienstleistern benötigt werden.

---

Wolfgang Siebenpfeiffer  
(Hrsg.)

# Leichtbau-Technologien im Automobilbau

Werkstoffe - Fertigung - Konzepte

Mit 205 Abbildungen

 Springer Vieweg

*Herausgeber*

Wolfgang Siebenpfeiffer  
Stuttgart, Deutschland

ISBN 978-3-658-04024-6  
DOI 10.1007/978-3-658-04025-3

ISBN 978-3-658-04025-3 (eBook)

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 Fachmedien Wiesbaden 2014

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 Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

*Bildhinweis Umschlag:* Porsche AG

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+BusinessMedia  
[www.springer-vieweg.de](http://www.springer-vieweg.de)

## Vorwort

Die Kundenansprüche hinsichtlich Komfort und Sicherheit haben über Jahrzehnte im Automobilbau zu immer höheren Fahrzeuggewichten geführt. Diese Gewichtsspirale gilt es wegen der notwendigen Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen umzukehren. Konsequenter, intelligenter Leichtbau ist angesagt. Die Automobil- und Zuliefererindustrie, unterstützt durch viele Forschungsprojekte, hat längst die damit verbundenen Herausforderungen angenommen und Lösungskonzepte in Serie gebracht.

Zug um Zug fließen Verbesserungen auf dem Werkstoffsektor und durch neue Fertigungsverfahren in den Produktentstehungsprozess ein. Neue und leichtere Werkstoffe gewinnen an Bedeutung. So gewinnen beispielsweise Aluminium, Magnesium und Kunststoffe einen immer höheren Anteil an der Rohkarosserie. Dennoch eröffnet auch der Einsatz von höher- und höchstfesten Stahlsorten weitere Potenziale für den Leichtbau.

Dieses ATZ/MTZ-Fachbuch verschafft dem interessierten Leser einen aktuellen Überblick zu allen Disziplinen der Leichtbau-Technologien im Automobilbau. Im ersten Teil werden mit ausgesuchten Beispielen Werkstoffe und deren fertigungstechnische Umsetzung vorgestellt.

Faserverstärkte Kunststoffe und ihre Verwendungsmöglichkeiten bilden dabei einen Schwerpunkt. Die Klebtechnik hat sich im Automobilbau längst durchgesetzt und beweist in vielen Einsatzgebieten ihre Praxistauglichkeit. So werden in diesem Band Details von Verbesserungen vorgestellt. Umfangreiche Beiträge beleuchten Konzepte für neue Anwendungen mit dem Ziel, die Fortschritte und das Weiterentwicklungspotenzial im Automobilleichtbau anschaulich zu machen.

Die in diesem Fachbuch der Reihe ATZ/MTZ zusammengefassten 32 Beiträge von Fachautoren wurden überwiegend in den Zeitschriften ATZ, lightweight-design und adhäsion des Verlags Springer Vieweg veröffentlicht. Das daraus entstandene Kompendium umfasst den derzeitigen Stand und die Fortschritte des Leichtbaus für Kraftfahrzeuge. Darüber hinaus gibt es einen Ausblick auf Entwicklungen, die zukünftig zu erwarten sind oder kurzfristig in die Serie einfließen. Für eine Vertiefung der Inhalte wird auf weiterführende Literatur hingewiesen.

Stuttgart, Dezember 2013

*Wolfgang Siebenpfeiffer*

## Autorenverzeichnis

### Teil 1: Werkstoffe

#### **Anforderungen an die Pressentechnik bei der Produktion von CFK-Karosserieteilen**

Dipl.-Ing. (TH) Raimund Zirn  
ist Produktmanager Composite-Pressen bei der Schuler SMG GmbH & Co. KG in Waghäusel.

#### **Technologieplanung zur automatisierten Fertigung von Preforms für schalenförmige CFK-Halbzeuge**

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer  
ist Leiter des wbk Instituts für Produktionstechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) für den Bereich Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung.

Dipl.-Ing. Henning Wagner  
ist akademischer Mitarbeiter in der Gruppe Leichtbaufertigung am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

#### **Kapazitive Messtechnik zur RTM-Prozessüberwachung**

Dipl.-Ing. Matthias Arnold  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Verarbeitungstechnik am Institut für Verbundwerkstoffe GmbH in Kaiserslautern.

Dipl.-Ing. (FH) Holger Franz  
ist Laboringenieur in der Abteilung Verarbeitungstechnik am Institut für Verbundwerkstoffe GmbH in Kaiserslautern.

Dr.-Ing. Manfred Bobertag  
ist Geschäftsführer und Entwicklungsleiter der PMB – Präzisionsmaschinenbau Bobertag GmbH in Kaiserslautern.

Dipl.-Ing. (FH) Jan Glück  
ist Leiter der Abteilung Elektronik und Sensorik der PMB – Präzisionsmaschinenbau Bobertag GmbH in Kaiserslautern.

Dr.-Ing. Massimo Cojutti  
ist Mitarbeiter in der Abteilung Innovation und IT im Audi Werkzeugbau bei der Audi AG in Ingolstadt.

Dr.-Ing. Martin Wahl  
ist Leiter des Segments Innovation und IT im Audi Werkzeugbau bei der Audi AG in Ingolstadt.

Prof. Dr.-Ing. Peter Mitschang  
ist technisch-wissenschaftlicher Direktor der Abteilung Verarbeitungstechnik am Institut für Verbundwerkstoffe GmbH und Universitätsprofessor für „Verarbeitungstechnik der Faser-Kunststoff-Verbunde“ an der Technischen Universität Kaiserslautern.

#### **Optimierung der Heizprozesse von CFK- und GFK-Strukturen mit Infrarot-Strahlung**

Dr. Lotta Gaab  
ist Projektleiterin in der Entwicklung Infrarot bei der Heraeus Noblelight GmbH in Kleinostheim

#### **Vergussmassen für die Mikroelektronik – Zuverlässig, flexibel und effizient**

Dr. Tobias Königer  
ist bei Delo Industrie Klebstoffe in Windach als Produktmanager tätig.

#### **Stator kapselung in Motoren – Epoxid- und PUR-Systeme erfüllen höchste Ansprüche**

Dr. Werner Hollstein  
ist bei Huntsman Advanced Materials in Basel, Schweiz, für technischen Service und Industriepromotion zuständig.



### **Gefügte Fahrwerk – Klebstoffe übernehmen dämpfende Aufgaben**

Dipl.-Ing. Anke Büscher  
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Hochschule Osnabrück im Labor für Karosserieentwicklung und Leichtbau und beschäftigt sich mit der Charakterisierung von Klebstoffen.

Prof. Dr.-Ing. Christian Schäfers  
ist Leiter des Labors für Karosserieentwicklung und Leichtbau und Sprecher des Kompetenzzentrums für Leichtbau, Antriebstechnik und Betriebsfestigkeit (L|A|B), Hochschule Osnabrück.

Prof. Dr.-Ing. Norbert Austerhoff  
leitet das Labor für Fahrwerkstechnik an der Hochschule Osnabrück.

### **Faserverstärkte Kunststoffe – tauglich für die Großserie**

Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann  
ist Institutsleiter und Geschäftsführer der Fördervereinigung des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV), Sprecher der DFG-Forschergruppe 860 und Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung der RWTH Aachen University.

Dipl.-Ing. Robert Bastian  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Leiter der Arbeitsgruppe Flüssig- und Spaltimprägnierverfahren am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) der RWTH Aachen University.

Dipl.-Ing. Christos Karatzias  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Leiter der Arbeitsgruppe Pressen, CAE am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen University.

Dipl.-Ing. Christoph Greb  
ist stellvertretender Bereichsleiter Faser-verbundwerkstoffe am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University.

Dipl.-Ing. Boris Ozolin  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Faserverbund- und Lasersystemtechnik am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT) in Aachen.

## **Teil 2: Fertigung**

### **Zur Philosophie des Klebens**

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer  
ist Leiter des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen.

Prof. Dr. rer. nat. Andreas Hartwig  
ist stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen und leitet die Abteilung Klebstoffe und Polymerchemie.

Dr. rer. nat. Marc Amkreutz  
ist als Wissenschaftler im Bereich Adhäsions- und Grenzflächenforschung des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen tätig.

Dr. rer. nat. Erik Meiß  
ist stellvertretender Abteilungsleiter im Bereich Weiterbildung und Technologietransfer – Klebtechnisches Zentrum – des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen.

Prof. Dr.-Ing. Horst-Erich Rikeit  
ist Mitarbeiter des Bereichs Business Development des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen.

### **Verarbeitung von rezyklierten Carbonfasern zu Vliesstoffen für die Herstellung von Verbundbauteilen**

Dipl.-Ing. (BA) Marcel Hofmann  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter mit dem Schwerpunkt Carbon- und Metallfaservliesstoffe, Vlieswirkstoffe und Vliesstoffverbunde am Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. an der Technischen Universität Chemnitz (STFI).

Dipl.-Ing. Bernd Gulich  
ist stellvertretender Abteilungsleiter  
Vliesstoffe/Recycling am Sächsischen  
Textilforschungsinstitut e.V. an der Tech-  
nischen Universität Chemnitz (STFI).

**Verfahren für die Fertigung komplexer  
Faserverbund-Hohlstrukturen**

Prof. Dr.-Ing. habil Prof. E.h. Dr. h.c.  
Werner Hufenbach  
ist Leiter des Instituts für Leichtbau  
und Kunststofftechnik (ILK) an der  
TU Dresden.

Dipl.-Ing. Andreas Gruhl  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am  
Institut für Leichtbau und Kunststoff-  
technik (ILK) an der TU Dresden mit  
dem Schwerpunkt „Flechtverfahren.“

Dr. Martin Lepper  
ist Geschäftsführer der Leichtbau-  
Zentrum Sachsen GmbH in Dresden.

Dipl.-Ing. Ole Renner  
ist Projektgruppenleiter an der Leicht-  
bau-Zentrum Sachsen GmbH in  
Dresden.

**Herstellung von belastungsoptimierten  
thermoplastischen Faserverbundbauteilen**

Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher  
ist Inhaber des Lehrstuhls für Werkzeug-  
maschinen am Werkzeugmaschinen-  
labor (WZL) der RWTH Aachen sowie  
Direktor und Leiter des Bereichs Produk-  
tionsmaschinen am Fraunhofer-Institut  
für Produktionstechnologie IPT in  
Aachen.

Dr.-Ing. Michael Emonts  
ist Oberingenieur der Abteilung Faser-  
verbund- und Lasersystemtechnik am  
Fraunhofer-Institut für Produktionstech-  
nologie IPT und Geschäftsführer des  
Zentrums für integrativen Leichtbau –  
AZL der RWTH Aachen.

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Alexander  
Kermer-Meyer  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der  
Abteilung Faserverbund- und Lasersys-  
temtechnik am Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnologie IPT in Aachen.

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Henning  
Janssen  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der  
Abteilung Faserverbund- und Lasersys-  
temtechnik am Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnologie IPT in Aachen.

Dipl.-Ing. Daniel Werner  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der  
Abteilung Faserverbund- und Lasersys-  
temtechnik am Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnologie IPT in Aachen.

**Laservorbehandlung – Langzeitstabiles  
Kleben von Metallteilen**

Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Edwin Büchter  
ist geschäftsführender Gesellschafter  
der Clean-Lasersysteme GmbH,  
Herzogenrath/Aachen.

**Sandwichtechnik im Reisemobilbau –  
Stabile Klebprozesse**

Oest GmbH & Co. Maschinenbau KG,  
Freudenstadt, [www.oest.de/  
maschinenbau](http://www.oest.de/maschinenbau)

**Kleben von Composites mit 2K-PU-  
Klebstoffen – Sicher und wirtschaftlich  
verbunden**

Dr. Stefan Schmatloch  
leitet die Abteilung „R&D Composite  
Bonding & Pretreatments“ bei der Dow  
Europe GmbH in Horgen (Schweiz);

Dr. Andreas Lutz  
ist hier als Director Adhesives tätig.

**Thermisches Direktfügen von Metall und Kunststoff – Eine Alternative zur Klebtechnik?**

Dipl.-Ing. Sven Scheik

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Klebtechnik des Instituts für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen University.

Dr.-Ing. Markus Schleser

ist Oberingenieur am gleichen Institut und leitet dort unter anderem die Abteilung Klebtechnik und Kleinteilfügen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisgen leitet das Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen University seit 2007.

**Laserdurchstrahlkleben von opaken Kunststoffen – Schnell und zuverlässig**

Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer

ist Professor für Kunststofftechnologie an der Universität Paderborn.

Dipl.-Wirt.-Ing. Norman Friedrich ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kunststofftechnologie der Universität Paderborn und betreute B.Sc. Julian Berger bei der Ausarbeitung seiner Bachelorarbeit zum Thema „Untersuchungen der Prozessparameter beim Laserdurchstrahlkleben von Kunststoffen“.

**Klebvorbereitung von FVK durch Unterdruckstrahlen – Sauber und prozesssicher**

Dipl.-Ing. Stefan Kreling

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Füge- und Schweißtechnik der TU Braunschweig und beschäftigt sich mit Verfahren zur Klebvorbereitung von Faserverbundwerkstoffen.

David Blass

arbeitet als studentische Hilfskraft in der Arbeitsgruppe und hat zum Thema Unterdruckstrahlen eine Studienarbeit verfasst.

Dr. rer. nat. Fabian Fischer

leitet die Arbeitsgruppen Klebtechnik und Faserverbundtechnologie am ifs.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Klaus Dilger ist Leiter des Institutes.

**Flexible Extrusion thermoplastischer Elastomere – Ein Profil direkt aufextrudiert**  
Reis GmbH & Co. KG Maschinenfabrik, Obernburg.

**Geklebte Strukturen im Fahrzeugbau – Simulation und Bewertung von Fertigungstoleranzen**

Dipl.-Ing. Georg Kruschinski

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mechanik (IfM) der Universität Kassel.

Prof. Dr.-Ing. Anton Matzenmiller leitet dort die Fachgruppe Numerische Mechanik.

Dipl.-Ing. Mathias Bobbert

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF) der Universität Paderborn.

Dr.-Ing. Dominik Teutenberg

ist Oberingenieur am LWF.

Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut

leitet das LWF der Universität Paderborn.

**Automatische Dichtstoffapplikation im Karosseriebau – Dosierer und Düse in einer Einheit**

Dr. Lothar Rademacher

ist bei der Dürr Systems GmbH als Manager Application Development Sealing tätig;

Astrid Ecke

ist Referentin im Marketing für den Bereich Application Technology.

**Schnell aushärtende Klebstoffe für faserverstärkte Verbundwerkstoffe**

Dr.-Ing. Rainer Kohlstrung  
ist Spezialist für Acoustics & Structural Applications/Strukturklebstoffe bei Henkel in Heidelberg.

Dr. Manfred Rein  
ist Spezialist für Assembly Klebstoffe/ Polyurethanklebstoffe bei Henkel in Heidelberg.

**Teil 3: Konzepte**

**Hochaufgelöste Computertomographie – wichtiger Bestandteil der numerischen Simulation**

Dipl.-Ing. Hermann Finckh  
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) und zuständig für numerische Simulation und Computertomografie.

**Crashsicherheit durch hochfestes Kleben von GFK-Strukturelementen im Karosseriebau**

Denis Souvay  
ist Global Product Marketing Manager Reinforcer bei der Sika Schweiz AG, Automotive in Zürich.

**Leichtbau-Fahrgestell mit Einzelradaufhängung und Zentralrohr für leichte Lastkraftwagen**

Dietmar Ingelfinger  
ist Abteilungsleiter Fahrzeuge bei der Gratz Engineering GmbH in Weinsberg.

Dipl.-Ing. (FH) Manuel Liedke  
ist Motorenentwickler und Projektleiter Forschungsprojekt ULTC bei der Gratz Engineering GmbH in Weinsberg.

**Tertiäre Sicherheit – Rettung aus modernen Fahrzeugen nach einem Unfall**

Dipl.-Ing. (FH) Christina Dürr  
ist Systemingenieurin für Sauerstoffsysteme im Flugzeugbau bei der Airbus Operations GmbH in Hamburg.

Dipl.-Ing. Thomas Unger  
ist Projektleiter Unfallforschung im Bereich Passive Sicherheit/Unfallforschung der ADAC Unfallforschung in Landsberg/Lech.

Prof. Dr.-Ing. Udo Müller  
ist Professor für Konstruktionselemente und Karosseriebau der Fakultät Maschinenbau der Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS).

**Leichtbau für mehr Energieeffizienz**

Dr. Martin Hillebrecht  
ist Leiter des Competence Center Leichtbau, Werkstoffe und Technologie bei der Edag GmbH & Co. KGaA in Fulda.

Jörg Hülsmann  
ist Leiter der Abteilung CAE im Bereich Vehicle Integration bei der Edag GmbH & Co. KGaA in Fulda.

Andreas Ritz  
ist Leiter der Abteilung Sales und Projektmanagement im Bereich Werkzeug- und Karoseriesysteme bei der Edag GmbH & Co. KGaA in Eisenach.

Prof. Dr.-Ing. Udo Müller  
ist Professor für Konstruktionselemente und Karosseriebau der Fakultät Maschinenbau der Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS).

**Intelligenter Auflieger in Leichtbauweise**

Dipl.-Ing. Michael Hamacher  
ist Projektingenieur im Geschäftsbereich Karosserie der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (fka).

Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein  
ist Leiter des Instituts für Kraftfahrzeuge (ika) an der RWTH Aachen University.

Dipl.-Ing. Birger Queckenstedt  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Geschäftsbereich Fahrwerk des Instituts für Kraftfahrzeuge (ika) an der RWTH Aachen University.

Klaus Holz

ist staatl. gepr. Fahrzeugbautechniker und Leiter Technik Sonderkonstruktionen bei der Wecon GmbH in Ascheberg.

**Leichtbau-Kegelraddifferenzial ohne Korb**

Dr.-Ing. Falko Vogler

ist Chefingenieur der Entwicklungsabteilung für Getriebekomponenten bei der Neumayer Tekfor Holding GmbH in Hausach.

Dipl.-Ing. Christoph Karl

ist Produktmanager in der Entwicklungsabteilung für Getriebekomponenten bei der Neumayer Tekfor Holding GmbH in Hausach.

**Was bringen 100 kg Gewichtsreduzierung im Verbrauch? – eine physikalische Berechnung**

Dr.-Ing. Klaus Rohde-Brandenburger

war Leiter der Abteilung Fahrzeugtechnik bei der Volkswagen AG in Wolfsburg.

**Leichtbaukonzept für ein CO<sub>2</sub>-armes Fahrzeug**

Dipl.-Ing. Wolfgang Fritz

ist Projektleiter Cult bei der Magna Steyr AG in Graz (Österreich).

Dipl.-Ing. Dietmar Hofer

ist Teilprojektleiter Gesamtfahrzeugfunktion & Umwelt Cult bei der Magna Steyr AG in Graz (Österreich).

Dipl.-Ing. Bruno Götzinger

ist Teilprojektleiter Rohbau & Interieur Cult bei der Magna Steyr AG in Graz (Österreich).

**CFK-Motorhaube in Integralbauweise**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein

ist Leiter des Instituts für Kraftfahrzeuge (ika) an der RWTH Aachen.

Dipl.-Ing. Kristian Seidel

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen.

Dipl.-Ing. Leif Ickert

ist Teamleiter Leichtbauwerkstoffe und -bauweisen bei der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen Aachen (fka).

Dipl.-Ing. Robert Bastian

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen.

# Inhaltsverzeichnis

## Teil 1: Werkstoffe

<b>Anforderungen an die Pressentechnik bei der Produktion von CFK-Karosserieteilen .....</b>	<b>4</b>
Notwendige Presskraft für Nasspressen .....	5
Notwendige Presskraft für CFK-SMC .....	5
Notwendige Aufspannflächen .....	5
Schließgeschwindigkeit .....	5
Arbeitsgeschwindigkeit .....	5
Stößel-Parallelregelung bei RTM-Spalt- und RTM-Parallelhub-Injektion .....	6
Spaltinjektion .....	6
Parallelhub-Injektion .....	6
Stößel-Parallelregelung bei CFK-SMC .....	7
Kongruenz der Aufspannflächen-Biegelinien (Biege-Schmiege-Prinzip) .....	7
Produktivitätssteigerung für RTM-Bauteile mit Shuttle-Schiebtischen .....	8
Medienversorgung der Werkzeuge .....	8
Thermosymmetrie und Stößel-Freiheitsgrad .....	9
Pressen-Antriebstechnik .....	9
Pressen-Bauarten .....	10
Zusammenfassung .....	10
<b>Technologieplanung zur automatisierten Fertigung von Preforms für CFK-Halbzeuge .....</b>	<b>11</b>
Preforming im RTM-Prozess .....	11
Featurebasierte Technologieplanung zum Preforming .....	12
Bewertung und Clusterung der Informationen .....	13
Identifikation und Verknüpfung der Features .....	14
Fazit .....	15
Literaturhinweise .....	16
<b>Kapazitive Messtechnik zur RTM-Prozessüberwachung .....</b>	<b>17</b>
Nutzen eines Sensors zur Fließfrontdetektion beim RTM-Prozess .....	18
Anforderungen an Messtechnik beim RTM-Prozess .....	18
Grundlagen zur Messtechnik .....	19
Sensoroberfläche in Werkzeugform spanend bearbeitbar .....	20
Messsignal und Auswertung .....	20
Erste Anwendungen/Projektbeschreibung .....	21
Zusammenfassung und Ausblick .....	21
Literaturhinweise .....	22
<b>Optimierung der Heizprozesse von CFK- und GFK-Strukturen mit Infrarot-Strahlung .....</b>	<b>23</b>
Heizprozesse bei der Herstellung von CFK- und GFK-Strukturen .....	23
Grundlagen der Energieübertragung durch Infrarot .....	25

Ergebnisse und Diskussion .....	25
Die Nutzung von CAE zur Prozessoptimierung .....	27
Fazit .....	28
<b>Vergussmassen für die Mikroelektronik – Zuverlässig, flexibel und effizient .....</b>	<b>29</b>
Hoch zuverlässig .....	29
Sehr gute mechanische Eigenschaften .....	29
Höchste chemische Beständigkeit .....	30
Universelle Haftung .....	30
Anwendungsgerechtes Fließverhalten .....	31
Optimiertes Dosierverhalten .....	32
Höchste Zuverlässigkeitsqualifizierung .....	32
Zusammenfassung .....	33
<b>Statorkapselung in Motoren – Epoxid- und PUR-Systeme erfüllen höchste Ansprüche .....</b>	<b>34</b>
Heißhärtende Epoxidharzsysteme .....	35
Kalthärtende Epoxidharzsysteme .....	36
Polyurethansysteme .....	36
1K-Epoxidsystem für den Wickelkopfverguss .....	36
Zusammenfassung .....	37
<b>Gefügtes Fahrwerk – Klebstoffe übernehmen dämpfende Aufgaben .....</b>	<b>38</b>
Das Trägerfahrzeug .....	38
Klebstoffauswahl und Charakterisierung .....	39
Praktische Umsetzung .....	41
Fazit und Ausblick .....	42
<b>Faserverstärkte Kunststoffe – tauglich für die Großserie .....</b>	<b>44</b>
Neue Möglichkeiten eröffnen .....	44
Konstruktionsmöglichkeiten mit FVK .....	44
Textiles Preforming .....	45
Handhabung textiler Preforms .....	46
Imprägnierung und Formgebung textiler Preforms .....	47
Fazit .....	49
Literaturhinweise .....	49
<b>Teil 2: Fertigung</b>	
<b>Zur Philosophie des Klebens .....</b>	<b>52</b>
Klebstoff-Schnellhärtung mit modifizierten Klebstoffen .....	52
PASA-Technologie – mit Klebstoff vorbeschichtete Bauteile .....	53
Oberflächenvorbehandlung vor dem Kleben .....	54
Vorhersage von Eigenspannungen .....	54
Automatisierte Prozesse .....	55
Qualitätssicherung beim Kleben .....	56