

# ILH insight

Forschung im Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen  
Ausgabe 2016/2017







# Inhalt

<b>Aktuelles und Informationen zum Institut</b>	<b>05</b>
Der Beirat	06
Personen	08
Organisationsstruktur	11
Daten und Fakten	12
Infrastruktur	14
Lehre und Wissenstransfer	16
<b>Highlights der ILH Forschung</b>	<b>23</b>
Implementierung einer Kurzzeitaustenitisierung in Presshärteprozesse	24
Hybride Verbundstrukturen aus Aluminium und Titan für Leichtbauanwendungen	28
Raster Kelvin Sonden Untersuchungen chemisch modifizierter Klebstoff/Metall-Grenzflächen	34
Höchstauflösende Transmissionselektronenmikroskopie	37
Alterung von Polymeren zerstörungsfrei prüfen	39
Mikrostrukturelle Modellierung von Bainitwachstum	42
<b>Die ILH Fachgruppen</b>	<b>47</b>
Coatings, Materials and Polymers	48
Technische und Makromolekulare Chemie	49
Umformende und Spanende Fertigungstechnik	50
Dynamics of Condensed Matter	51
Nanostrukturierung, Nanoanalyse und Photonische Materialien	52
Technische Mechanik	53
Werkstoff- und Fügetechnik	54
Werkstoffkunde	55
Kunststofftechnik Paderborn	56
Leichtbau im Automobil	58
<b>Forschung innovativ</b>	<b>61</b>
Forschungsgrößgerät Heizplattenpresse	62
Neue Forschungsgrößgeräte im Bereich Fügetechnik	63
Dissertationen des Instituts	64
Weitere Dissertationen und Habilitation	66
<b>Verzeichnis der Publikationen - Anhang</b>	<b>68</b>

**Wir wollen für die Zukunft aufgestellt sein und forschen fachgebietsübergreifend, gesamtheitlich und nicht zuletzt auch orientiert an gesellschaftlichen Herausforderungen.**



Liebe Leserinnen und Leser,

die letzten zwei Jahre standen ganz im Zeichen der Planung und Fertigstellung unseres neuen Forschungsgebäudes, in dem die Kompetenzen der Lehrstühle des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH) räumlich zusammengeführt werden. Für Ende des Jahres ist die Fertigstellung geplant, bis Anfang nächsten Jahres wird der Umzug der beteiligten Fachgruppen abgeschlossen sein.

Mit dem Gebäude wird uns eine Infrastruktur zur Verfügung stehen, die ganz unter dem Aspekt einer interdisziplinären Zusammenarbeit und der Verkettung von Prozessketten geplant wurde und damit hervorragende Möglichkeiten für die Forschung an Hybridsystemen bietet. Abgebildet und erforscht werden dort Themen wie die Auslegung, Konstruktion, Materialentwicklung, Herstellung und Prüfung von Hybridsystemen, die weit über die Kompetenzen einer einzelnen Disziplin hinaus reichen, so dass interdisziplinäre Herangehensweisen unabdingbar werden. In diesem Sinne zeigen das ILH und das neue Forschungsgebäude auf, wie die Forschung der Zukunft aufgestellt sein muss. Fachgebietsübergreifend, gesamtheitlich und nicht zuletzt auch orientiert an gesellschaftlichen Herausforderungen.

Der Zusammenschluss der insgesamt elf Fachgruppen aus den verschiedensten Disziplinen aus dem Maschinenbau und den Naturwissenschaften wird die komplexen Fragen im Zusammenhang mit Strukturen, die aus so unterschiedlichen Materialien wie Metallen, Keramiken und Kunststoffen bestehen, beantworten helfen. Dabei steht die gesamtheitliche Betrachtungsweise über alle Stufen des Produktlebenszyklus hinweg, sowie die Orientierung an den technologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen, z.B. in Bezug auf die Ressourcenverknappung, die Energieversorgung, den Klimawandel und Fragen zur Mobilität, im Vordergrund.

Insbesondere die Berücksichtigung gesellschaftlicher Aspekte findet im ILH bereits seit einigen Jahren in dem vom Land NRW geförderten Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil“ seine Entsprechung. Im Rahmen des Kollegs wird die Forschung im Kontext ihrer Auswirkungen auf die Gesellschaft analysiert. So wird eine neue Generation von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ausgebildet, die ihre eigene Forschung reflektiert und in Interaktion mit der Gesellschaft stehend begreift.

In der vorliegenden Ausgabe von ILH insight möchten wir Ihnen die neuesten Entwicklungen im Institut vorstellen und Ihnen Einblicke in unsere mittlerweile zahlreichen fachübergreifenden Forschungsprojekte gewähren.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre,

Thomas Tröster  
*Vorstandsvorsitzender ILH*

Dieser Aufgabe stellen sich im ILH Forscherinnen und Forscher aus elf Fachgruppen aus dem Maschinenbau und den Naturwissenschaften.



Die Mitglieder des Instituts und ihre Fachgebiete:

Prof. Dr. Wolfgang Bremser, *Technische Chemie - Coatings, Materials & Polymers*

Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut, *Maschinenbau - Werkstoff- und Fügetechnik*

Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier, *Technische Chemie - Technische und Makromolekulare Chemie*

Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer, *Maschinenbau - Kunststofftechnologie*

Prof. Dr.-Ing. Werner Homberg, *Maschinenbau - Umformende und Spanende Fertigungstechnik*

Prof. Dr. Ing. Mirko Schaper, *Maschinenbau - Werkstoffkunde*

Prof. Dr. Thomas D. Kühne, *Technische Chemie - Dynamics of Condensed Matter*

Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner, *Maschinenbau - Kunststoffverarbeitung*

Prof. Dr. Jörg Lindner, *Physik - Nanostrukturierung, Nanoanalytik, Photonische Materialien*

Prof. Dr. Thomas Tröster, *Maschinenbau - Leichtbau im Automobil*

Prof. Dr.-Ing. Rolf Mahnken, *Maschinenbau - Technische Mechanik*

1. Prof. Dr. T. Tröster, Vorsitzender des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen (Foto: Universität Paderborn, Rutenburges).  
2. Vorstand und Geschäftsführung des ILH (v. l.: Prof. Dr. T. D. Kühne, Prof. Dr.-Ing. E. Moritzer, Dr.-Ing. T. Marten, Prof. Dr.-Ing. M. Schaper, Prof. Dr. T. Tröster, M. Neuser, A. Waldeyer, Dr. S. Dohmeier-Fischer, Prof. Dr.-Ing. G. Grundmeier, Prof. Dr.-Ing. W. Homberg, Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, Prof. Dr.-Ing. G. Meschut, Prof. Dr. W. Bremser, Prof. Dr.-Ing. R. Mahnken, Prof. Dr. J. Lindner, Foto: N. Gold, V. Ulfig, UPb).





# **Aktuelles und Informationen zum Institut**

<b>Der Beirat</b>	<b>06</b>
<b>Personen</b>	<b>08</b>
<b>Organisationsstruktur</b>	<b>11</b>
<b>Daten und Fakten</b>	<b>12</b>
<b>Infrastruktur</b>	<b>14</b>
<b>Lehre und Wissenstransfer</b>	<b>16</b>

**Den Beirat des Instituts bilden Personen aus Industrie, Forschung und Politik. Der Beirat gibt insbesondere in den jährlich stattfindenden Sitzungen entscheidende Impulse zur strategischen Entwicklung des Instituts. Prof. Dr.-Ing. Wilfried Rostek sitzt dem Beirat des ILH vor.**

Vertreterinnen und Vertreter aus Industrie, Politik und Wissenschaft gehören dem ILH Beirat an.

Sigrid Beer	Mitglied des Landtags
Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler	Lehrstuhl für Carbon Composites ,Technische Universität München
Dr. -Ing. Volker Grienitz	Innovation Manager der BENTELER Automotive
Prof. Dr.-Ing. Thomas Gries	Lehrstuhl für Textilmaschinenbau, Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University
Dr. Tilo Hauke	Konzernforschungsleiter der SGL Group
Robert Heggemann	Aufsichtsratsvorsitzender Heggemann AG
Dr. Hubert Jäger	Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Technische Universität Dresden
Dr. Carsten Linnemann	Mitglied des Bundestags
Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier	Direktor des Instituts für Werkstoffkunde Leibniz Universität Hannover
Dr.-Ing. Christian Obermann	Geschäftsführer Bond-Laminates GmbH
Dr. Friedrich Preißer	Geschäftsführer Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT)
Prof. Dr.-Ing. Wilfried Rostek	Forschung und Entwicklung Benteler Automobiltechnik
Daniel Sieveke	Mitglied des Landtags
Dr. Axel Tuchlenski	Leiter der Produkt- und Anwendungsentwicklung LANXESS Deutschland GmbH
Dr.-Ing. Hans Wobbe	Wobbe Bürkle Partner
Prof. Dr. Ehrenfried Zscheck	Abteilungsleiter Fraunhofer-Institut für Keramische Techno- logien und Systeme IKTS Dresden

**Seit Oktober 2016 gehören drei neue Mitglieder dem ILH Beirat an:  
Dr.-Ing. Volker Grienitz, Dr. Friedrich Preißer und Dr. Axel Tuchlenski.**



Dr.-Ing. Volker Grienitz ist seit Mai 2014 bei der BENTELER Automotive tätig und leitet dort das Innovationsmanagement. Vor 2014 war er Juniorprofessor Industrial Engineering an der Universität Siegen, an der er sich auch habilitierte. Vorangehend war er bei der UNITY AG in Büren sowie bei ScMI AG – Scenario Management International AG in Paderborn tätig.

Dr. Friedrich Preißer ist Geschäftsführer der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT), eine Fachabteilung des Verbands der Automobilindustrie VDA. Vor seiner langjährigen Tätigkeit bei der FAT war er in der Industrie im Bereich Sondermaschinenbau beschäftigt.

Dr. Axel Tuchlenski ist seit Mai 2016 Leiter der Produkt- und Anwendungsentwicklung der LANXESS Deutschland GmbH. Zuvor war er bei Evonik in verschiedenen Bereichen tätig.

## Die Aufgaben des Beirats

Der Beirat steht dem ILH Vorstand beratend zur Seite. Er unterstützt ihn bei der strategischen Entwicklung und der Ausgestaltung der Forschung.

Im Hinblick auf die infrastrukturelle Entwicklung wurde bereits 2013 seitens des Beirats die Relevanz eines repräsentativen Gebäudes zur Positionierung des Paderborner Leichtbaus hervorgehoben. Ein Forschungszentrum erhöht die Sichtbarkeit, stärkt durch die räumliche Konzentration der beteiligten Lehrstühle die interdisziplinäre Zusammenarbeit und ermöglicht die Herstellung von Hybridsystemen durch Kombination von Fertigungstechnologien. In Bezug auf die inhaltliche Entwicklung empfiehlt der Beirat, Schwerpunkte im Bereich der angewandten und umsetzungsorientierten Forschung zu setzen.

Seit 2015 begleitet der Beirat darüber hinaus das NRW Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil“. So wurde beschlossen, dieses Kolleg in die Organisationsstruktur des ILH zu integrieren. Das Thema „Fortschrittskolleg“ ist seitdem fester Tagesordnungspunkt in den jährlichen Beiratssitzungen. Im Zuge der „Denkschule“ des Kollegs übernimmt der Beirat eine Brückenfunktion zur Unterstützung beim Transfer von Wissen aus dem Fortschrittskolleg in die praktische Anwendung in Unternehmen.

1. Dr.-Ing. Volker Grienitz
2. Dr. Friedrich Preißer
3. Dr. Axel Tuchlenski

**Im August 2016 wurde Dr.-Ing. Christian Obermann in einer Feierstunde die Honorarprofessur der Universität Paderborn verliehen.**



## ANTRITTSVORLESUNG VON DR.-ING. CHRISTIAN OBERMANN

Die Mitglieder und Freunde der Fakultät für Maschinenbau hatten im April 2017 die Gelegenheit die Antrittsvorlesung zum Thema „Leichtbau mit Faserverbund-Kunststoffen“ von Honorarprofessor Dr.-Ing. Christian Obermann im Rahmen des „Forums Maschinenbau Universität Paderborn“ zu hören und ihn persönlich kennen zu lernen.

Dr.-Ing. Christian Obermann hat nach einer Lehre als Werkzeugmacher sein Studium des Maschinenbaus an der Universität Paderborn absolviert und spezialisierte sich dabei auf die Kunststofftechnik. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kunststofftechnik (KTP) beschäftigte er sich mit der Auslegung von Schneckenmaschinen und promovierte dort unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Helmut Potente. 1999 wechselte er zur Volkswagen AG, wo er verschiedene Projekte kunststofftechnischer Anwendungen leitete. Seit 2001 ist Christian Obermann bei der Bond-Laminates GmbH in Brilon tätig, seit 2006 fungiert er dort als Geschäftsführer. Das Unternehmen, welches seit 2012 eine hundertprozentige Tochter des Spezialchemie-Konzerns Lanxess ist, produziert Faserkunststoffverbunde basierend auf einer kontinuierlichen Faserverstärkung und einem thermoplastischen Kunststoff, sogenannte Organobleche. Diese Werkstoffklasse gestattet die großserientaugliche Herstellung von Bauteilen mit sehr hoher Designfreiheit und sehr hohen mechanischen Eigenschaften.

Beruflich beschäftigt sich Obermann mit der Entwicklung und Herstellung von Organoblechen, darüber hinaus entwickelt er in Zusammenarbeit mit seinen Kunden innovative Kombinationstechnologien mit kurz- oder langfaserverstärkten Kunststoffen, um konsequent werkstofflichen und konstruktiven Leichtbau miteinander zu verbinden. Auf diese Weise lassen sich Bauteile mit einem Gewichtsvorteil von bis zu 50% realisieren, wie z.B. Bremspedale, Sitzschalen, Unterbodenverkleidungen, Rücksitzlehnen, Türmodule und Frontends für die Automobilindustrie aber auch Gehäuseteile für Elektroartikel wie Handys und Laptops.

Als Dozent gibt Christian Obermann sein Wissen über Faserverbund-Kunststoffe seit 2010 an die Studierenden der Universität Paderborn weiter.

1. Prof. Dr.-Ing. C. Obermann während seiner Antrittsvorlesung (Foto: ILH).
2. Spritzgieß-Kombinationstechnologien mit Organoblechen (Bilder: Bond-Laminates).
3. Jun. Prof. Dr. Ilona Horwath (Foto: Zoe Fotografie Linz).



**Als neue Kollegin im Profilbereich Leichtbau mit Hybridsystemen möchten wir Ihnen Frau Jun. Prof. Dr. Ilona Horwath vorstellen. Seit Oktober 2017 führt sie in der Fakultät für Maschinenbau den Fachbereich Technik und Diversität. Im Interview stellt sie uns sich und Ihre Forschung vor.**



### FRAGEN AN JUNIOPROFESSORIN DR. ILONA HORWATH

*Frau Prof. Horwath, Sie kommen aus Österreich. Was hat Sie bewogen, nach Ostwestfalen zu kommen?*

Das waren in erster Linie die Forschungsmöglichkeiten an der Fakultät für Maschinenbau. Im Anschluss an mein Studium der Soziologie forschte ich zunächst im Bereich Erwachsenenbildung und Partizipation von Migrantinnen, habe dann aber eine akademische Laufbahn an der Johannes Kepler Universität Linz eingeschlagen. Ausgehend vom Thema Technikkennen und Studienerfolg heterogener sozialer Gruppen hat sich mein Forschungsinteresse immer tiefer in Technik und Ingenieurwissenschaften hinein bewegt, wobei ich Technologien stets in ihrem sozialen Kontext betrachte. In meinem Promotionsprojekt z. B. standen Organisationen des Feuerwehrwesens im Mittelpunkt, wo Technologie, Diversität und Gesellschaft auf sehr dynamische Weise zusammenwirken. Besonders spannend – thematisch wie methodisch - war meine interdisziplinäre Forschung zu Mensch-Maschine-Schnittstellen, denn hier stellt die genaue Analyse des sozialen Kontextes Ansätze bereit, um Maschinen funktional besser konstruieren und Schnittstellen so gestalten zu können, dass sie auch sozial tragfähiger sind. Diese Fragen haben in den letzten Jahren zwar international enorm an Bedeutung gewonnen – einen Fachbereich dazu direkt an einer ingenieurwissenschaftlichen Fakultät einzurichten, ist allerdings die Ausnahme. Das hat mich dann doch sehr beeindruckt und zu meiner Entscheidung beigetragen, nach Paderborn zu kommen.

*Die Fachrichtung T&D ist neu an der Uni Paderborn. Welche Fragestellungen beinhaltet dieses Forschungsgebiet?*

Im neu eingerichteten Fachbereich Technik und Diversity wird an den interdisziplinären Schnittflächen von Technik und Gesellschaft geforscht, um innovative Konzepte für nachhaltige Technologien zu entwickeln. Sozialer Alltag ist ohne moderne Technik kaum noch denkbar und die Qualität unserer künftigen Arbeits- und Lebenszusammenhänge wird maßgeblich dadurch bestimmt, welche Technologien durch Forschung und Entwicklung bereitgestellt werden - und wer in welcher Weise an ihrer Gestaltung und Nutzung partizipieren kann. Umgekehrt wirken sich gesellschaftliche Faktoren auf Bedarf, Auswahl, und Akzeptanz von Technologien, sowie die Rahmenbedingungen ihrer Entwicklung und Nutzung aus. Um soziotechnische Zusammenhänge also adäquat analysieren und gestalten zu können, bedarf es einer intensiven Kooperation von Ingenieur-, Natur- und Sozialwissenschaften sowie transdisziplinärer Forschungszugänge. Für den Aufbau des Fachbereiches sollen dabei zwei leichtbaubezogene Schwerpunkte gesetzt werden: Einsatz- und Sicherheitstechnologie, z. B. leichtere Bergescheren, und die Erschließung neuer Anwendungsfelder für Leichtbaulösungen.

*Welches Thema brennt Ihnen unter den Nägeln?*

Das ist im Wesentlichen soziale Gerechtigkeit. Ich komme selbst aus der sogenannten bildungsfernen Schicht, war auch lange Zeit alleinerziehende Mutter und möchte meine inzwischen erreichte privilegierte Position nutzen, um zu einer besseren Gesellschaft beizutragen, vor allem für marginalisierte Gruppen. Meine Forschungsergebnisse habe

ich daher immer auch in Handlungsempfehlungen oder Maßnahmen übersetzt, um struktureller Benachteiligung, Stereotypisierung und Diskriminierung entgegen zu wirken. Ich denke, Wissenschaft ist mit einer großen Verantwortung verbunden.

*Was verbindet Sie mit dem Fortschrittskolleg?*

Das Fortschrittskolleg verfolgt ebenfalls den Ansatz, zu nachhaltiger Entwicklung beizutragen, Leichtbaulösungen für verschiedene soziale Gruppen zugänglich zu machen und damit zu Verbesserungen der Lebensqualität benachteiligter Gruppen und damit der Gesellschaft insgesamt beizutragen. Wissenschaftlich finde ich am Kolleg besonders aufregend, dass es inter- und transdisziplinär ausgerichtet ist, um diese Ziele zu erreichen. Im Oktober 2017 konnte ich bereits an der Denkschule mitwirken, im Wintersemester werde ich dann ein Forschungsseminar für die KollegiatInnen halten, um eine noch intensivere Zusammenarbeit und Betreuung zu ermöglichen.

*Wann starten Sie mit der Lehre und auf welche Lehrveranstaltungen dürfen sich die Studierenden freuen?*

Im Sommersemester starte ich mit einem Lehrangebot für Masterstudierende. Eine klassische Vorlesung, die in Themen, Methoden und Herausforderungen der Science, Technology & Society Studies einführt. Hier dürfen sich Studierende auf neue, spannende und zum Teil durchaus unterhaltsame Erkenntnisse über konkrete Technologien und Entwicklungen freuen. Im Rahmen der zweiten Lehrveranstaltung, gestaltet als Blockseminar, werden wir uns intensiv mit den wissenschaftlichen, wirtschaftlichen, sozialen, technologischen und politischen Implikationen in Zusammenhang mit Big Data beschäftigen. Dabei werden auch interdisziplinäre Kompetenzen, wissenschaftliches Arbeiten sowie kritisches Denken geschult – eine Grundlage, die Studierende von heute befähigt, trotz rasanter Entwicklungen auch den Herausforderungen von morgen systematisch und reflektiert zu begegnen.

*Das Interview führte Silvia Dohmeier-Fischer.*

## PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

### **Kunststofftechnik Paderborn (KTP) / Leichtbau im Automobil (LiA)**

Hochschulwettbewerb „ZukunftErfindenNRW“,  
Wettbewerbskategorie „Fortschritt durch Transfer“:  
Gemeinschaftsprojekt „Achsträger in hybrider  
Bauweise“.

„Die Erfindung ist ein herausragendes Beispiel dafür, wie die drängenden Fragen unserer Zeit, etwa die Zukunft der Mobilität oder der Umgang mit dem Klimawandel, technologisch beantwortet werden können“, so die Begründung der Jury vom 22. Februar 2017, Düsseldorf, Deutschland.



### **Coatings, Materials, Polymers (CMP)**

Forschungspreis Universität Paderborn: „Enzymmoderierte Phosphor-Regeneration“.

### **Dynamics of Condensed Matter (DCM)**

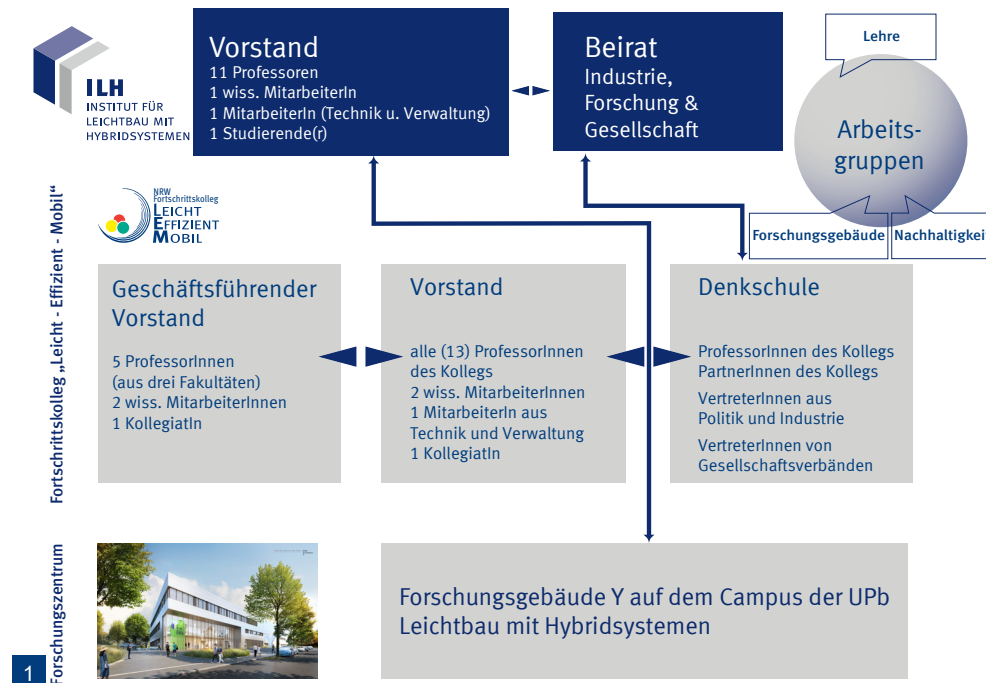
Georg-August-Universität Göttingen – 2016 – Physikalisch-Chemisches Kolloquium, ERC Starting Grant des European Research Council.

### **Nanostrukturierung, Nanoanalyse und Photonische Materialien (NNP)**

European Materials Research Society Fall Meeting 2017: Best Presentation Award at the EMRS Fall Meeting 2017, Vinay Kunnathully.

1. Die Preisverleihung ZukunftErfindenNRW (v. l.): Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer, Prof. Dr. Thomas Tröster, Alfred Schillert, Prof. Dr. Birgit Riegraf, Simon Pöhler und Mattias Körner (Foto: Universität Paderborn, Johannes Pauly).

In die Organisationsstruktur des Instituts eingebettet ist das NRW Fortschrittskolleg „Leicht - Effizient - Mobil“. Das Kolleg wird als kooperatives Projekt unter Beteiligung von ILH- und weiteren Maschinenbau-Fachgruppen sowie der Soziologie durchgeführt. Seit August 2014 forschen die Promovieren des Kollegs zu unterschiedlichen fachspezifischen Fragestellungen rund um das Thema Leichtbau.



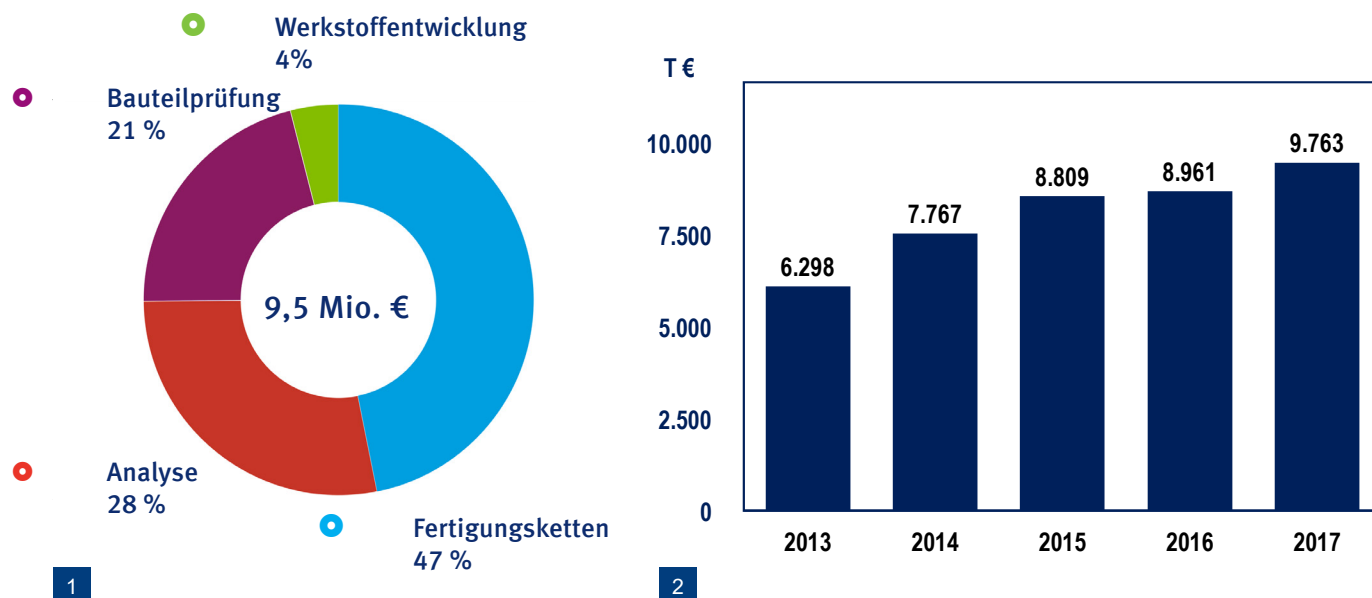
Den Vorstand des Instituts bilden die Professoren der elf Fachgruppen und Vertreter aus den Gruppen der wissenschaftlichen Mitarbeitenden, der Mitarbeitenden aus Technik und Verwaltung und aus der Gruppe der Studierenden. Durch die aktive Vorstandsarbeit unterschiedlicher Gruppierungen der Universität wird Transparenz und ein kontinuierlicher Informationsfluss in alle Bereiche gewährleistet. Unterstützt wird der Vorstand von der Geschäftsführung, welche die Maßnahmen des Instituts koordiniert, zwischen Wissenschaft und Verwaltung agiert und kommuniziert und als Kontaktperson für interne Belange sowie Fragen von Unternehmen zur Verfügung steht. Der Vorstand berichtet dem Beirat, der wiederum für die strategische Ausrichtung wichtigen Input aus Industrie, Politik und Wissenschaft zurückgibt und so eine wesentliche Funktion innerhalb des Instituts übernimmt.

Das Fortschrittskolleg ist ähnlich strukturiert. Als agiles Gremium tagt der geschäftsführende Vorstand in regelmäßigen Abständen und trifft dann Entscheidungen. Für deren Umsetzung und das wissenschaftliche Management sorgt die Koordination. Im Rahmen der jährlich veranstalteten Denkschule erfolgt der intensive Austausch zwischen Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft. Innerhalb dieses Forums werden neue Denkansätze zur transdisziplinären Zusammenarbeit im Kontext Leichtbau abgeleitet, sowie Ziele, Maßnahmen und Handlungsfelder aufgezeigt. Auch für die Denkschule liefert der Beirat des ILH wesentliche Beiträge und vermittelt beim Transfer von neuer Technologie in die Industrie.

Mit dem Forschungszentrum, das gegen Ende 2018 fertig gestellt sein wird, steht dem Institut schließlich eine repräsentative Infrastruktur zur Verfügung, welche die Sichtbarkeit des Instituts erhöhen wird. Büro-, Besprechungs- und Veranstaltungsräume des Verwaltungstrakts werden mit Spitzentechnik in Laboratorien sowie neuen Großgeräten und modernen Fertigungsketten in der Technikhalle zusammengeführt und schaffen beste Voraussetzungen für zukunftsweisende Forschung.

Seit 2015 verfolgen die elf ILH-Fachgruppen gemeinsam das Ziel, den Leichtbau an der Universität Paderborn voran zu bringen.

Aktuelle Daten und Zahlen geben Ihnen einen Einblick in die Entwicklung des Instituts.



## PERSONAL

Seit 2015 gehören elf Professoren aus dem Maschinenbau, der Chemie und der Physik zum ILH. In ihren Fachgruppen sind zurzeit (Stand Ende 2017) 172 wissenschaftliche Mitarbeitende und 53 Mitarbeitende aus Technik und Verwaltung angestellt. Unterstützt werden sie durch weitere 203 beschäftigte Studierende. Damit ist der Bestand des wissenschaftlichen Personals gegenüber den Vorjahren 2015 (154) und 2016 (147) deutlich angestiegen.

## DISSERTATIONEN

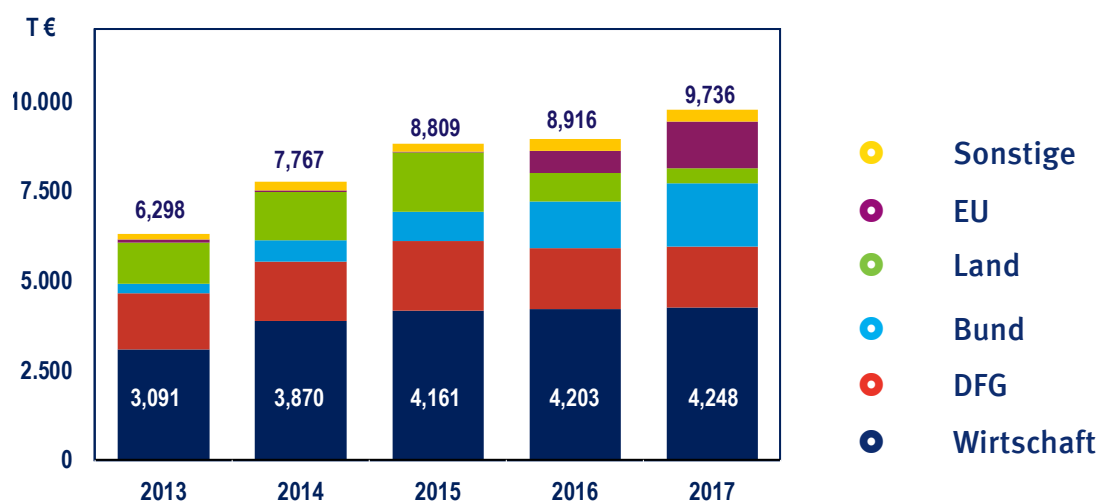
In der vom ILH herausgegebenen Schriftenreihe „Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen“ wurden seit 2013 inzwischen 33 Dissertationen veröffentlicht. Darüber hinaus promovierten in den ILH Fachgruppen weitere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu Themen, die nicht unmittelbar dem Leichtbau zuzuordnen sind und in anderen Medien publiziert wurden. Eine Auflistung dieser Arbeiten aus den Jahren 2016 und 2017 finden Sie auf Seite 66.

## INFRASTRUKTUR / GROSSGERÄTE

Seit der Gründung des ILH wird gezielt die Anschaffung moderner Forschungs Großgeräte für die Analyse, Werkstoffentwicklung, Fertigung und Bauteilprüfung intensiv vorangetrieben. Bis 2019 ist insgesamt eine Investition von fast 9,5 Mio. Euro geplant. Bisher wurden bereits Anschaffungen von ca. 3 Mio. Euro realisiert. Weitere Anträge sind bereits bewilligt oder in Vorbereitung. Im Jahr 2018 sind ferner umfangreiche Maßnahmen einzuleiten, da bei einigen Geräten die Aufstellung an die Fertigstellung des Forschungsgebäudes gekoppelt und eine zeitliche



Die Summe der bereitgestellten Drittmittel aller dem ILH zugeordneten Fachgruppen zeigt eine positive Entwicklung.



3

Abstimmung erforderlich ist.

In der oben dargestellten Grafik (Abb. 1) wird deutlich, dass ein Großteil der Investitionen im Bereich der Fertigungsketten erfolgt (56 %), aber auch die Analyse ist mit 28 % der Gesamtinvestitionen ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten. Bauteilprüfung (21 %) und Werkstoffentwicklung (4 %) vervollständigen das Gesamtkonzept dieses Bereichs der Infrastrukturentwicklung.

Darüber hinaus existiert eine enge Verknüpfung des ILH mit dem Ostwestfalen-Lippe-Analytik Centrum (OWL-AC), das über ein neues Hochleistungs-Transmissionselektronenmikroskop (TEM) für die nanoskalige Materialcharakterisierung verfügt. Somit wird der Schwerpunkt Analytik zusätzlich gestärkt.

Im vorliegenden Bericht können wir Ihnen unsere neuesten Anschaffungen (siehe ab Seite 62) zur Herstellung von Faserverbundmaterialien und aus dem Bereich der Fügetechnik präsentieren.

## DRITTMITTELENTWICKLUNG

Seit der Gründung des ILH konnte die Gesamtsumme der über alle Fachgruppen themenoffen eingeworbenen Drittmittel (s. Abb. 2 und 3) kontinuierlich gesteigert werden.

Mit 4,248 Mio. € verzeichnete die Förderung durch die Wirtschaft einen leichten Zuwachs und macht weiterhin den größten Anteil aus. Die Förderung durch den Bund (1,768 Mio. €), die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG (1,694 Mio. €) und die Europäische Union (1,315 Mio. €) tragen darüber hinaus maßgeblich zur Gesamtsumme bei. Als positiv im Hinblick auf eine Internationalisierung ist die Einwerbung europäischer Fördermittel zu bewerten, die in den Jahren 2016 und 2017 signifikant gesteigert werden konnte.

1. Prozentuale Aufteilung der bereits durchgeführten und geplanten Investitionen in Forschungsgrößgeräte.
2. Drittmittelentwicklung (themenoffen) aller ILH Fachgruppen.
3. Drittmittel 2017 differenziert nach Fördermittelgebern.

Im Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen arbeiten elf Forschergruppen aus dem Maschinenbau, der Chemie und der Physik zusammen, um Hybridsysteme aus vorhandenen oder aber auch aus neuen Werkstoffen zu erforschen und optimale Verarbeitungsprozesse zu entwickeln. Um die interdisziplinäre Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachbereiche stärker zu fördern, wurde eine neue räumliche und technische Infrastruktur geplant, die jetzt realisiert wird. Wissenschaftler aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen werden hier als Team forschen.



1/2015 - Start Planung



9/2016 - Abriss RailCab



4/2017 - Spatenstich

## EIN NEUES FORSCHUNGSGEBÄUDE FÜR DAS ILH

Das Forschungsgebäude für das ILH entsteht auf dem Campus der Universität Paderborn am Mersinweg. Für diesen Neubau hat die Universität das Gelände der ehemaligen RailCab-Strecke gekauft und baut dort nun ein kombiniertes Büro- und Laborgebäude. Mit einer Länge von fast 100 m und einer Breite von 40 m wird es das Universitätsgebäude mit der größten Grundfläche auf dem Campus werden. Besonders ist auch, dass es sich um das erste eigene, nicht vom Land Nordrhein-Westfalen gemietete Gebäude der Universität handelt.

Simone Probst, Uni-Vizepräsidentin, sagte am Tag des Spatenstichs im Juli 2017: „Mit dem neuen Gebäude schaffen wir die passende Infrastruktur für einen unserer vier Profilschwerpunkte“ ... „Was die Universität Paderborn ausmacht, ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Nun können wir die Kompetenzen noch gezielter bündeln.“ Anschließend unterstrich Bürgermeister Michael Dreier, der ebenfalls einen ersten Spatenstich setzte, die Rolle der Hochschule mit den Worten: „Die Universität ist für die gesamte Region ein ausgezeichnetes Aushängeschild und ein Leuchtturm für Paderborn.“

Mit einer Nutzungsfläche von 3.220 m<sup>2</sup> entsteht ein moderner Forschungsbau mit einer besonders offenen und hellen Struktur, die auch insbesondere der informellen Kommunikation förderlich sein soll. Büro- und Besprechungsbereiche sind mit Chemielaboren und einer Technikhalle kombiniert, so dass der Informationsfluss zwischen experimentell

1. Der Abriss der RailCab Strecke (Foto F. Hankeln, ILH).

2. Spatenstich für das ILH Forschungsgebäude Y am 4. Juli 2017. v. l. Lukas Hampl, RKW Architektur + Meyer Architekten, Uni-Gebäudedezernentin Dr. Martina Gerdes-Kühn, MdB Dr. Carsten Linnemann, Vizepräsidentin Simone Probst, Politiker Burkhard Blienert, Bürgermeister Michael Dreier, stellvertretender Landrat Hans-Bernd Janzen und Prof. Dr. Thomas Tröster (Foto: Universität Paderborn, Johannes Pauly).



**12/2017 - Einbau Glasfassade**



**2/2018 - Richtfest**



**12/2018 - Einzug**

arbeitenden WissenschaftlerInnen, BetreuerInnen und administrativ tätigen MitarbeiterInnen auf kurzen Wegen erfolgen kann. Im dreistöckigen Bürobereich werden 80 WissenschaftlerInnen ihren Arbeitsplatz finden. Für den fachlichen Austausch stehen zwei kleinere und ein größerer Besprechungsraum, sowie für größere Veranstaltungen ein großer Tagungsraum mit bis zu 90 Plätzen zur Verfügung. Im Bereich der Labore finden sich neben klassischen Chemielaboren auch spezielle Räume für Analytik und Metallographie. Angrenzend dazu befindet sich die Technikhalle mit 1600 m<sup>2</sup> nutzbarer Fläche. Hier werden Werkstoffprüfung, Teile der Fügetechnik sowie eine Gießerei und eine mechanische Werkstatt lokalisiert sein. Im Zentrum dieses Bereiches stehen moderne Prozessketten für den Test der Metall- und Kunststoffverarbeitung von Hybridwerkstoffen im industriellen Ablauf.

Der Fortschritt der Bauarbeiten geht zügig voran, so dass Anfang Februar 2018 planmäßig mit dem Innenausbau des Bürotraktes begonnen werden kann. Nach aktuellem Stand (Januar 2018) soll dann bereits zum Jahresende 2018 der Umzug der einzelnen Fachgruppen beginnen. Interessierte können sich den aktuellen Baufortschritt auf der neu eingerichteten Baustellenwebcam ansehen: <http://webcam.uni-paderborn.de/>

3. Das entstehende ILH Forschungsgebäude am Mersinweg auf dem Campus der Universität Paderborn. (Aufnahme vom 14. Januar 2017, Foto F. Hankeln, ILH).

4. Außenperspektive des ILH Forschungsgebäudes (Rendering, RKW Architektur+ MEYER Architekten).



**Die Leiter der ILH Fachgruppen verfolgen verschiedene Wege, um den hybriden Leichtbau in der Lehre zu verankern und junge Menschen für diese wichtige Schlüsseltechnologie zu begeistern.**

**So wurde in der Fakultät für Maschinenbau beispielsweise die „Vertiefungsrichtung Leichtbau“ eingerichtet.**



## VERTIEFUNGSRICHTUNG „LEICHTBAU MIT HYBRIDSYSTEMEN“ FEST IM MASTERSTUDIENGANG MASCHINENBAU EINGEBUNDEN

Das Ziel, die studentische Ausbildung möglichst nah am Puls der Forschung zu ermöglichen bedarf einer stetigen Weiterentwicklung des Lehrangebotes, insbesondere in dem technischen Umfeld, in dem wir uns bewegen. In Anlehnung an die Schwerpunkte des ILH sollte folglich eine Zusammenstellung von entsprechenden Veranstaltungen der ILH-Arbeitsgruppen in das Lehrangebot der Universität Paderborn aufgenommen werden. Zu realisieren war dies zunächst in Form einer Vertiefungsrichtung innerhalb des bestehenden Masterstudiengangs Maschinenbau. Hierbei lag und liegt der Fokus insbesondere auf einer interdisziplinären Ausbildung, sodass Konstruktion, Simulation, Werkstofftechnik, Umformtechnik, Fügetechnik sowie die hiermit verwandten chemischen und physikalischen Aspekte aufgenommen werden.

Die Vertiefungsrichtung wurde seit 2015 unter Federführung des LWF und des Studiengangmanagers M. Sc. Christopher Schmal konzipiert, ausgearbeitet und durch ein Nachakkreditierungsverfahren in den bestehenden Maschinenbau Masterstudiengang eingebunden. Mit inhaltlich gezielt ausgewählten Lehrveranstaltungen sind neun Arbeitsgruppen des ILH beteiligt (Prof. Bremser, Prof. Grundmeier, Prof. Homberg, Prof. Lindner, Prof. Mahnken, Prof. Meschut, Prof. Moritzer/Prof. Schöppner, Prof. Schaper, Prof. Tröster). Die Vertiefungsrichtung besteht dabei aus den zwei Basismodulen „Werkstoffliche und strukturelle Leichtbauprinzipien“ und „Leichtbaugerechte Produktions- und Fertigungstechnik“ sowie aus dem dazugehörigen Wahl-Pflicht-Modul „Chemie und Physik von Leichtbaumaterialien“. Ergänzt wird das Vorlesungs- und Praktikumsangebot durch eine gezielte Vertiefungsberatung, in welcher die Studierenden insbesondere hinsichtlich der Wahl geeigneter begleitender Module und Veranstaltungen sowie hinsichtlich allgemeiner Studienbelange unterstützt werden. Auch in dem zum Wintersemester 2018/2019 neu akkreditierten Masterstudiengang Maschinenbau wird die Vertiefungsrichtung ihren festen Platz haben. Hierin sind 3 Basismodule sowie 10 zusätzliche Wahl-Pflichtmodule enthalten.

1. Anwendungsnahe theoretische Ausbildung im Rahmen der Lehre (Foto: LWF).

2. Praktische Ausbildung im Laborumfeld (hier: Mechanische Fügetechnologien) (Foto: LWF).



Darüber hinaus ist in den letzten Jahren eine enge Kooperation mit dem Carbon Composites e.V. (CCeV) entstanden, um Leichtbau an verschiedenen Standorten in Deutschland Studierenden nahe zu bringen.



### CCEV TRAINEE-PROGRAMM IN PADERBORN

Das Trainee-Programm des Carbon Composites e.V. (CCeV) Programm richtet sich an Studierende, die neben ihrem Studium die Chance nutzen wollen, eine zusätzliche fachliche Ausbildung auf dem Gebiet der Faserverbundwerkstoffe zu erhalten. Es ermöglicht den deutschlandweit ausgewählten Teilnehmerinnen und Teilnehmern den Besuch von bis zu sieben renommierten Universitäten/Standorten mit vertiefender Betrachtung der jeweils vorliegenden Forschungsschwerpunkte.

Das Programm wurde seit dem Wintersemester 2016/17 unter Federführung des Laboratoriums für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF) an der Universität Paderborn etabliert. Beteiligt waren in den beiden bisher stattgefundenen Programmrunden sechs Fachgruppen des ILH (Prof. Homberg, Prof. Moritzer, Prof. Bremser/Prof. Grundmeier, Prof. Mahnken, Prof. Tröster, Prof. Meschut) sowie heimische Unternehmen. So konnten die Studierenden, welche aus ganz Deutschland anreisen, an der Universität Paderborn Fachvorträge der beteiligten Lehrstühle und Institute hören sowie an experimentell geprägten Laborführungen teilnehmen. Am zweiten Veranstaltungstag besuchten die Studierenden die BENTELER AUTOMOBILTECHNIK GMBH in Paderborn sowie die HEGGEMANN AG in Büren, um dort weitere Fachvorträge zu hören und die industrielle Praxis bzw. Umsetzung im Umfeld der Automobil- und Luft- und Raumfahrttechnik kennenzulernen.

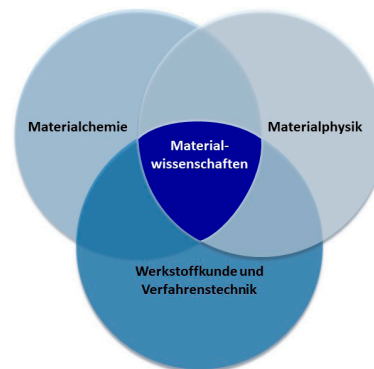
Zum Wintersemester 2017/2018 konnte das CCeV Trainee-Programm als „Studium Generale“-Veranstaltung im Modulkatalog an der Fakultät Maschinenbau fest eingebunden werden, sodass dieses für Studierende des Maschinenbaus in Paderborn deutlich ins Sichtfeld geriet. Eine Teilnahme am Trainee-Programm ist nach einer erfolgreichen Bewerbung bei dem CCeV möglich.

3. CCeV-Trainee-Programm-Teilnehmer vor dem Firmengebäude der HEGGEMANN AG (Foto: Christopher Schmal).

4. Logo des Studierendenenaustauschprogrammes (Quelle Carbon Composites e.V. (CCeV)).

## Alle Erwartungen übertroffen:

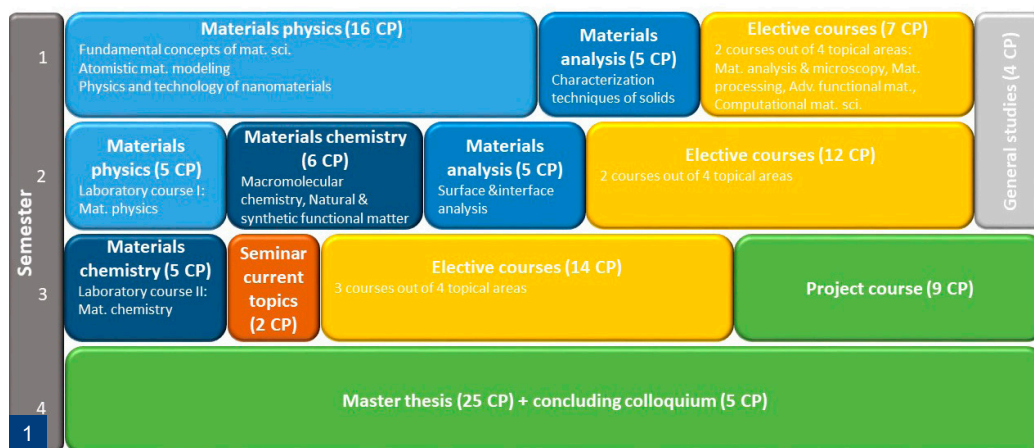
## Vom gelungenen Start des neuen Master-Studiengangs „Materials Science“



### MASTER-STUDIENGANG MATERIALS SCIENCE

Der Wunsch, einen neuen Studiengang an der Nahtstelle von Physik und Chemie zu etablieren, gekehrte schon länger: die Materialwissenschaften vereinigen die Kernkompetenzen von Materialphysik, Materialchemie, Werkstoffkunde sowie Verfahrenstechnik in einem interdisziplinären Studiengang, der seinen Absolventen beste Aussichten auf eine industrielle oder akademische Karriere bietet. Dass für einen solchen attraktiven Studiengang an der Universität Paderborn schon fast alle Ressourcen vorhanden waren, veranlasste letztlich zwei Professoren der beteiligten Fachgebiete, sich zusammzusetzen, Konzepte zu erarbeiten und in vielen Diskussionen mit ihren Kollegen abzustimmen. International sollte der Studiengang sein, alle Veranstaltungen sollten daher in Englisch angeboten werden, und er sollte in kürzester Zeit starten.

Dann war es so weit, nach etwas mehr als einem Jahr Vorbereitung, jeder Menge geistiger Anstrengung, vielen Seiten mit Notizen, ganzen Ordnern voll mit Kapazitätsrechnungen, Modulbeschreibungen, Studienordnungen und anderen administrativen Formalien war der Starttermin gekommen. Und dennoch war der Ausgang der Bemühungen der federführenden Professoren Jörg Linder und Guido Grundmeier bis zum regulären Start des Wintersemesters 2017/2018 ungewiss. Die erste Veranstaltung sollte direkt am ersten Tag des Semesters beginnen. Doch wie viele Studierende würden kommen? Das Online-Studienverwaltungsprogramm PAUL verhiess indes nichts Gutes: Bloß 2 offizielle Anmeldungen zur Einstiegsvorlesung „Fundamental Concepts of Materials Science“, und auch das International Office hatte keine Zahlen, die zur Aufmunterung hätten beitragen können. Was dann absolut niemand erwartet hatte, war ein komplett voller Seminarraum. Zur Überraschung aller versammelten sich fast 30 Studierende, um die erste Vorlesung über Materials Science zu hören; unter ihnen 3 Chemie-Studenten, die ihre Bachelorarbeit noch abschließen mussten, bevor sie sich bei PAUL offiziell anmelden können, 2 weitere deutschsprachige Studenten, die bereits ihren Abschluss in Chemie haben, eine Chinesin, ein Franzose mit Bachelor in Physik und etwa 20 indische Studenten, die größtenteils ihren Abschluss in Ingenieurwissenschaften absolviert haben und schlicht nicht darüber informiert worden waren, wie sie mit PAUL umzugehen haben.



Die Freude war enorm über diese große Anzahl an Studierenden. Zwar war den Verantwortlichen bekannt, dass auch anderenorts die Nachfrage nach einem Studienplatz in Materialwissenschaften groß ist, aber dass gleich im aller ersten Semester die Zielzahl von 30 Studierenden fast erreicht werden würde, damit hatte niemand gerechnet. Auch der weitere Verlauf des Semesters übertraf alle Erwartungen: „Die Studierende sind hoch motiviert und engagiert, hören die Vorlesungen sehr eifrig und arbeiten ihre Wissenslücken eigenständig zuhause auf.“, so Professor Lindner über seine Hörschaft. „Wir rechnen mit guten Ergebnissen bei den Abschlussprüfungen, die in den Semesterferien anstehen.“

Im kommenden Semester werden die Studierenden sich bereits spezialisieren dürfen; so können sie zum Beispiel wählen, ob sie ihren Schwerpunkt lieber auf die Quantenchemie, die Dünnschichtsynthese, die Biopolymere, die rechnergestützte Spektroskopie oder die Elektronenmikroskopie legen möchten. Zusätzlich bekommen sie die Möglichkeit, Praktikumsversuche in den Laboren der jeweiligen beteiligten Arbeitsgruppen durchzuführen. Hierbei erhalten sie exklusive Einblicke in die Forschungsgebiete, Arbeitsweisen und Techniken, um in ihrem dritten Semester eine fundierte Auswahl der Arbeitsgruppe zu treffen, in der sie ihre Masterarbeit anfertigen möchten. „Wir sind mehr als erfreut über diesen gelungenen Start des neuen Studiengangs Materials Science“, so Grundmeier und Lindner, „und freuen uns auf hoffentlich wieder genauso viele Studierende im nächsten Wintersemester.“

## Leichtbau im Fokus inter- und transdisziplinärer Forschung des NRW Fortschrittskollegs „Leicht – Effizient– Mobil“



Das dem ILH angegliederte NRW Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil“ behandelt inter- und transdisziplinäre Fragestellungen zum Leichtbau mit Hybridsystemen und wird von Fachgruppen aus den Fakultäten für Naturwissenschaften, Maschinenbau und Sozialwissenschaften getragen. Vor dem Hintergrund der großen gesellschaftlichen Herausforderungen beschäftigen sich die dreizehn KollegiatInnen damit, einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung im Bereich von Ressourcen, Energie, Informationen und Entwicklung zu liefern. Im Zuge des zu beobachtenden Klimawandels definieren aktuelle politische Ziele eine zwingend erforderliche weitgehende Reduzierung von Treibhausgasemissionen sowie die Verbesserung der Ressourceneffizienz. Um Klimaschutzziele zu erreichen, kommt es vor allem auf Lösungen für zukünftige Mobilitätsstrukturen, aber auch auf Verbesserungen in den Bereichen Ressourcenschutz und Ressourceneffizienz an. In diesem Zusammenhang wird gefordert, die vorhandenen Ressourcen möglichst sparsam zu verwenden und wiederzuverwerten. Demzufolge ist ein grundlegender Wandel in der Werkstoffwelt durch den gezielten Einsatz von Komposit- und Hybridwerkstoffen sowie -bauweisen zur Ressourcenschonung erforderlich. Die Entwicklung neuer Werkstoffe und Systeme muss dabei ergänzt werden durch die Entwicklung der dafür erforderlichen Verbindungstechniken, Produktions- und Recyclingtechnologien. Hybridwerkstoffe ermöglichen die gezielte Absenkung der Masse von Komponenten im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau. Neben der dadurch realisierten Reduzierung des Gesamtmaterialeinsatzes kann insbesondere bei bewegten Massen, die regelmäßig beschleunigt und wieder abgebremst werden, erheblich Energie eingespart werden.

Technologisch entsteht im Extremleichtbau mit seinem Übergang zur Hybridbauweise und der komplexen Kombination artverschiedener Materialien eine intensive Wechselwirkung zwischen Materialien und Fertigungsprozessen. Die lokale Kombination der Materialien, z. B. durch die gemeinsame Umformung von Metallen und Kunststoffen oder neuartige additive Fertigungsverfahren, eröffnet allerdings große Freiheitsgrade bezüglich der optimalen Wahl geeigneter Materialien und deren geometrischer Anordnung innerhalb einer Bauteilstruktur. Die dadurch mögliche optimale Anpassung von Bauteilen an die Belastungssituation bewirkt, dass an jeder Stelle nur so viel Material eingesetzt werden muss, wie für die Funktionserfüllung erforderlich ist.

1. Im NRW Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil“ werden junge NachwuchswissenschaftlerInnen im Profildbereich Hybridleichtbau gefördert (Foto: Fakultät MB).



Im Oktober 2017 veranstaltete das NRW Fortschrittskolleg die „Denkschule - Leichtbau für nachhaltigen Klimaschutz“.



Im Kolleg steht zwar vor allem die wissenschaftliche Fragestellung des Forschungsprojektes der PromovendInnen im Fokus, es werden aber auch ganz konkret die Auswirkungen auf die Lebens- und Arbeitswelten in der Gesellschaft reflektiert. Niedergeschrieben haben die KollegiatInnen diese in je einem Beitrag im Sammelband „Wissenschaft im Angesicht „großer gesellschaftlicher Herausforderungen.“ Das Beispiel der Forschung an hybriden Leichtbaumaterialien“, der Anfang 2018 im transcript Verlag erschienen ist und von der Kollegiatin Anna-Lena Berscheid gemeinsam mit Prof. Birgit Riegraf veröffentlicht wurde.

Weiterhin konnte der Leitautor des letzten Meeresspiegelkapitels des Weltklimarats, Prof. Dr. Anders Levermann, gewonnen werden, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesellschaft näher zu beleuchten. Dazu veranstaltete das NRW Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil“ am 10. Oktober 2017 die „Denkschule 2017 – Leichtbau für nachhaltigen Klimaschutz“ mit einem Festvortrag für die interessierte Öffentlichkeit.

Prof. Dr. Anders Levermann, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und Professor für die Dynamik des Klimasystems an der Uni Potsdam, sprach zum Thema „Konsequenzen des Klimawandels für die Gesellschaft“. Levermann ist Koautor des fünften Sachstandsberichts des UN-Weltklimarats (IPCC). Die Organisation erhielt 2007 den Friedensnobelpreis. Prof. Dr. Levermann berät VertreterInnen aus Politik und Wirtschaft in Bezug auf Fragestellungen zum Klimawandel und forscht seit 2015 zusätzlich auch an der Columbia University in New York. Zudem wurden bei der Denkschule drei themenspezifische Workshops unter aktiver Mitwirkung von gesellschaftlich relevanten Akteuren durchgeführt. Hierdurch gelingt es, neue Impulse für die Forschung zu generieren und das Verständnis der KollegiatInnen für verantwortungsvolle Forschung zu intensivieren, indem der Bezug und Beitrag der eigenen Forschung zu den Zielen der Nachhaltigkeit bzw. den SDGs (Sustainable Development Goals – Ziele für nachhaltige Entwicklung) beleuchtet wird.

2. Teammeeting der KollegiatInnen (Foto: Fakultät MB).

3. WissenschaftlerInnen der Ingenieurs- Natur- und Kulturwissenschaften erforschen Leichtbautechnologien für die und mit der Gesellschaft.





## Highlights der ILH Forschung

Implementierung einer Kurzzeitaustenitisierung in Presshärteprozesse	24
Hybride Verbundstrukturen aus Aluminium und Titan für Leichtbauanwendungen	28
Raster Kelvin Sonden Untersuchungen chemisch modifizierter Klebstoff/Metall-Grenzflächen	34
Höchstaflösende Transmissionselektronenmikroskopie	37
Alterung von Polymeren zerstörungsfrei prüfen	39
Mikrostrukturelle Modellierung von Bainitwachstum	42

# Implementierung einer Kurzzeitaustenitisierung in Presshärteprozesse

Ein wichtiges Verfahren zur Herstellung von sicherheitsrelevanten Bauteilen im Crashbereich von Kraftfahrzeugen ist das Presshärten. Die Prozesskette des Presshärtens beginnt mit dem Zuschnitt der Platinen aus einem Blech-Coil, anschließend werden diese in einem Ofen erwärmt. Daraufhin werden die warmen Platinen an eine Presse übergeben, in der sie umgeformt und gleichzeitig abgekühlt werden. Durch diesen Prozess ist eine Festigkeitssteigerung um den Faktor 10 gegenüber konventionellen Güten realisierbar. Die hierzu nötige Erwärmung der Platinen auf nahezu 1000 C ist aber kosten- sowie zeitintensiv und verursacht hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen. Auf Grund der Sicherheitsvorteile im Crashfall ist derzeit aber eine Zunahme der mittels Presshärten gefertigten Komponenten zu beobachten.

Die Nachteile der Erwärmungsphase des konventionellen Presshärtens können durch die Hochgeschwindigkeitserwärmung minimiert werden. Die Kontakterwärmung einer Platine zwischen zwei elektrisch erwärmten metallischen Heizplatten stellt dabei ein großes Potenzial dar, da mit dieser Methode die Platinen mit einer nahezu beliebigen Form in wenigen Sekunden homogen erwärmt werden können. Aufgrund der wesentlich kürzeren Erwärmungsdauer wird dieser Prozess als Kurzzeitaustenitisierung bezeichnet.

Der Einsatz der Kurzzeitaustenitisierung verspricht unter anderem: deutliche Platzersparnis; Reduzierung der Erwärmungsdauer pro Platine von 300 s auf max. 30 s; höhere Flexibilität; Verbesserung der Oberflächenqualität und Festigkeitseigenschaften; vergleichsweise einfache Herstellung der Bauteile mit gradierten Eigenschaften.

## EXPERIMENTELLE GRUNDLAGEN

Für die im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Untersuchungen wurden die Bleche mit einer Dicke von 1,0 mm bis 2,0 mm aus niedriglegiertem Mangan-Bor-Stahl 22MnB5 (Werkstoffnummer 1.5528) verwendet. Die Versuche zur Kurzzeitaustenitisierung und dem Presshärten wurden unter Zuhilfenahme der zwei neuentwickelten und aufgebauten Presswerkzeuge (Abbildung 1) durchgeführt.

Zunächst wurden die Prozessgrenzen der Kurzzeitaustenitisierung (Zeit und Temperatur der Erwärmung) rechnergestützt ermittelt und experimentell überprüft. Im Anschluss daran wurden der Einfluss der Kurzzeitaustenitisierung auf die Mikrostruktur und die hieraus resultierenden mechanischen Eigenschaften untersucht und optimale Parameter für die Kurzzeitaustenitisierung von 22MnB5 ermittelt. Weiterhin wurden die Platinen aus den gleichen Blechen konventionell pressgehärtet, um den Einfluss der Kurzzeitaustenitisierung auf die mechanischen Eigenschaften qualitativ beurteilen zu können. Anschließend wurden Demonstrator-Bauteile unter Zuhilfenahme der Kurzzeitaustenitisierung gefertigt und charakterisiert. Eine Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften erfolgte mittels der Härteprüfungen, Zug- und Dreipunktbiegeversuche.

## ERGEBNISSE

Die Härteverteilung in einer konventionell erwärmten Platine und einer kurzzeitaustenitisierten Platine nach dem anschließenden Presshärten ist in Abbildung 2 dargestellt.

Die Verteilung der Härte über die Platinendicke ist im Fall der konventionellen Erwärmung inhomogen,

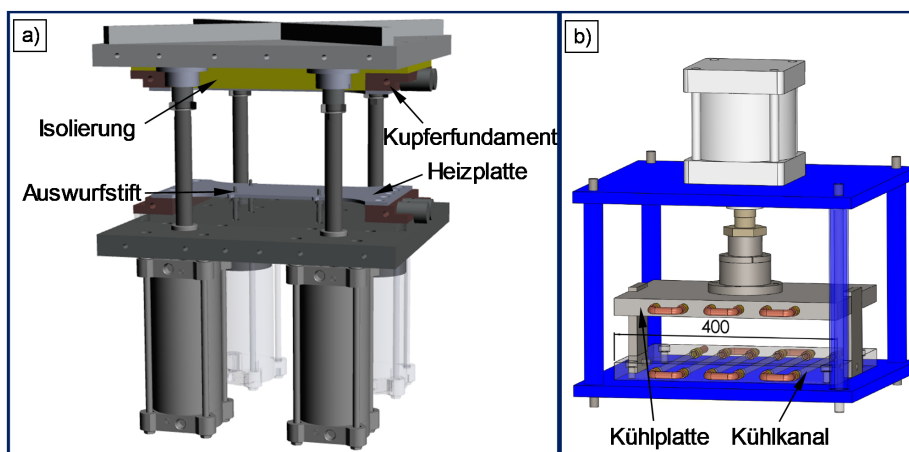


Abbildung 1: Vorrichtungen zur Durchführung der Kurzzeitaustenitisierung (a) und des Presshärtens (b)



# Implementierung einer Kurzzeitaustenitisierung in Presshärteprozesse

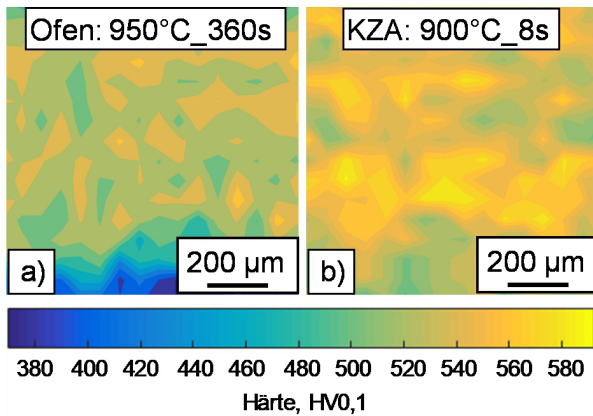


Abbildung 2: Härteverteilung über die Dicke der ofenerwärmten (a) und kurzzeitaustenitisierten Platinen (b) nach dem anschließenden Presshärten

wobei der Probenrand eine Härte zwischen 380 HV<sub>0,1</sub> und 400 HV<sub>0,1</sub> aufweist. Die Werte sind deutlich geringer als in der Probenmitte. Dieser Effekt ist mit Randentkohlung der Platine während der Ofenerwärmung zu erklären. Im Gegensatz zur ofenerwärmten Probe weist die Platine nach der Kurzzeitaustenitisierung mit dem anschließenden Presshärten eine homogene Verteilung der Härtewerte auf, welche in einem Bereich von 500 HV<sub>0,1</sub> bis 560 HV<sub>0,1</sub> liegen und somit etwas höher als im Fall der Ofenerwärmung sind.

Im Gegensatz zum vollständig martensitischen Gefüge in der Platine nach der Ofenerwärmung mit dem Presshärten, weist der kurzzeitaustenitisierte Werkstoff ein Mischgefüge auf. Das vorliegende Mischgefüge besteht überwiegend aus sowohl primärem als auch aus selbstangelasenem Martensit (Abbildung 3). Weiterhin sind die bainitischen Nadeln und nicht aufgelöste Karbide zu erkennen, die auf eine

ungleichmäßige Verteilung des Kohlenstoffs während der Kurzzeitaustenitisierung aufgrund der kurzen Erwärmungszeiten hindeuten.

Die Größe der martensitischen Pakete und Blöcke ist in den Platinen nach der Kurzzeitaustenitisierung deutlich feiner als im ofenerwärmten Werkstoff (Abbildung 4). Diese Verfeinerung resultiert aus einer kleineren Korngröße des Austenits aufgrund der sehr geringen Verweildauer der Mikrostruktur auf der Austenitisierungstemperatur.

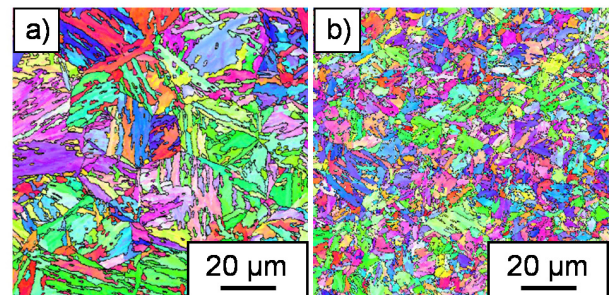


Abbildung 4: EBSD-Aufnahme der Mikrostruktur in Platinen nach Ofenerwärmung (a) und nach Kurzzeitaustenitisierung (b) mit dem anschließenden Presshärten

Die feinere Größe des Martensits in kurzzeitaustenitisierten und pressgehärteten Platinen resultiert in besseren Festigkeitseigenschaften verglichen mit den ofenerwärmten Platinen und kompensiert somit den potenziellen Verlust der Festigkeit aufgrund der inhomogenen Verteilung des Kohlenstoffs während der Kurzzeitaustenitisierung. Die Festigkeitseigenschaften der kurzzeitaustenitisierten und pressgehärteten Platinen sind tendenziell um bis zu 10 % höher als im Fall der Ofenerwärmung. Die kurzzeitaustenitisierten Platinen weisen aufgrund der kaum vorhandenen Randentkohlungs-

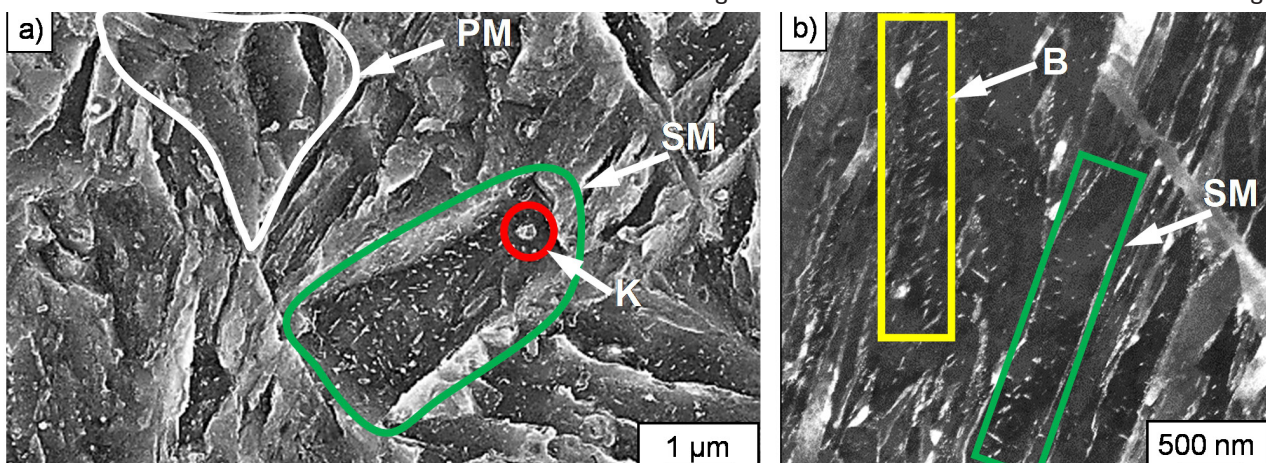


Abbildung 3: Mikrostruktur der kurzzeitaustenitisierten Platine. a) SE-Aufnahme im REM; b) Dunkelfeld-Aufnahme im TEM. PM – primärer Martensit; SM – selbstangelasener Martensit; Bainit; K – nicht aufgelöste Karbide



# Implementierung einer Kurzzeitaustenitisierung in Presshärteprozesse

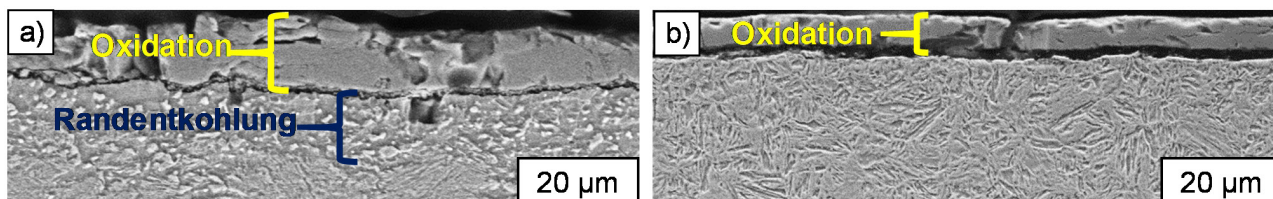


Abbildung 5: SE-Aufnahmen im REM des oberflächennahen Bereichs der ofenerwärmten (a) und kurzzeitaustenitisierten (b) Platinen

und Oxidationsschicht deutlich bessere Oberflächenqualitäten als die ofenerwärmten Platinen auf (Abbildung 5).

Jedoch führt die kaum vorhandene Randentkohlungsschicht der Platinen nach der Kurzzeitaustenitisierung zu einer Verschlechterung der Biegewinkel nach dem Presshärten. Die Biegewinkel sind nach der Kurzzeitaustenitisierung um bis zu 15 % geringer als nach einer Ofenerwärmung. Hierbei sind die Biegewinkel im pressgehärteten Werkstoff in erster Linie nicht von Art und Größe der martensitischen Mikrostruktur abhängig, sondern von der Mikrostruktur im Randbereich der Probe. Ein weiches Gefüge führt aufgrund der Versuchsbedingungen beim Dreipunktbiegeversuch tendenziell zu höheren Biegewinkeln, da in diesem Fall die Rissinitiierung und -ausbreitung verzögert wird. Daher weisen die Platinen nach der Kurzzeitaustenitisierung mit dem anschließenden Presshärten geringere Biegewinkel verglichen mit den ofenerwärmten Platinen auf. Jedoch zeigen Biegeversuche an kurzzeitaustenitisierten Platinen, die vor der Kurzzeitaustenitisierung eine randentkohlte Schicht wie im ofenerwärmten und pressgehärteten Werkstoff aufwiesen, bessere Biegewinkel als nach der konventionellen Ofenerwärmung. Dies ist wiederum mit einer Verfeinerung der Größe der martensitischen



Abbildung 6: Demonstrator-Türaufprallträger

Pakete und Blöcke auch im Randbereich der Platinen zu erklären.

Unter Zuhilfenahme der ermittelten optimalen Parameter der Kurzzeitaustenitisierung für eine 2,0 mm-Platine wurden zwei Türaufprallträger als Demonstratorbauteile durch die Kurzzeitaustenitisierung und das anschließende Presshärten hergestellt und charakterisiert (Abbildung 6), wobei einer davon gemäß dem für den Automobilbau üblichen Prozessverlauf anschließend kathodisch tauchlackiert wurde.

Die hergestellten Bauteile weisen einen Unterschied der mechanischen Eigenschaften im Boden-/ Flanschbereich und Zargenbereich auf (Abbildung 7), der auch weitgehend für konventionell pressgehärtete Bauteile bekannt ist: die Flansch- und Bodenbereiche sind fester und weniger duktil als die Zargenbereiche. Dieser Effekt ist auf die geringere Abkühlgeschwindigkeit und plastische Verformung des Austenits in den Zargenbereichen zurückzuführen, was in einer bevorzugten Bainitbildung resultiert.

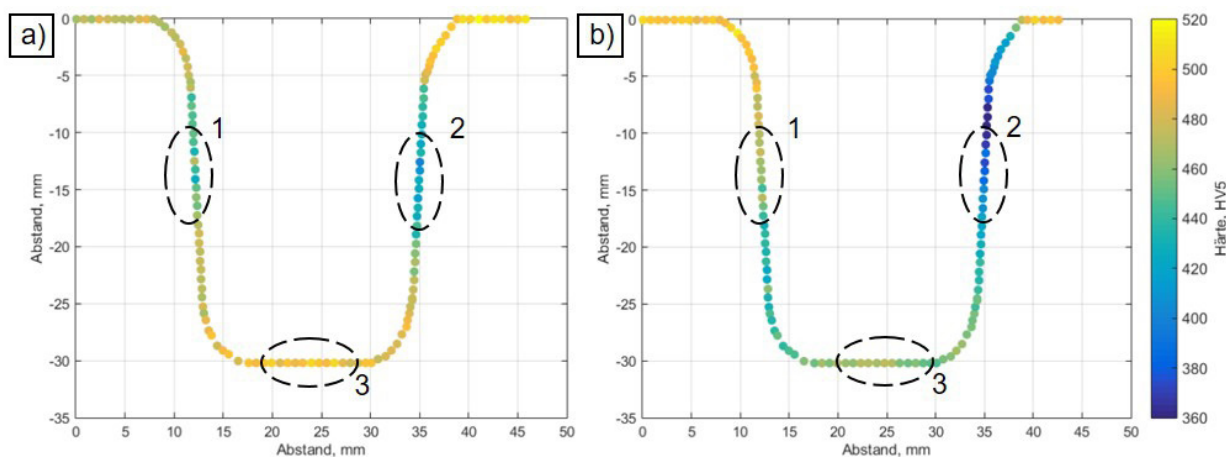


Abbildung 7: Härtemessungen im Querschnitt der Demonstrator-Bauteile: a) Bauteil nach Kurzzeitaustenitisierung und Presshärten; b) Bauteil nach Kurzzeitaustenitisierung, Presshärten und kathodischer Tauchlackierung; 1, 2, 3 – Stellen für eine Entnahme der Zug- und Biegeproben

# Implementierung einer Kurzzeitaustenitisierung in Presshärteprozesse

Eine zusätzliche KTL-Behandlung resultiert in einer Zunahme der Dehngrenze und der Biegewinkel, wobei beide Demonstratoren die Anforderungen der industriellen Normen in Bezug auf die mechanischen Eigenschaften vollständig erfüllen (Tabelle 1).

## AUSBLICK

Trotz mehrerer Vorteile der Kurzzeitaustenitisierung mittels einer Kontakterwärmung bleiben auf dem Weg zum industriellen Einsatz dieser Technologie noch einige Fragen offen.

Die internen Normanforderungen von unterschiedlichen OIMs an die Biegewinkel können sich unterscheiden. Z. B. beträgt laut Anforderungen von BMW der minimale Biegewinkel für die 1,5 mm-Platine 60 ° und für die 2,0 mm-Platine 50 °, was deutlich höher als die geforderten Werte seitens Daimler für Platinen mit gleichen Dicken ist. Aufgrund der geringeren Randentkohlung der kurzzeitaustenitisierten Platinen können in den entsprechend behandelten Bauteilen die zu geringen Biegewinkel, welche insbesondere im Fall der dicken Chargen ( $\geq 1,5$  mm) auftreten, in Bezug auf die bestehenden industriellen Normen problematisch sein. Hier können die Verbundwerkstoffe, wie z. B. Tribond von Thyssen Krupp, zum Einsatz kommen, da die äußeren Schichten des Verbundes aus einem nichthärzbaren Stahl bestehen und somit eine ähnliche Funktion wie die weiche randentkohlte Schicht während des Biegeversuches erfüllen sollen. Ein weiterer Nachteil dieser Erwärmungstechnologie besteht darin, dass die mit aktiven oder passiven Schutzschichten beschichteten Platinen mittels Kontakterwärmung kaum bearbeitet werden können. Dieses Problem kann einerseits analog

zu den schon bekannten Lösungen für induktive Erwärmung unter Zuhilfenahme eines Vorlegierens der Schutzschicht durch Erwärmung in einem Ofen vor der Kontakterwärmung gelöst werden. Allerdings wird mit diesem zusätzlichen Erwärmungsschritt der wichtigste Vorteil der Kurzzeitaustenitisierung mittels Kontakterwärmung, der in einer sehr zeiteffizienten Erwärmung besteht, signifikant reduziert.

Unabhängig von diesen offenen Fragen, stellt die Kurzzeitaustenitisierung unter Zuhilfenahme einer Kontakterwärmung grundsätzlich ein großes Potenzial für eine zeit- und energieeffiziente Gestaltung des Presshärtens dar.

## ZU DIESEM THEMA SIND FOLGENDE

### VERÖFFENTLICHUNGEN ERSCHIENEN:

Holzweissig, Martin Joachim.; Andreiev, Anatolii; Schaper, Mirko; Lackmann, Jan.; Konrad, Stefan; Rüsing, Christian; Niendorf, Thomas: Influence of Short Austenitization Treatments on the Mechanical Properties of Low-Alloy Boron Steels. In: Proceedings of conference Hot Sheet Metal Forming of High Performance Steel, 2015, S. 481-488.

Andreiev, Anatolii; Grydin, Olexandr; Schaper, Mirko: Evolution of microstructure and properties of steel 22MnB5 due to short austenitization with subsequent quenching. Steel Research International 87, 2016, S. 1733-1741.

Andreiev, Anatolii; Grydin, Olexandr; Schaper, Mirko: A Rapid Heating Method for Press Hardening Processing. In: Proceedings of the 3rd Pan American Materials Congress, The Minerals, Metals & Materials Series, 2017, S. 723-736.

Tabelle 1: Vergleich der mechanischen Eigenschaften der Demonstrator-Bauteile mit den Anforderungen der industriellen Werknorm

	Dehngrenze ( $R_{p0,2}$ ), MPa	Zugfestigkeit, ( $R_m$ ) MPa	Bruchdehnung ( $A_{30}$ ), %	Biegewinkel ( $\alpha$ ), °
<b>Demonstrator nach der Kurzzeitaustenitisierung</b>				
Zargenbereich	952	1394	10,5	64
Bodenbereich	1101	1475	8,9	50
<b>Demonstrator nach der Kurzzeitaustenitisierung und kathodischer Tauchlackierung</b>				
Zargenbereich	1130	1392	9,5	68
Bodenbereich	1170	1516	10,2	53
<b>Referenz</b>				
DBL4093	950 – 1250	1300 – 1600	> 6	$\geq 36$

# Hybride Verbundstrukturen aus Aluminium und Titan für Leichtbauanwendungen

**Charakteristisch für hybride Werkstoffsysteme ist das geringe Gewicht bei gleichzeitig hoher Festigkeit, wodurch sich im Vergleich zu konventionellen Werkstoffen verbesserte Eigenschaften ergeben. Dementsprechend konzentrieren sich die aktuellen Forschungsarbeiten am LUF auf die Herstellung und Weiterverarbeitung derartiger Werkstoffsysteme u.a. aus Aluminium und Titan. Ein vielversprechender Ansatz zur Herstellung stellt das Walzplattieren der Einzelwerkstoffe zum Verbund dar. Die Weiterverarbeitung fokussiert beispielhaft einen Tiefziehprozess in Anlehnung an die Produktion einer B-Säule für den Fahrzeugbau. Mit Hilfe numerischer Methoden (FEM) wird der Tiefziehprozess in aktuellen Arbeiten systematisch analysiert und zielführende Prozessstrategien abgeleitet.**

## EINLEITUNG

Das entwickelte hybride Werkstoffsystem setzt sich aus einer Aluminiummatrix mit lokalen Verstärkungen aus Titan zusammen. Im Herstellungsprozess wird dazu ein Titanblech zwischen zwei Aluminiumbleche ausgerichtet und im Verbund gewalzt, wodurch die Einzelwerkstoffe eine feste Bindung eingehen. Durch die fertigungsbedingten Druckspannungen im Walzprozess reduziert sich die Gesamtdicke des Werkstoffverbundes. Weiterhin führen hohe Zugkräfte im Prozess zum lamellenartigen Bruch des Titanblechs in gleichmäßigen Abständen, die fortan als richtungsabhängige Verstärkung des Blechs dienen. In einem nächsten Schritt lässt sich der blechförmige Werkstoffverbund zu multifunktionalen und komplexen Bauteilen weiterverarbeiten. Aktuelle Forschungsarbeiten fokussieren dabei das Tiefziehen U-förmiger Hybridbauteile in Anlehnung an die Produktion verstärkter B-Säulen. Die anisotropen mechanischen Eigenschaften der artverschiedenen Werkstoffe erschweren jedoch die Handhabung im Tiefziehprozess, da starke Druck- und Zugspannungen entstehen. Werden die Prozessgrenzen oder die Verbindungskraft des Werkstoffverbunds durch zu hohe Spannungen überschritten, treten Versagensfälle wie Delamination, Materialbruch oder Faltenbildung auf. Um signifikante Einflussgrößen isoliert zu analysieren und Wechselwirkungen bei der Weiterverarbeitung zu identifizieren werden die experimentellen Untersuchungen sinnvoll durch Simulationsmodelle (FEM) ergänzt.

## HERSTELLUNG UND EIGENSCHAFTEN HYBRIDER WERKSTOFFSYSTEME AUS ALUMINIUM UND TITAN

Im Rahmen Entwicklung hybrider Werkstoffsysteme wurden Bleche aus Aluminium (EN AW-1050) mit

einer Wanddicke von 4,0 mm und Bleche aus Titan (TiAl6V4) mit einer Wanddicke von 1,0 mm verwendet. Dazu wurden die Bleche jeweils auf eine Länge von 290 mm und eine Breite von 200 mm zugeschnitten. Der Titanstreifen wurde im Anschluss mittig zwischen die Aluminiumstreifen positioniert und auf eine gemeinsame Wanddicke von 9,0 mm warmgewalzt. Die Warmwalzanlage für dieses Experiment bestand aus zwei Rollen mit einem Durchmesser von 210 mm und einer Länge von 300 mm, die von zwei getrennten Antrieben mit einer Maximalkraft von 11 kW angetrieben wurden.

Der Walzprozess wurde mit einer konstanten Walzgeschwindigkeit von 0,15 m/s bei einer Temperatur von 500 °C durchgeführt. Da eine Verbindung zwischen Aluminium und Titan erst mit einer Wanddickenreduktion von 35% und einer Temperatur von 350 °C erreicht werden kann [1], wurde ein dreistufiger Walzprozess verfolgt. Nach jedem Walzgang wurde dabei das Hybridblech auf Walztemperatur (500 °C) in einem Zeitraum von 20 Minuten erwärmt. Somit wurden die Voraussetzungen für eine Verbindung im ersten Walzgang erfüllt, wodurch ein Verrutschen der Einzelwerkstoffe im zweiten und dritten Walzgang vermieden werden konnte. Da die Umformbarkeit von Aluminium deutlich höher ist als die vom Titan, tritt die Wanddickenreduzierung hauptsächlich in den äußeren Blechschichten auf. Die hohe Zugspannung zwischen den Aluminium- und Titanschichten führen zum gezielten Bruch der Titanschicht im dritten Walzgang. Infolgedessen entstehen getrennte Titanlamellen mit je einer Länge von 10 mm in regelmäßigen Abständen. Diese Lamellen stellen eine Verstärkung des Hybridwerkstoffs dar (Abbildung 1).

Für die Mikrostrukturcharakterisierung der Verbindungszone zwischen den Aluminium- und

# Hybride Verbundstrukturen aus Aluminium und Titan für Leichtbauanwendungen

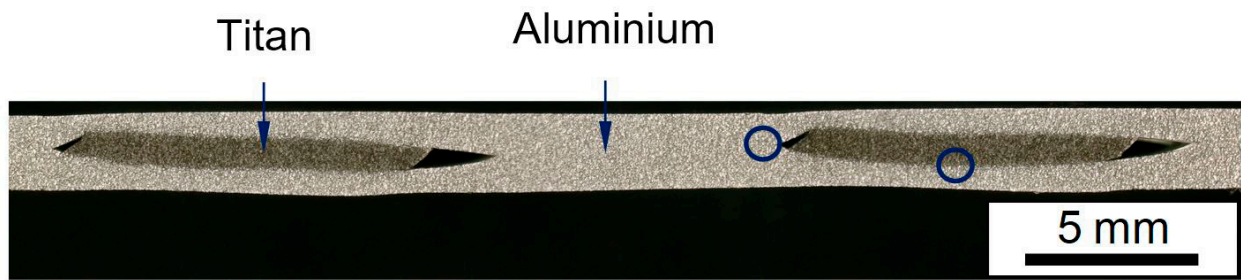


Abbildung 1: Makroskopische Aufnahme des Hybridblechs

Titanschichten des hybriden Werkstoffsystems wurden Proben in Walzrichtung geschnitten, kalt eingebettet, geschliffen, poliert und anschließend vibro-poliert. Ein Zeiss Ultra Plus SEM Mikroskop, das mit einer EBSD-Einheit und einem EDX-System ausgerüstet ist, wurde für die Analyse der Verbindungszone eingesetzt. Für die Untersuchung der Aluminium-Aluminiumverbindung kam ausschließlich das EBSD zum Einsatz. Die mechanischen Eigenschaften wurden mittels uniaxialer Zugversuche gemäß DIN EN ISO 6892 bestimmt. Um Ausreißer identifizieren zu können, wurden für die Materialkennwerte Durchschnittswerte anhand von 3 Wiederholungsmessungen ermittelt. Zur Analyse der Anisotropie wurden zudem Zugversuche in als auch quer zur Walzrichtung durchgeführt. Die Ergebnisse der Werkstoffuntersuchungen in Form richtungsabhängiger Spannungs-Dehnungsdiagramme können der Abbildung 2 entnommen werden.

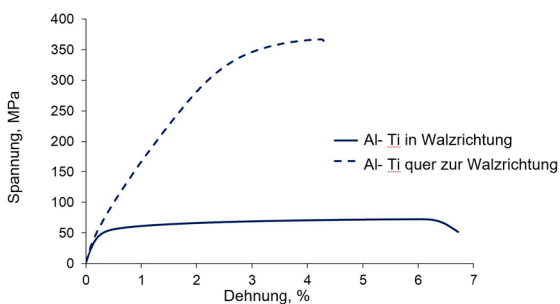


Abbildung 2: Spannung-Dehnungskurven des Aluminium-Titan-Hybridblechs

Wie bereits beschrieben, zerteilt sich die Titanschicht während des letzten Walzganges in einzelne Titanlamellen. Das obere und untere Aluminiumblech ist durch den Warmwalzprozess zwischen den Titanlamellen plattiert. Infolgedessen tritt die Dehnung in den Zugversuchen ( $WR=0^\circ$ ) lokal an diesen Stellen auf. Die mechanischen Eigenschaften des Blechhybrides in Walzrichtung unterscheiden sich dadurch nur minimal von den mechanischen Eigenschaften der Aluminiumlegierung EN AW-

1050. Die niedrigen Bruchdehnungswerte sind ebenfalls das Ergebnis starker lokaler Verformung in den Proben im Zugversuch, die in Walzrichtung geschnitten sind. Die Proben quer zur Walzrichtung ( $WR=90^\circ$ ) bestehen hauptsächlich aus Titanlamellen, die beidseitig in Aluminiumschichten eingebetteten sind. Bei den Zugversuchen in Walzrichtung sowie quer zur Walzrichtung konnte keine Delamination weder zwischen den Aluminium-Titanschichten noch zwischen den Aluminium-Aluminiumschichten festgestellt werden, was auf eine starke Verbindung der Hybridschichten hindeutet. Die Ergebnisse der Zugversuche zeigen weiterhin, dass durch Warmwalzen ein richtungsabhängig verstärktes Hybridblech mit angepassten mechanischen Eigenschaften hergestellt werden kann. Das Hybridblech weist exzellente Festigkeitswerte quer zur Walzrichtung auf, die bis zu 500 % höher als die Festigkeit in Walzrichtung. Die gemessenen Mikrostrukturen im Bereich der Aluminium-Titan- sowie Aluminium-Aluminium Verbindungszone sind in Abbildung 3 dargestellt.

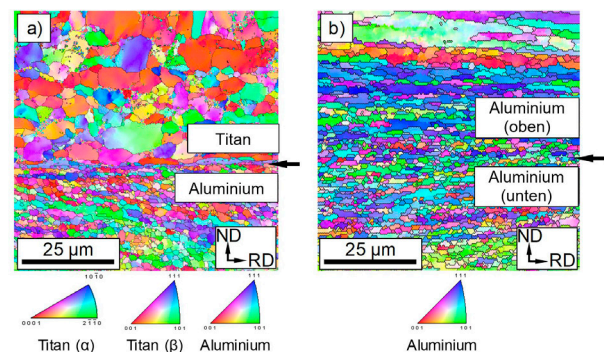


Abbildung 3: EBSD inverse Polfiguren der Ti-Al-Verbindungszone (a) Al-Al-Schichten (b) Pfeile auf beiden Bildern deuten auf die Verbindungszone hin

Die EBSD Messungen bestätigten, dass sich die Umformung beim Warmwalzen in den äußeren Aluminiumschichten konzentriert. Im Gegensatz zu den Aluminiumschichten konnten, wie in Abbildung 3a gezeigt, keine plastischen Verformungen des Titanblechs nachgewiesen werden. So setzte sich die



# Hybride Verbundstrukturen aus Aluminium und Titan für Leichtbauanwendungen

Makrostruktur des Titanbleches hauptsächlich aus  $\alpha$ -Ti-Körnern mit einem Durchschnittsdurchmesser von etwa 10  $\mu\text{m}$  zusammen. Außerdem waren wenige kleine  $\alpha$ -Ti-Ausscheidungen an den  $\alpha$ -Ti-Korngrenzen zu finden.

Das Aluminiumgefüge wies einen Durchschnittsdurchmesser von 3  $\mu\text{m}$  in der Nähe der Verbindungszone auf. Die feine Mikrostruktur liegt in der Scherung des Aluminiums nahe der Verbindungszone, sowie in der gleichzeitig dynamischen und statischen Rekristallisation begründet. Eine ähnliche mikrostrukturelle Entwicklung konnte bei einer akkumulierenden Walzverbindung in [2] beobachtet werden. Die Mikrostruktur im Bereich der Aluminium-Aluminium Verbindungszone zeigt ebenfalls feine Körner mit einem Durchschnittsdurchmesser von etwa 4-5  $\mu\text{m}$  (Abbildung 3b). Dies kann auch mit einer intensiven Scherung sowie Rekristallisation in den ersten und zweiten Walzgängen erklärt werden. Allerdings zeigt die EBSD-Messung, dass die Aluminium Körner gröber werden je weiter sie sich von der Verbindungszone entfernt sind. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Dehnung in den mittleren Bereichen der Aluminiumschicht im Vergleich zu den äußeren Bereichen der Verbindungszone geringer ist.

## WEITERVERARBEITUNG HYBRIDER WERKSTOFFSYSTEME AUS ALUMINIUM UND TITAN

Die untersuchten Blechhybride bestehen aus den Werkstoffen: Aluminium EN AW-1050 und Titan TiAl6V4 mit jeweils individuellen mechanischen Eigenschaften. Titan ist im Vergleich zu Aluminium

deutlich fester und hat ein höheres Festigkeits-Dichte-Verhältnis, wobei Aluminium weicher und duktiler ist. Die mechanischen Eigenschaften können der Tabelle 1 entnommen werden.

Beide Werkstoffe sind verbunden und ergeben daher kombiniert ein hybrides Werkstoffsystem mit eigenen mechanischen Eigenschaften. Das Titan erhöht die Festigkeit des Hybridblechs und des Endprodukts. Aluminium hingegen ist duktil und verbessert damit die Umformung. Um von den vorteilhaften Eigenschaften des hybriden Werkstoffsystems profitieren zu können, müssen neue Fertigungsprozesse entwickelt bzw. vorhandene Fertigungsprozesse ergänzt und weiterentwickelt werden. So beeinflussen die lokal unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften die Grenzformänderung und müssen bei der Umformung des Hybrides Berücksichtigung finden. Die Herstellung einer Geometrie mit Hilfe von Umformverfahren, setzt plastische Verformungen und somit Zug- und Druckspannungen oberhalb der Fließgrenze des Materials voraus. Hierbei kann die hohe Dehnbarkeit des Aluminiums vorteilhaft sein, wenn auch die Verformung primär zwischen den Titanlamellen stattfindet.

Das hybride Werkstoffsystem aus Aluminium und Titan eignet sich demzufolge für Umformverfahren wie dem U-Biegen oder dem einachsigen Tiefziehen. Hierzu wurden Streifen mit einer Ursprungslänge  $l_0$  von 200 mm, einer Ursprungsbreite von 30 mm und einer Ursprungsdicke  $t_0$  von 2 mm (siehe Abbildung 4) zu einem hutförmigen Profil mithilfe einer U-förmigen Matrize umgeformt.

TABLELLE 1: Mechanische Eigenschaften von EN AW-1050, TiAl6V4 und das Aluminium-Titan-Hybrid

Kennwert	EN AW-1050	TiAl6V4	Hybridblech
Streckgrenze [MPa]	61	828	61
Elastizitätsmodul [GPa]	70	110	70
Härte [HV1]	31	337	31-337

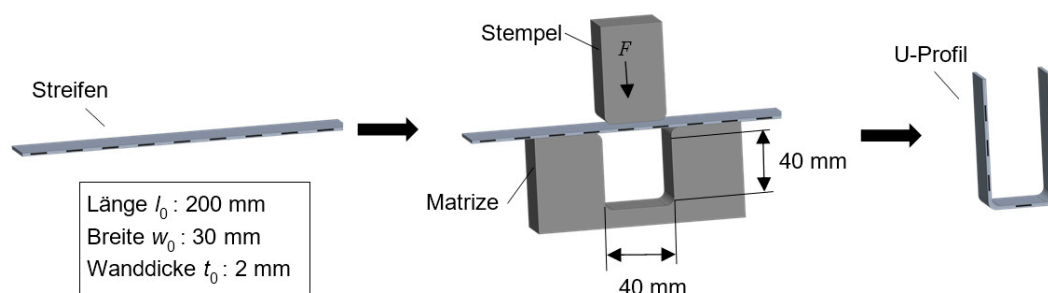


Abbildung 4: Biegen der Al-Ti-Kompositwerkstoff Streifen in einer U-Profil mittels einer hydraulischen Presse mit einer U-Matrize

# Hybride Verbundstrukturen aus Aluminium und Titan für Leichtbauanwendungen

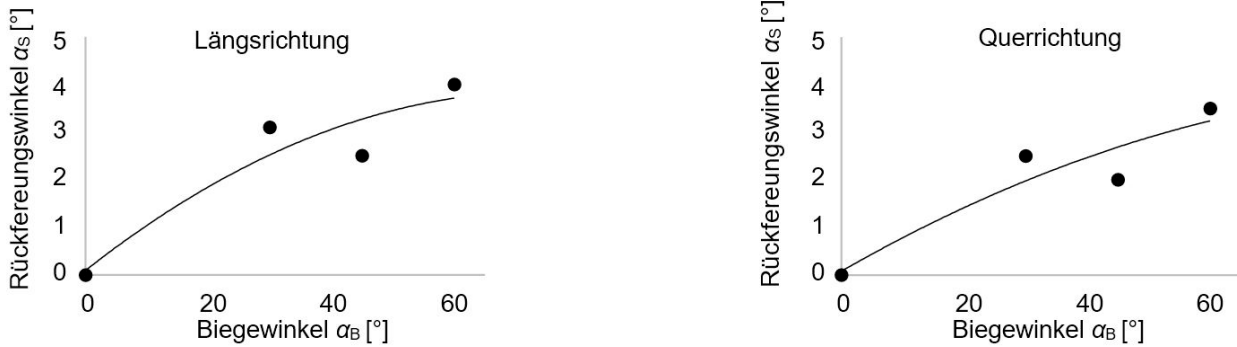


Abbildung 5: Rückfederung und Biegewinkel  $\alpha_B$

Der wesentliche Vorteil einer Matrize definierter Geometrie ist die Möglichkeit hoher Druckkräfte während der Kalibrierung zu indizieren. Dies verhindert ein vorzeitiges Versagen durch Orangenhaut oder Einschnürung. Weiterhin wird die Verbundfestigkeit durch ein Verschweißen der Poren gestärkt (Abbildung 6). Härteprüfungen zeigen weiterhin, dass mit

numerische Charakterisierung wurde mit Simufact. Forming GP 12.03 (regulär Netz, implizit code) durchgeführt. Die wichtigsten Informationen zur Simulation können der Tabelle 2 entnommen werden. Die Maße des hutförmigen Profils aus Aluminium-Titan-Hybridblech mit einer Gesamtlänge von 200 mm ist in Abbildung 6 dargestellt.

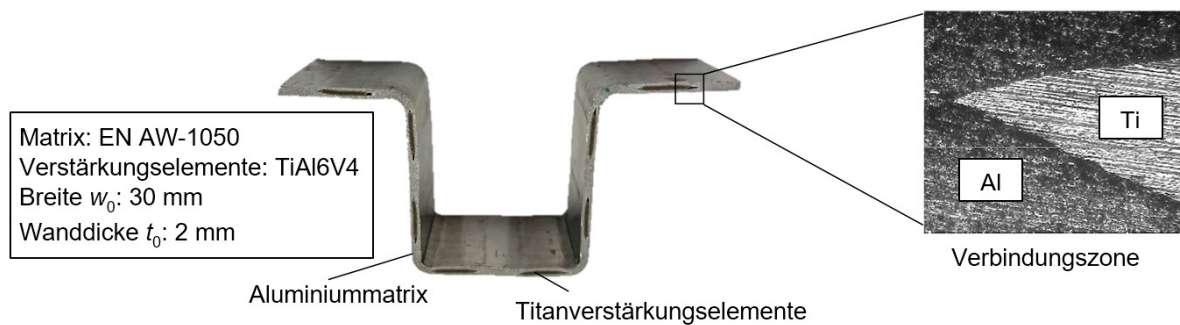


Abbildung 6: Hutförmiges Profil aus Aluminium-Titan-Hybridblech

der lokalen Umformung des Aluminiums eine Kaltverfestigung einhergeht. So stieg die Härte in der Biegezone ursprünglich 31 (HV1) auf bis auf 35 (HV1) in der Hauptumformzone. Dies erhöht abermals die Festigkeit und Stabilität hybriden Werkstoffsystems.

## NUMERISCHE ANALYSE DES VERSAGENSVERHALTENS DES HYBRIDEN HUT-FÖRMIGEN PROFILS

Die numerische Untersuchung in dieser Arbeit offenbarte die vorteilhaften mechanischen Eigenschaften des Hybridbleches im Vergleich zu einem reinen Aluminiumblech. Da die E-Modulwerte der beiden Werkstoffe ähnlich sind, weist das Hybridblech Steifheitswerte auf, die von den Aluminiumwerten nur minimal abweichen. Es ist vorstellbar, dass die Titanlamellen die mechanischen Eigenschaften beeinflussen, indem die Beulfestigkeit und Stabilität beispielsweise erhöht werden [3]. Die

Da die Belastung in Richtung der Titanlamellen auftritt, wird die hohe Festigkeit des Titans komplett ausgeschöpft. Die hohe Steifheit ist vorteilhaft, bis das Teil durch Ausbeulen versagt. Erst im Anschluss wird das Bauteil biegebeansprucht. Da die Steifheit des hybriden Werkstoffverbundes sich kaum vom Aluminium unterscheidet, verhält sich das Hybrid ähnlich wie ein Aluminiumblech. Allerdings versagt ein Aluminiumprofil unter einer deutlich niedrigeren Beulspannung (ca. 40 MPa) als ein Vergleichsbauteil aus dem Hybridblech (660 MPa). In Abbildung 7 ist die Spannungsverteilung in einem Querschnitt vor dem Beulen des Profils für beide Werkstoffe dargestellt. Wenn die kritische Beulfestigkeit überschritten ist, versagt das Hybridblech in einer vergleichbaren Weise wie Aluminium (Abbildung 8). Die numerische Analyse zeigt bei Hybridwerkstoffen verbesserte mechanische Eigenschaften im Vergleich zum Aluminiumblech. Direkt bevor das Hybridprofil nachgibt, waren

# Hybride Verbundstrukturen aus Aluminium und Titan für Leichtbauanwendungen

die Titanlamellen elastisch umgeformt und das Aluminium plastisch gedehnt. Da der E-Modul deutlich höher ist als das Tangentenmodul, wird der Hybridprofilwiderstand gegen Beulen von den Titanlamellen bestimmt.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Forschungsergebnisse haben zeigen können, dass die Möglichkeit besteht Aluminium- und Titanbleche durch mehrstufiges Warmwalzen zu fügen, wobei das Titanblech lamellenartig in regelmäßigen Abständen bricht. Die Bindungsstärke des Hybridbleches ist für weitere Umformverfahren ausreichend. Aufgrund der unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften über

den Querschnitt müssen Umformverfahren den lokalen Formänderungsgrenzen angepasst werden. Dies bietet die Möglichkeit, die mechanischen Eigenschaften den herrschenden Belastungen optimal anzupassen. Das Aluminium-Titanhybrid ermöglicht demzufolge die Herstellung leichter Teile, da das leichte Aluminium mit Titan im Verbund eine hohes Festigkeit-Dichte-Verhältnis aufweist.

## QUELLEN

[1] F.- W. Bach, D. Bormann, M. Rodman and H. Haverkamp, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 39, 588-539 (2008).

TABLE 2: Simulationsmodell

Elementgröße (Länge x Breite x Höhe)	Elemententyp	Elementenzahl	Materialgesetz
2 x 2 x 0,32	Solid, Typ 117	70.000	Elastisch plastisch, isotropisch

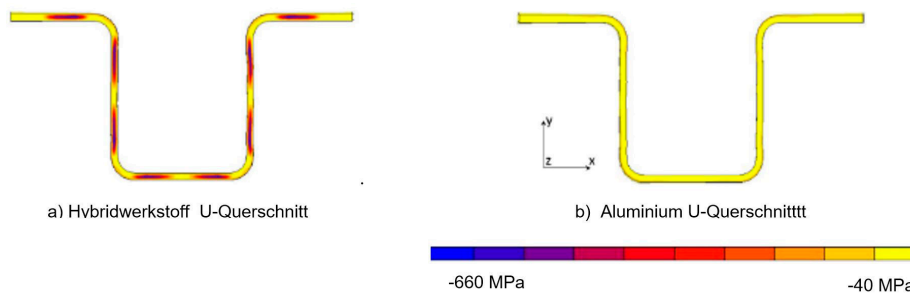


Abbildung 7: Spannungsverteilung im U-Querschnitt vor des Beulversagens

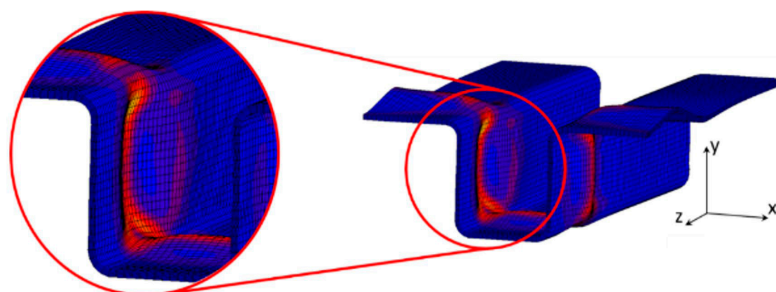


Abbildung 8: Versagen durch Beulen

# Hybride Verbundstrukturen aus Aluminium und Titan für Leichtbauanwendungen

[2] S. Roy, B. R. Nataraj, S. Suwas, S Kumar and K. Chattopadhyay, *Journal of Materials Science* 47, 6402-6419 (2012).

[3] D. Wang, M. M. Abdalla and W. Zhang, *Composite Structures*, Volume 159, 656-666 (2017).

## AUTOREN

Universität Paderborn  
Lehrstuhl für Umformende und Spanende Fertigungstechnologie (LUF)  
Werner Homberg, Tim Rostek

Lehrstuhl für Werkstoffkunde (LWK)  
Mirko Schaper, Olexandr Grydin, Anatolii Andreiev

Technische Universität Dresden  
Institut für Fertigungstechnik, Professur für Formgebende  
Fertigungsverfahren FF, Alexander Brosius, Marc Tulke



# Raster Kelvin Sonden Untersuchungen chemisch modifizierter Klebstoff/Metall-Grenzflächen

## WISSENSCHAFTLICHE FRAGESTELLUNG NANOTECHNOLOGIE IN METALL-KLEBSTOFF- VERBUNDEN

Feuerverzinkter Stahl ist in Deutschland mit einem jährlichen Volumen von 1,9 Mio. Tonnen der wichtigste Konstruktionswerkstoff für anspruchsvolle Anwendungen im Automobilbau. Daher hat die Stahlindustrie in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich und mit hohem Maße in die Weiterentwicklung von Zinklegierungsüberzügen für Stahlbleche investiert. [1] Magnesium und Aluminium erwiesen sich als sehr gute Legierungselemente, die zu einer Steigerung der Korrosionsbeständigkeit unter atmosphärischen Bedingungen führen. [2] Für Klebstoff/Metallverbunde sollte im Rahmen eines IGF-Projekts untersucht werden, inwieweit die sich bildenden Oberflächenoxide die Korrosionsbeständigkeit des Verbunds beeinflussen. Im Rahmen des AiF-DFG Projekts BESTKLEB wurde am TMC ein Raster Kelvin Sonden Blister Test aufgebaut, der es erlaubt Enthaftungsprozesse unter gleichzeitiger Kontrolle von Korrosionspotential und hydrostatischem Druck zu vermessen. [3] Als grundlegender elektrochemischer Enthaftungsmechanismus, der der Nassenthaftung nachgeschaltet ist, wurde die kathodische Unterwanderung betrachtet. [4] Dabei spielt die Wasseraufnahme und Sauerstoffpermeabilität des Polymers, aber auch die Anbindung des Klebstoffs an die Oxide eine entscheidende Rolle. In den letzten Jahren wurden mehrere Ansätze verfolgt, um diese Stabilität auch in korrosiven Medien zu erhöhen. [5-7] Die Verwendung dünner haftvermittelnder Filme auf Organosilanbasis ist auch technisch ein etablierter Ansatz zur Verbesserung der Haftung von Epoxid-Amin Klebstoffen auf oxidbelegten metallischen Substraten [8-10].

## IGF-VORHABEN

An der Universität in Paderborn wurde in dem Zeitraum von 01.03.2014 bis 28.02.2017 an den beiden Forschungsstellen, dem TMC (Technische und Makromolekulare Chemie, Prof. Grundmeier) und dem LWF (Labor für Werkstoffkunde und Fügetechnik, Prof. Meschut) in dem Projekt „Entwicklung von Bewertungsmethoden und Richtlinien für das Kleben von ZnMgAl-legierungsbeschichteten Stahlfeinblechen“, IGF-Projekt Nr. 18093 N grundlegend an Zink-Magnesium-Aluminium Legierungen im Verbund mit kommerziellen

strukturellen Epoxidharzklebstoffen geforscht, um Kenntnisse über die Prinzipien der Adhäsion voranzutreiben und um die Differenzierung zwischen Adhäsion und Kohäsion als Beurteilungskriterium genauer zu formulieren.

In einem inhaltlich angelehnten Projekt werden seit 2015 in einem Kooperationsprojekt zwischen den Forschungsstellen TMC (Technische und Makromolekulare Chemie, Prof. Grundmeier), LWF (Labor für Werkstoffkunde und Fügetechnik, Prof. Meschut) und FHM (Fachhochschule Münster, Fachbereich Maschinenbau, Prof. Kötting) in dem Projekt „Entwicklung und Qualifizierung eines Tests zur elektrochemischen Schnellprüfung von korrosionsbelasteten Klebverbindungen“, IGF-Projekt VP 1088, Zinklegierungen im Verbund mit kommerziellen Klebstoffen untersucht, um eine schnelle elektrochemische Prüfmethode zur Beurteilung des Alterungsverhaltens der Metall-Klebstoff-Verbindung zu entwickeln.

## EXPERIMENTELLER ANSATZ:

### *HR-SKP (Höhenregulierte Raster Kelvin Sonde) - Blistertest*

Um die Grenzflächenstabilität in-situ zu untersuchen, wurden Proben hergestellt, die halbseitig mit einem Aminosilan ( $\gamma$ -APS) und anschließend ganzflächig mit einem Epoxidharz beschichtet wurden. Die Blistertest Messzelle ermöglicht es den Klebstofffilm in der Grenzfläche elektrochemisch und mechanisch mittels des Druckes im Elektrolyten zu belasten und somit einen künstlichen Defekt zu erzeugen, dessen Wachstum und radiale Ausbreitung mit der Kelvin-Sonde in Echtzeit verfolgt wird. Die klimatisierbare Messkammer trägt zusätzlich zur Reproduzierbarkeit bei. Der Aufbau ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

### *Ermittlung des Schälwiderstands*

Zur Untersuchung der Kräfte an wurden 90°-Schältests in einer klimatisierbaren Messkammer (RH, RT) durchgeführt. Die Klebstofffilme wurden für 24 Stunden bei entsprechend hoher relativer Luftfeuchtigkeit vorgealtert und im anschließend im 90° Winkel senkrecht zur Probenoberfläche abgezogen. Um den Einfluss der Luftfeuchtigkeit zu untersuchen wurden relative Luftfeuchten von 70%, 80% und >90% reproduziert. Es konnte gezeigt werden, dass

# Raster Kelvin Sonden Untersuchungen chemisch modifizierter Klebstoff/Metall-Grenzflächen

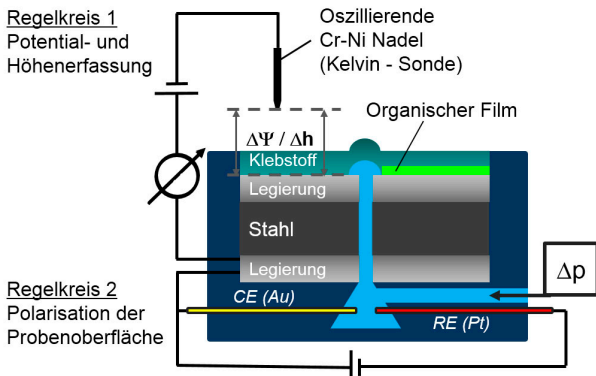
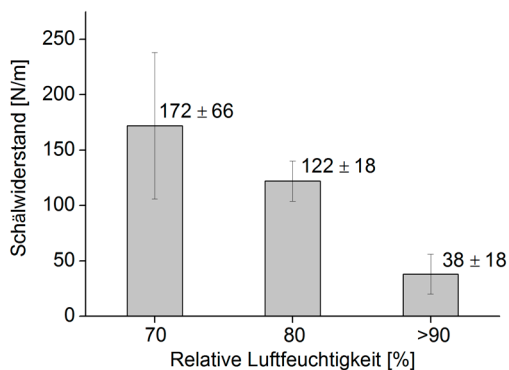


Abbildung 1: Raster Kelvin Sonden Blister Test Zelle mit einseitig modifizierter Oberfläche eines legierten Stahls mit freistehendem Klebstofffilm – Schematischer Aufbau

die Adhäsion mit zunehmender Luftfeuchtigkeit abnimmt (Abb. 2a). Die Organosilanbeschichtung auf einem Zink-Magnesium-Aluminium Stahl führt zu einer Vervierfachung der Adhäsion unter hohen Wasserpartialdrucken (Abb. 2b).

a)



b)

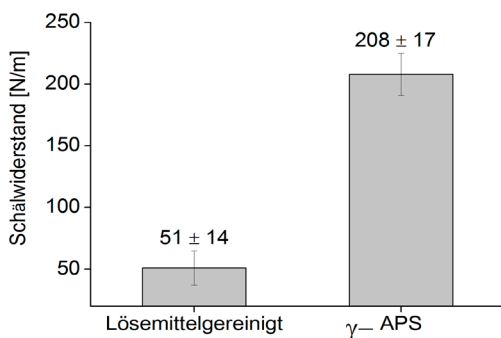


Abbildung 2: Einfluss der Feuchteauslagerung und Grenzflächenmodifikation auf die Schälkraft eines Epoxidharzes auf verzinktem Stahl. a) Schälkraft als Funktion der relativen Luftfeuchtigkeit bei Auslagerung, b) Vergleich der Schälkraft nach Auslagerung zwischen modifizierter und nicht-modifizierter Grenzfläche für ZnMgAl-verzinkte Substrate [11, 12].

In dem Höhenprofil / Potential - Zeit Diagramm (Abb. 3) sind die Ergebnisse des HR-SKP Blister tests zu sehen. In einem Zeitraum von 25 Stunden bildet sich aufgrund der einseitig guten Nasshaftung ein asymmetrisches Höhenprofil des Klebstofffilms aus. Die relativ geringe Potentialdifferenz zwischen Defekt und Organosilan-beschichteter Seite lässt auf elektrochemische Stabilität schließen. Zudem erkennt man auf der unbeschichteten Seite zwei aufeinanderfolgende Potentialplateaus, die aus einem komplexen Delaminationsmechanismus, bestehend aus sich abwechselnder kathodischer und anodischer Delamination, hervorgehen, ähnlich wie dies schon bei der korrosiven Unterwanderung verzinkter Stähle beobachtet werden konnte. [13]

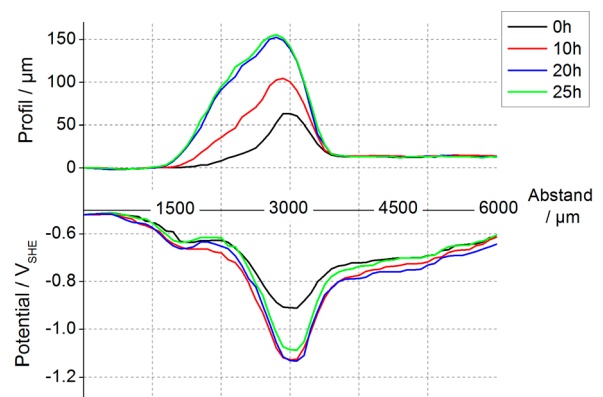


Abbildung 3: HR-SKP-BT Messung der asymmetrischen Unterwanderung eines Blisters bei, dem nur die rechte Hälfte der Probe mittel  $\gamma$ -APS chemisch modifiziert wurde (mit freundlicher Genehmigung von Wiley VCH [14]).

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Einfluss der Wasserkonzentration in dem Klebstofffilm und damit auch an der Grenzfläche Polymer / Metalloxid führt zu einer Abnahme des gemessenen Schälwiderstands auf ZnMgAl feuerverzinkten Stahlfeinblechen. Es konnte gezeigt werden, dass die Enthftung und die korrosive Unterwanderung des Klebstoffes durch das vorherige Beschichten der Substratoberfläche mit einem bifunktionellen Organosilan (Aminosilan) inhibiert werden kann und die Kräfte zum Ablösen des Klebstofffilms von ZnMgAl-Stahl unter hohen Feuchten vervierfacht werden. Der HR-SKP-BT Aufbau erwies sich als sehr geeignete Methode, um die Haftstabilität von Klebstoffen unter korrosiven Bedingungen zu untersuchen.

# Raster Kelvin Sonden Untersuchungen chemisch modifizierter Klebstoff/Metall-Grenzflächen

## DANKSAGUNG

Die Autoren würdigen die finanzielle Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG-Projekt, Grant Nr. GR 1709 / 14-1) und danken für das IGF-Projekt „Bruchverhalten von Klebeverbindungen und Kohäsivzonenmodell - Einflüsse von Fertigung und Alterung“ von der Forschungsvereinigung Stahlverwendung eV (FOSTA), Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf. Das Projekt wurde von der AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der gemeinsamen industriellen Forschung und Entwicklung (IGF) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie auf der Grundlage eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

## REFERENZEN

- [1] Marder A.R., The metallurgy of zinc-coated steel Progress in Materials Science, 2000, 45 (3) 191-271
- [2] Posner R., Giza G., Vlasak R., Grundmeier G., In situ electrochemical Scanning Kelvin Probe Blister-Test studies of the de-adhesion kinetics at polymer/zinc oxide/zinc interfaces, Electrochimica Acta, 2009, 54 (21) 4837-43
- [3] Tada E, Sugawara K, Kaneko H., Distribution of pH during galvanic corrosion of a Zn/steel couple, Electrochimica Acta, 2004, 49 (7) 1019-26.
- [4] Fürbeth W., Stratmann M., The delamination of polymeric coatings from electrogalvanized steel - a mechanistic approach, Corrosion Science, 2001, 43 (2) 207-27
- [5] Giza M., Grundmeier G., Combination of FTIR Reflection Absorption Spectroscopy and Work Function Measurements for In Situ Studies of Plasma Modified Passive Films on MgZn<sub>2</sub> Plasma, Processes Polymers, 2011, 8 (7) 607-16
- [6] Pohl K., Ozcan O., Voigt M., Grundmeier G., Adhesion and corrosive delamination of epoxy films on chemically etched ZnMgAl-alloy coatings, Materials and Corrosion, 2016, 67 (10) 1020-6
- [7] Yasakau K.A., Giner I., Vree C., Ozcan O., Grothe R., Oliveira A. et al. Influence of stripping and cooling atmospheres on surface properties and corrosion of zinc galvanizing coatings, Applied Surface Science, 2016, 389 144-56
- [8] B. Schinking, Schichtanalyse und elektrochemische Untersuchungen zur Abscheidung dünner SiO<sub>2</sub>- und Organosilanschichten auf verzinktem Stahl, Dissertation, Ruhr-Universität, Bochum, 2004

[9] Wang L., Liu C.-s., Yu H.-y., An C.-q., Structure and Corrosion Resistance of a Composite  $\gamma$ -Amino Propyl Triethoxy Silane and  $\gamma$ -Glycidoxy Propyl Trimethoxy Silane Conversion Coating on Galvanized Steel, Journal of Iron and Steel Research International, 2012, 19 (11) 46–51

[10] Torun B., Giner I., Grundmeier G., Ozcan O., In situ PM-IRRAS studies of organothiols and organosilane monolayers-ZnO interfaces at high water activities, Surface and Interface Anal, 2017, 49 (1) 71-4

[11] Grothe R., Liu C.-N., Baumert M., Hesebeck O., Grundmeier G., Scanning Kelvin Probe Blister test measurements of adhesive delamination - Bridging the gap between experiment and theory International, Journal of Adhesion and Adhesives, 2017, (73) 8-15

[12] Grothe R., Wiesing M., Giner I., Meinderink D., Grundmeier G., Scanning Kelvin Probe Blister Studies of the Delamination of Epoxy Films on Organosilane Modified ZnMgAl Alloy Coated Steel, Materials and Corrosion, 2017, (76) 12-21

[13] Fürbeth W., Stratmann M., The delamination of polymeric coatings from electrogalvanized steel - a mechanistic approach - Part 2: delamination from a defect down to steel Corrosion Science, 2001, 43 (2) 229-41

[14] Grothe R., Wiesing M., Giner I., Meinderink D., Grundmeier G., Scanning Kelvin Probe Blister Studies of the Delamination of Epoxy Films on Organosilane Modified ZnMgAl Alloy Coated Steel, Materials and Corrosion, 2017, (76) 12-21, Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.

## AUTOREN

R. Grothe, G. Grundmeier



## NEUES HOCHLEISTUNGS-TRANSMISSIONS-ELEKTRONEN-MIKROSKOP (TEM) FÜR DIE NANOSKALIGE MATERIALCHARAKTERISIERUNG

Die Dimensionen des neuen Mikroskops der Firma JEOL vom Typ JEM-ARM200F sind beeindruckend: Es ist über drei Meter hoch, tonnenschwer und nimmt mit allen seinen Komponenten einen ganzen Raum ein. Zeitgleich mit dem neuen TEM in Paderborn ist ein zweites TEM an der Universität Bielefeld angeschafft und in Betrieb genommen worden, das für die Untersuchung von Materialien bei Flüssigstickstoff-Temperatur (-196°C) konzipiert ist. Beide Großgeräte bilden das Herzstück des Ostwestfalen-Lippe-Analytik Centrums (OWL-AC), einer in Gründung befindlichen Gemeinschaftseinrichtung der Universitäten Paderborn und Bielefeld, die von Prof. Dr. Jörg Lindner (Physik) und Prof. Dr. Mirko Schaper (Maschinenbau), beide Universität Paderborn, sowie von Prof. Dr. Andreas Hütten (Physik) und Prof. Dr. Thomas Hellweg (Chemie), beide Universität Bielefeld, geleitet werden wird. Die neuen TEMs wurden aus Mitteln des Landes NRW und der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert.

## ABBILDUNG BEI HÖCHSTER ORTSAUFLÖSUNG UND BILDQUALITÄT

Ein TEM kann man sich stark vereinfacht wie ein Durchstrahlungslichtmikroskop vorstellen, in dem anstelle von Licht zur Durchleuchtung der Probe Elektronen genutzt werden. Für deren Erzeugung kommt im JEM-ARM200F ein kalter Feldemitter zum Einsatz, der sich durch eine sehr schmale Energiebreite, hohe Brillanz und lange Lebensdauer auszeichnet. Nach ihrer Erzeugung werden die Elektronen beschleunigt und zu einem Strahl gebündelt. Da Elektronen stark mit Materie wechselwirken, muss das zu untersuchende TEM-Präparat sehr dünn, typischerweise 10-100 nm sein und der Strahlengang im Hochvakuum realisiert werden. Um eine im Vergleich zur Lichtmikroskopie deutlich höhere räumliche Auflösung, d.h. schärfere Abbilder der Probe zu erzielen, werden die Elektronen mittels einer Hochspannung beschleunigt. Beim JEM-ARM200F beträgt diese zwischen 30 000 und 200 000 Volt, was Geschwindigkeiten der Elektronen von immerhin 33 bis 70% der Lichtgeschwindigkeit entspricht. Damit können einzelne Atomreihen kristalliner Proben und sogar einzelne schwere



Abbildung 1: Das neue Hochleistungs-Transmissionselektronenmikroskop (TEM) in Paderborn (Foto: CeOPP)



Atome sichtbar gemacht werden. Für die Gewinnung von Abbildungen aus transmittierten Elektronen stehen zwei grundlegend verschiedene Betriebsmodi zur Verfügung: einerseits parallel aufgezeichnete Abbildungen bei aufgeweitetem, stationärem Elektronenstrahl, und andererseits Abbildungen, die seriell, d.h. Punkt für Punkt aufgezeichnet werden, während ein sehr feiner Elektronenstrahl die Probe rastert (STEM-Modus). Dank eines im JEM-ARM200F eingebauten Korrektors der Firma CEOS können die linsenbedingten Abbildungsfehler im STEM-Modus drastisch reduziert werden. Für beide Modi werden jeweils geeignete Elektronendetektoren verwendet. Herausragendes Ausstattungsmerkmal des JEM-ARM200F ist eine Hochleistungs-CMOS-Kamera der Firma GATAN vom Typ OneView, die eine hohe Bildauflösung (4k x 4k) bei gleichzeitig hoher Bildwiederholrate (25 fps) bietet. Für die Aufnahme von Abbildungen im STEM-Modus stehen mehrere Detektoren für Hell- und Dunkelfeld zur Verfügung. Sowohl die Abbildungen bei stationärem als auch rasterndem Elektronenstrahl werden dazu genutzt, den strukturellen Aufbau, die Existenz und die räumliche Verteilung von Defekten und Sekundärphasen, sowie Gitterverzerrungsfelder zu bestimmen. Außerdem ist ein europaweit einzigartiger, segmentierter STEM-Detektor installiert, der es erlaubt, differentielle Phasenkontrastmikroskopie zu betreiben, womit elektrische und magnetische Felder im Inneren eines Materials orts aufgelöst abgebildet werden können.

## ANALYTIK AUF HÖCHSTEM NIVEAU

Zusätzlich zu den genannten abbildenden Methoden verfügt das JEM-ARM200F über mehrere Beugungs- und Spektroskopie-Betriebsmodi. Beugungsmuster geben Auskunft über den kristallinen Zustand, Kristallstruktur und Textur, während die spektroskopischen Methoden vorwiegend dazu eingesetzt werden, den chemischen Zustand der untersuchten Probe zu entschlüsseln. Zu letzteren zählt zum einen die Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX), zum anderen die Elektronen-Energieverlust-Spektroskopie (EELS). Bei letzterer werden die transmittierten Elektronen als Funktion des Energieverlustes registriert, den sie in der Probe erlitten haben. Die Analyse solcher Elektronen-Energieverlust-Spektren gestattet es, die chemische Zusammensetzung und Bindungszustände sowie plasmonische und optische Eigenschaften (dielektrische Funktion) zu bestimmen. In

Kombination mit STEM können Bilder erzeugt werden, die die laterale Verteilung dieser Eigenschaften in der Probe darstellen. Eine weitere Betriebsart ist die energiegefilterte Abbildung (EFTEM) im Parallelstrahl, die vorwiegend für die Kartierung von Probendicken-, Plasmonen- und Elementverteilungen verwendet wird. Für die Gewinnung und Aufzeichnung der EELS- und EFTEM-Signale verfügt das JEM-ARM200F über ein hochmodernes abbildendes Energiefilter der Firma GATAN vom Typ GIF QUANTUM, das mit einer Slow-scan CCD-Kamera ausgestattet ist.

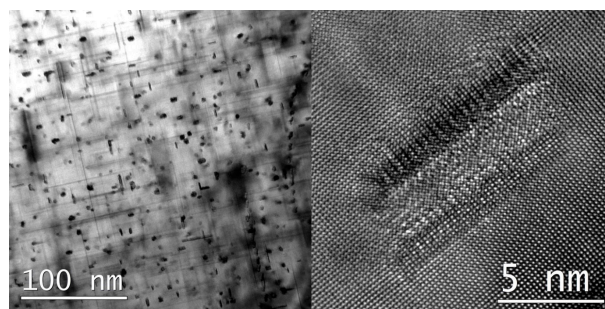


Abbildung 2: TEM-Aufnahme einer mittels Blockcopolymerlithographie nanostrukturierten Polystyrol(PS)-Schicht

## ESSENZIELLES WERKZEUG FÜR DIE MATERIALWISSENSCHAFT

Das außerordentlich hohe Ortsauflösungsvermögen und die Vielfalt der bestimmbar Materialeneigenschaften machen das neue TEM zu einem unersetzbaren Werkzeug für die Klärung materialwissenschaftlicher Fragestellungen und die Entwicklung neuartiger Ansätze, auch in den Bereichen Leichtbau und Hybridsysteme.

Eingesetzt wird das Mikroskop zum Beispiel zur orts aufgelösten strukturellen und chemischen Analyse nanostrukturierter Oberflächen sowie heteroepitaktischer Strukturen und Quantenpunkte. Bei den werkstoffkundlichen Fragestellungen steht die Charakterisierung von Ausscheidungen und Karbiden oder die Untersuchung der Anbindung von Kornfeinungsmitteln in die metallische Matrix im Vordergrund (Abb. 2). Besonderes Interesse gilt den Grenzflächen zwischen Fasern und Matrix in polymeren oder metallischen Faserverbundwerkstoffen.

## AUTOREN

Thomas Riedl, Jörg Lindner

In der Anwendung unterliegen Polymerwerkstoffe umgebungsbedingt verschiedenen Alterungsvorgängen, die einen erheblichen Einfluss auf die Werkstoffeigenschaften haben und in der Regel nur zerstörend nachgewiesen werden können [1,2]. Zerstörungsfreie Messverfahren sind auf dem Gebiet der Materialcharakterisierung, auch im Faserverbundbereich, zwar bereits zahlreich etabliert, detektieren jedoch i.d.R. makroskopische Werkstoffdefekte, wie Risse, Delaminationen oder Fremdeinschlüsse, und keine umgebungsmedienbedingten Alterungseffekte.

Daher ist es das Ziel in diesem Projekt, in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektrische Messtechnik (EMT) der Universität Paderborn, das Alterungsverhalten von unverstärkten und endlosfaserverstärkten Thermoplasten zu untersuchen und ein ultraschallbasiertes Messsystem zur zerstörungsfreien Charakterisierung des Alterungszustands zu entwickeln.

Die in der Anwendung von Kunststoffbauteilen auftretenden Alterungseffekte können durch verschiedenste Umgebungsbedingungen hervorgerufen werden, wie beispielsweise Temperaturwechsel, Feuchtigkeit, salzhaltige Medien und mechanische Belastungen [1]. Grundsätzlich finden zeitgleich ablaufende Alterungsvorgänge auf physikalischer und chemischer Ebene der Polymere statt [3,4]. Die physikalische Alterung führt beispielsweise zu Relaxationsvorgängen oder Nachkristallisationen bei teilkristallinen Thermoplasten. Die chemische Alterung bewirkt hingegen eine molekulare Änderung, so dass beispielsweise Molekülketten witterungsbedingt abgebaut werden [4].

Ein gesonderter Fall der chemischen Alterung ist die Hydrolyse von kondensationspolymerisierten Thermoplasten. Bei der Synthesereaktion dieser Werkstoffgruppe werden niedermolekulare Bestandteile, wie beispielsweise Wasser, abgespalten. Solche Kunststoffe sind hydrophil und können Wasser in die amorphen Bereiche einlagern. Dieses Wasser bedingt eine Umkehrung der Kondensationsreaktion, wodurch die hydrolysierbaren Gruppen gespalten werden und ein Molmassenabbau resultiert. Eine Erhöhung der Temperatur beschleunigt diese Reaktion zusätzlich. Weitere signifikante Einflüsse auf die Hydrolyse haben der Kristallisationsgrad teilkristalliner Polymere sowie die Menge an verfügbarem Reagenzmedium [2].

Um den Einfluss der hydrothermischen Alterung auf die Organobleche systematisch zu untersuchen, wird

im ersten Schritt die reine Matrixkomponente, in diesem Fall Polyamid 6, betrachtet. Polyamid 6, als teilkristallines Polykondensat, kann verhältnismäßig viel Wasser aufnehmen und ist daher besonders hydrolyseanfällig. Für die durchgeführten Messungen werden Probekörper aus zwei unterschiedlichen Extrusionshalbzeugen verwendet. Die Charakterisierung der alterungsbedingten chemischen und mechanischen Änderungen erfolgt an Probekörpern, die aus kalandrierten Platten herausgearbeitet werden. Die Ultraschallmessungen werden an hohlzylindrischen Probekörpern definierter geometrischer Abmessungen durchgeführt, die aus extrudierten Vollrundstäben gefertigt werden (Bild 1). Beide Extrusionshalbzeuge sind aus demselben Ausgangsmaterial.

Um die Hydrolysereaktion künstlich zu beschleunigen,

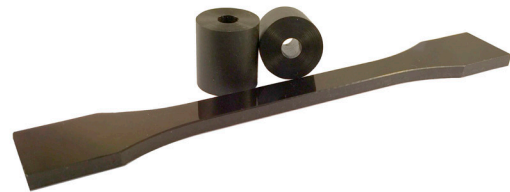


Bild 1: Verwendete Probekörper für die Untersuchungen zum reinen Polymer

werden die Materialien in einem auf konstant 60 °C temperierten Salzwasserbad gelagert, dessen Natriumchloridkonzentration auf 50 Gramm pro Liter eingestellt wird. Zu definierten Zeitpunkten werden Proben entnommen, um die zeitabhängige Wirkung der hydrothermischen Alterung auf das Polyamid zu untersuchen. Im Anschluss erfolgt die normgerechte Konditionierung der Probekörper auf Normklimabedingungen (23 °C / 50 % Luftfeuchte) um einen definierten Ausgangszustand für die jeweiligen Messungen gewährleisten zu können.

Zur Detektion molekularer Veränderungen über der Alterungsdauer, werden die Viskositätszahlen der einzelnen Alterungszustände nach DIN EN ISO 307 ermittelt. Als mechanische Zielgrößen werden die Zugfestigkeit und der E-Modul aus dem Zugversuch herangezogen.

Die zerstörungsfreie Bestimmung der Alterungsstadien der untersuchten Polyamidproben erfolgt durch Ultraschallmessungen. Dafür wird ein Messstand verwendet, der wie in Bild 2 dargestellt, aufgebaut

ist. Die Probekörper werden zwischen zwei piezoelektrische Ultraschallwandler gespannt. Der untere Schallwandler dient als Sender, der ein elektrisches Signal in eine mechanische Ultraschallwelle umwandelt. Die resultierende Welle wird mittels einer definierten Koppelgelschicht in den Probekörper eingebracht, durch den Hohlzylinder geleitet und vom Empfänger wieder angegriffen.

Dieser wandelt die mechanische Welle wieder in ein elektrisches Signal zurück. Mit der zeitlichen Kenntnis von Eingangs- und Ausgangssignal kann die Laufzeit der Longitudinalwelle bestimmt werden. Über die vorgegebene Messstrecke, die aus der Probenlänge resultiert, wird die Longitudinalwellengeschwindigkeit als Weg pro Zeit berechnet.

Auf chemischer Ebene ist ein eindeutiger Trend der

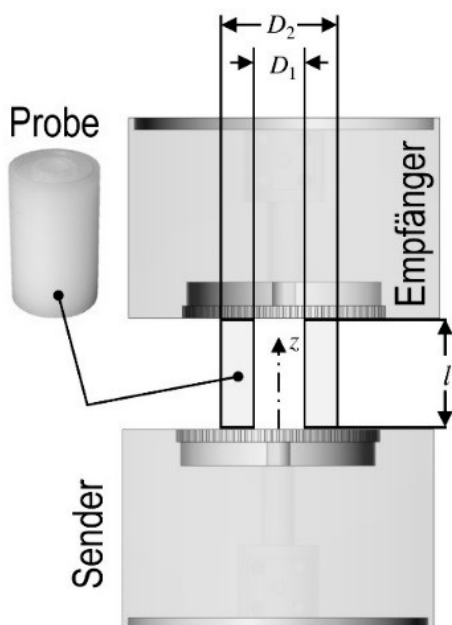


Bild 2: Messaufbau zur zerstörungsfreien Ultraschallmessung ([5])

Alterung zu erkennen. Die Viskositätszahl, die ein Maß für die mittlere Molekülkettenlänge der Polymere darstellt, nimmt mit steigender hydrothermischer Einwirkzeit signifikant ab. Dies lässt darauf schließen, dass sich die Molekülketten entsprechend verkürzen und somit eine Hydrolysereaktion stattfindet.

Der gleiche Alterungsverlauf konnte durch die Ultraschallmessungen nachgewiesen werden. Die Normierung der Verläufe von der Viskositätszahl und der Longitudinalwellengeschwindigkeit auf den jeweiligen ungealterten Anfangswert zeigt, dass die beiden Kurven unter Berücksichtigung der Standardabweichung quasi übereinander liegen, wie Bild 3 veranschaulicht.

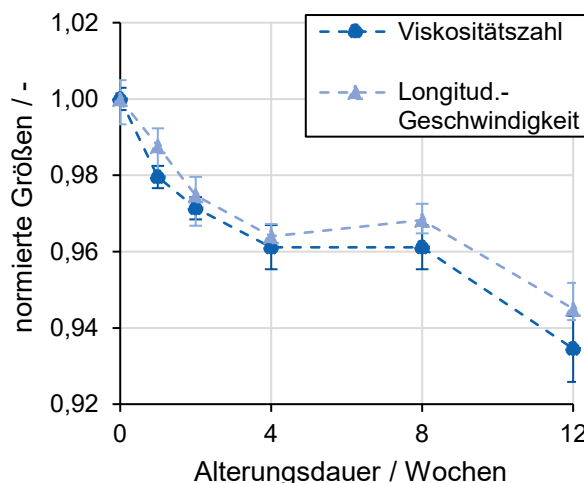


Bild 3: Normierter Verlauf der untersuchten Kenngrößen Viskositätszahl und Longitudinalwellengeschwindigkeit über der Alterungsdauer

Physikalisch kann dieser Zusammenhang dadurch begründet werden, dass die Aufspaltung und Verkürzung der Polymerketten zu einer höheren Anzahl an Molekülketten führt, wodurch eine Verringerung der Longitudinalwellengeschwindigkeit resultiert. Ein direkter Zusammenhang zwischen Viskositätszahl und Schallgeschwindigkeit wird somit bestätigt. Entsprechend kann mit beiden Messverfahren die Alterung des Polyamids in gleicher Weise ermittelt werden.

Die Signifikanz des Alterungsprozesses wird durch zusätzliche GPC-Analysen gestützt. Die enge Korrelation zwischen dem mittleren Molekulargewicht und der Viskositätszahl ist literaturbekannt. In diesem Fall wird diese Relation durch die normierte

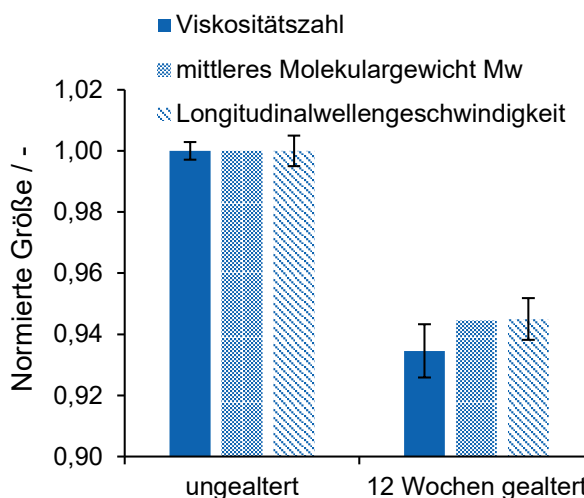


Bild 4: Vergleich der normierten Kenngrößenänderung über der Alterungsdauer

Betrachtung der jeweiligen Messgrößen zu den betrachteten Alterungszeitpunkten bestätigt, wie Bild 4 veranschaulicht. Die Viskositätszahl, das mittlere Molekulargewicht und die Longitudinalwellengeschwindigkeit verringern sich während der Alterungszeit jeweils um ca. 6 Prozent.

Die Ergebnisse zeigen, dass die hydrothermische Alterung der Polymere auf unterschiedlichste Weise ermittelt werden kann. Der Vergleich der chemischen und der akustischen Untersuchungen zeigen einen direkten Zusammenhang zwischen mikroskopischen Änderungen, respektive der Viskositätszahl, und der daraus bedingten Änderung der akustischen Kenngröße Longitudinalwellengeschwindigkeit.

Das mechanische Werkstoffverhalten des untersuchten Materials ist hier nicht weiter betrachtet worden, wurde jedoch ebenfalls ermittelt. Analoge Experimente haben diverse Wissenschaftler für verschiedene PBT- und PA-Typen durchgeführt. Alle Ergebnisse zeigen einen signifikanten Abfall der Zugfestigkeit in den ersten Tagen der jeweiligen Untersuchungen. Folglich sind die mechanisch ermittelten Ergebnisse aus den hier vorgestellten Experimenten mit weiteren akustischen Kenngrößen zu korrelieren. So können möglicherweise zusätzliche Zusammenhänge detektiert werden, wodurch der Alterungsprozess der Polymere auch auf mechanischer Ebene zerstörungsfrei charakterisiert werden kann.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse ist ein entsprechendes Messsystem zur zerstörungsfreien Prüfung von flächigen Organoblechen zu entwickeln. Die vorgestellten Untersuchungen werden daher für die endlosfaserverstärkten Thermoplaste in gleicher Weise durchgeführt und die entsprechenden Kennwerte analysiert.

## DANKSAGUNG

Die gezeigten Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojekts MO 685/13-1 erarbeitet, das durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wird. Ein großer Dank gilt daher der DFG für Ihre Unterstützung. Des Weiteren danken wir den Firmen Centroplast Engineering Plastics GmbH und Bond-Laminates GmbH für die Unterstützung mit Versuchsmaterial.

## AUTOREN

Kunststofftechnik Paderborn:

Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer, Matthias Hüttner

Elektrische Messtechnik

Prof. Dr.-Ing. Bernd Henning, Manuel Webersen

## LITERATUR

- [1] Menges, G., Haberstroh, E., Michaeli, W., Schmachtenberg, E.: Werkstoffkunde Kunststoffe, 6. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2011
- [2] Ehrenstein, G.W., Pongratz, S.: Beständigkeit von Kunststoffen, Band 1, Carl Hanser Verlag, München, 2007
- [3] DIN 50035: Begriffe auf dem Gebiet der Alterung von Materialien – Polymere Werkstoffe, Beuth-Verlag, 2012
- [4] Potthoff, P.: Alterung und Recycling von HDPE für Flaschentransportkästen, Kunststoffe, 75 (1985) 8, Carl Hanser Verlag, München, S. 481-486
- [5] J. Rautenberg, F. Bause, B. Henning, Messsystem zur Bestimmung akustischer Kenngrößen stark absorbierender, transversal isotroper Kunststoffe, Technisches Messen 80 (2013) 1; doi: 10.1524/teme.2013.00



# Mikrostrukturelle Modellierung von Bainitwachstum

Das als Bainit benannte Zwischengefüge in Stahl zeichnet sich durch sehr gute Materialeigenschaften aus und ist daher in der Industrie für hoch beanspruchte Bauteile interessant, wie zum Beispiel in der B-Säule eines PKWs, siehe Abbildung 1. Bainit besteht, genauso wie Perlit, hauptsächlich aus Ferrit und Zementit. Die Größe, Form und Verteilung der beiden Phasen und eventuell vorliegendem Restaustenit unterscheidet sich aber grundsätzlich von denen des Perlits. Während beim Perlit die Phasen Ferrit und Zementit, kooperativ und gleichzeitig wachsen, beginnt die isotherme Umwandlung des Bainits nach einer Abkühlung aus dem Austenit mit dem Wachstum des sogenannten bainitischen Ferrits. Abbildung 1 zeigt eine Mikroskopaufnahme von bainitischem Gefüge.

Auf diesem Gebiet ausgewiesene Wissenschaftler konnten zeigen, dass der Ferrit während des Wachstums an Kohlenstoff übersättigt ist und sich die Carbide daher erst später in einem nachgelagerten Prozess bilden. Abhängig von der Temperatur der isothermen Umwandlung diffundieren anschließend die Kohlenstoffatome. Bei vergleichbar hohen Temperaturen (aber noch unterhalb der Perlitstufe) sind die Atome beweglich genug, um den übersättigten Ferrit zu verlassen. Sie bewegen sich über das Interface der beiden Phasen und reichern den Austenit mit Kohlenstoff an. Innerhalb des Austenits kommt es zu einer angleichenden Diffusion, die auch als Fick'sche Diffusion bekannt ist. An Ansammlungen des Kohlenstoffs, insbesondere direkt am Rand zum bainitischen Ferrit kann es zu Ausscheidungen des Kohlenstoffs in Form von Zementit kommen. Diese Morphologie des Bainits wird als oberer Bainit bezeichnet.

Der untere Bainit entsteht bei niedrigeren Temperaturen, aber oberhalb der Martensitstarttemperatur. In diesem Temperaturbereich ist die Reichweite der Kohlenstoffatome stark eingeschränkt. Nur wenige, grenznahe Atome bewegen sich in den Austenit während der Großteil des Kohlenstoffs im übersättigten bainitischen Ferrit zurückbleibt. Diese Atome bilden nun Ansammlungen von Kohlenstoff, sodass die lokale Konzentration des Kohlenstoffs so groß wird, dass er als Zementit ausscheidet.

Ziel unserer Forschung ist es, ein Modell zu entwickeln, das diesen Prozess für beide Morphologien abbilden kann. Zur Simulation ähnlicher Phasenumwandlungen, wie der Transformation von Austenit zu Widmanstätten-

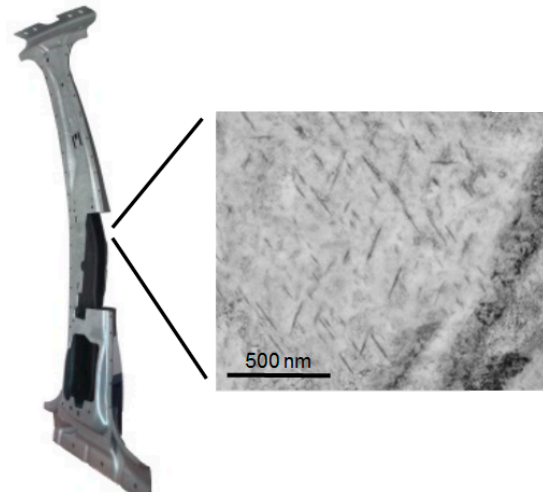


Abbildung 1: Bainitisches Gefüge in einer B-Säule

Gefüge, Perlit oder Martensit, wird in der Wissenschaft sehr erfolgreich die Phasenfeldmethode angewendet. Durch verschiedene Erweiterungen dieser Methode können wir heute auch die komplexe Transformation des Bainits simulieren.

Die Phasenfeldmethode basiert auf zwei elementaren Differentialgleichungen, der Ginzburg-Landau Gleichung für Umwandlungsprozesse und der Cahn-Hilliard Gleichung für konservative Größen, wie zum Beispiel der Konzentration des Kohlenstoffs. Beide Gleichungen leiten wir in einem allgemeinen Modellierungskonzept her. Dabei werden ähnlich den Axiomen der Mechanik, Kräfte und Spannungen postuliert, die in diesem Fall nicht zur Bewegung oder Verformung eines makroskopischen Körpers führen, sondern die atomare Konfiguration oder Konzentration beeinflussen. Mit Hilfe des 1. und 2. Hauptsatzes der Thermodynamik lässt sich ein System aus gekoppelten partiellen Differentialgleichungen aufstellen, das ganz generell in der Lage ist, die oben beschriebenen und weitere Phasenumwandlungen zu beschreiben.

Um eine konkrete Phasenumwandlung, wie hier die des Bainits, zu simulieren werden nun konstitutive Gleichungen formuliert. Insbesondere wird eine freie Energiefunktion definiert, die hier auch für die Unterscheidung zwischen oberem oder unterem Bainit entscheidend ist. Des Weiteren werden durch diese Energiefunktion auch die drei verschiedenen Diffusionsarten in das Modell integriert. Das sind: 1. die Separierung des Kohlenstoffs innerhalb des bainitischen Ferrits, 2. die Diffusion des Kohlenstoffs vom bainitischen Ferrit über das Interface in

# Mikrostrukturelle Modellierung von Bainitwachstum

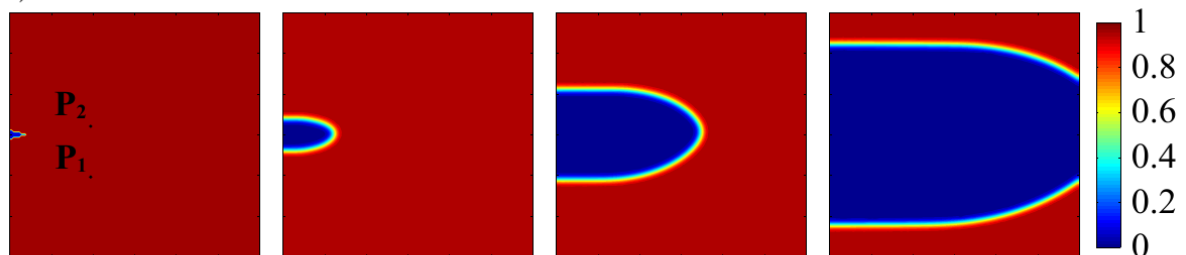
den Austenit und 3. die bereits angesprochene Umverteilung des Kohlenstoffs im Austenit. Auch für die Simulation der Ausscheidung des Zementits ist eine konstitutive Gleichung nötig.

Das System partieller Differentialgleichungen wird mit der in der Mechanik weit verbreiteten Methode der Finiten Elementen (FEM) gelöst. Ergebnisse davon sind in Abbildung 2 zu sehen. In Abbildung 2.a wird die Austenitverteilung über dem quadratischen Feld ( $3 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}$ ) dargestellt. Der Wert 1 (rot) bezeichnet 100% Austenit und 0 (blau) entsprechend 0% Austenit. Die vier Abbildungen in der Reihe sind über den Zeitverlauf 0 s, 5 s, 15 s, 30 s aufgenommen. Darunter

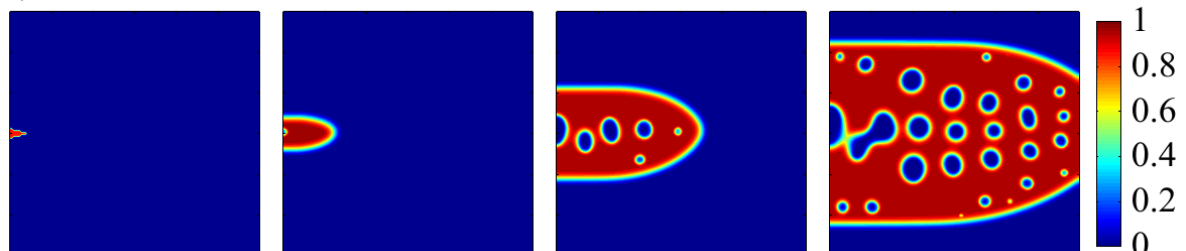
folgt der bainitische Ferrit (Abbildung 2.b) und der Zementit (in der Abbildung „Carbide“). In Abbildung 2.d wird die Kohlenstoffkonzentration dargestellt. Die Skala zeigt hier Massenprozent Kohlenstoff. Die erste Spalte der Abbildung zeigt die Anfangsbedingung des Problems. Am linken Rand befindet sich ein Keim von bainitischem Ferrit während der Rest des Feldes vom Austenit dominiert wird. Die Kohlenstoffkonzentration entspricht der des Stahles und ist gleichverteilt bis auf kleine zufällige Störungen um den Mittelwert.

Nach 5 s ist der Keim deutlich gewachsen und zeigt ein für die Phasenfeldmethode typisches, diffuses

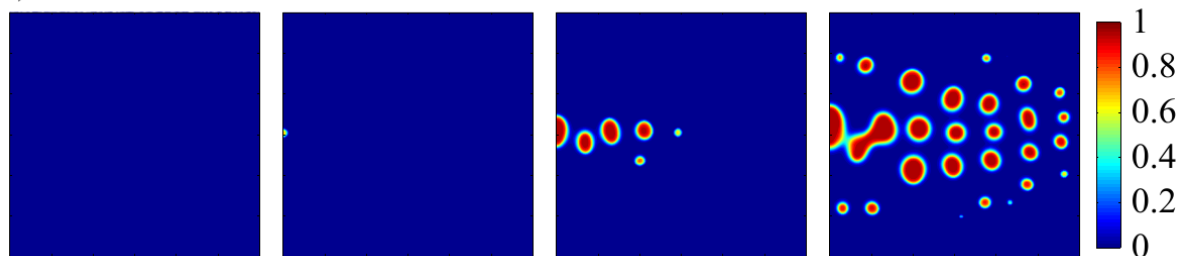
a) Austenite



b) Bainitic ferrite



c) Carbide



d) Carbon concentration

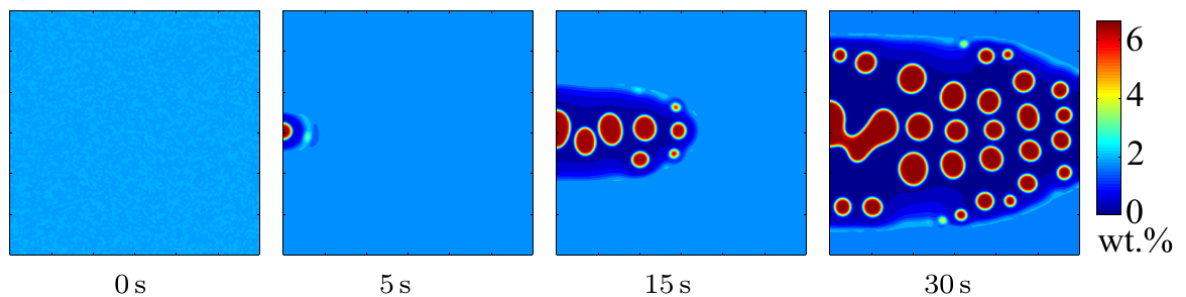


Abbildung 2: Die Umwandlung von Austenit zu unterem Bainit in der Simulation mit der Phasenfeldmethode nach 0 s, 5 s, 15 s, 30 s.

# Mikrostrukturelle Modellierung von Bainitwachstum

Interface zum Austenit. Abbildungsteil b zeigt nahezu das Negativbild zur Austenitphase. In Abbildung 2.d werden bei 5 s gleich mehrere Prozesse deutlich. Zuerst ist besonders gut an der Spitze der neuen Phase zu erkennen, dass sie beim Wachstum an Kohlenstoff übersättigt ist. Zweitens bildet sich mitten in der neuen Phase bereits eine Ansammlung von Kohlenstoff, ausgelöst durch die Diffusionsart Separierung des Kohlenstoffs im übersättigten bainitischen Ferrit. Durch diese Ansammlung kommt es in Abbildung 2.c bei 5 s bereits zu einer ersten kleinen Ausscheidung von Zementit am linken Rand.

Nach 15 s Simulation zeigen sich diese Prozesse noch deutlicher. Der bainitische Ferrit wächst nadelförmig in den Austenit und bleibt zuerst übersättigt an Kohlenstoff. Im untersten Diagramm kann nun die Separierung des Kohlenstoffs nachvollzogen werden. Es bilden sich hier mehrere Ansammlungen von Kohlenstoff, die schließlich ihr Maximum von 6,67 Masse-% erreichen und dann schließlich zur Ausscheidung von Zementit (in Abbildung 2.c bei 15 s) führen. Die Ausscheidungen treten also genau an den Orten der Ansammlungen des Kohlenstoffs auf. Zwei kleinere Ansammlungen führen bei 15 s noch nicht zu Ausscheidungen. Alle anderen Paare an Ausscheidungen und Ansammlungen lassen sich zweifelsfrei identifizieren. Das Simulationsergebnis nach 30 s zeigt ähnliche Resultate. Die Ferritphase ist nun deutlich größer, es gibt mehr und größere

Ansammlungen von Kohlenstoff und entsprechende Ausscheidungen.

In Abbildung 3 werden die Phasenanteile und die Kohlenstoffkonzentration der Punkte P1 und P2 (siehe Abbildung 2) über der Zeit aufgetragen. Die gestrichelten Linien zeigen den Verlauf der Daten aus Abbildung 2. Die durchgezogenen Linien gehören zu einem Versuch mit langsamerer Diffusion. Deutlich zu sehen ist in beiden Fällen der langsame Aufstieg der bainitischen Ferritphase während sich der Kohlenstoffgehalt zunächst nicht ändert. Zeitlich versetzt kommt es zu einer Änderung der Kohlenstoffkonzentration die schließlich zu einem starken Anstieg und zur Ausscheidung des Zementits führt. Durch den Anstieg des Zementits wird der bainitische Ferrit wieder verdrängt.

## AUTOREN:

M. Düsing, R. Mahnken

## ZU DIESEM THEMA SIND FOLGENDE VERÖFFENTLICHUNGEN ERSCHIENEN:

Düsing, M.; Mahnken, R.: „Simulation of lower bainitic transformation with the phase-field method considering carbide formation”. *Comp. Mater. Sci.* 111, 91-100, 2016

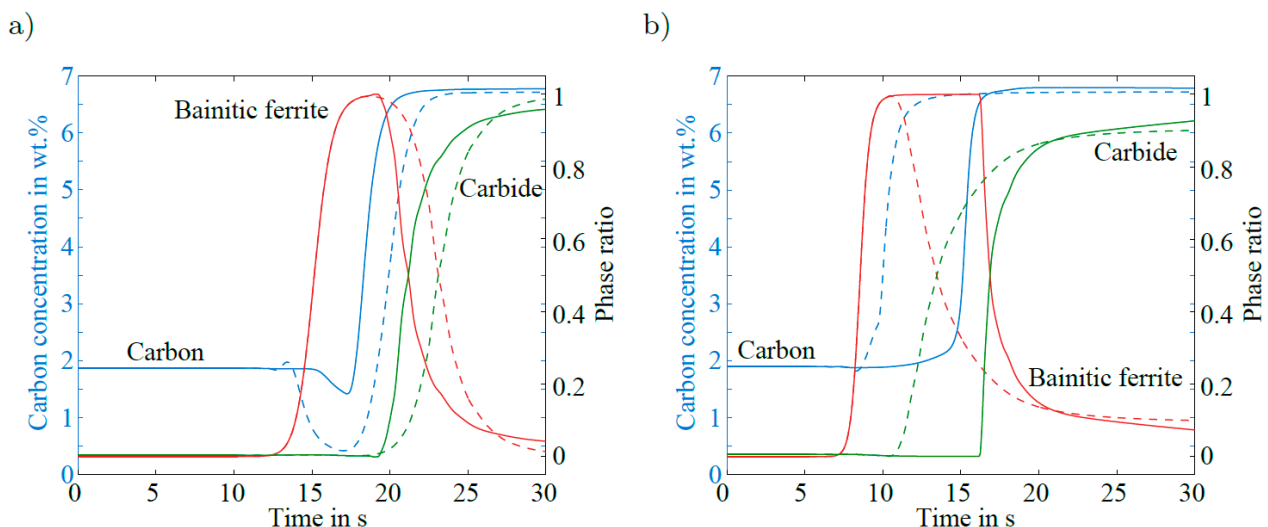


Abbildung 3: Phasenanteile und Kohlenstoffkonzentration an den Punkte P1 und P2 (siehe Abbildung 1) über die Zeit.

# Mikrostrukturelle Modellierung von Bainitwachstum

Düsing, M.; Mahnken, R.: „A thermodynamic framework for coupled multiphase Ginzburg-Landau/ Cahn-Hilliard systems for simulation of lower bainitic transformation”. *Archive of Applied Mechanics* 86:12, 1947-1964, 2016

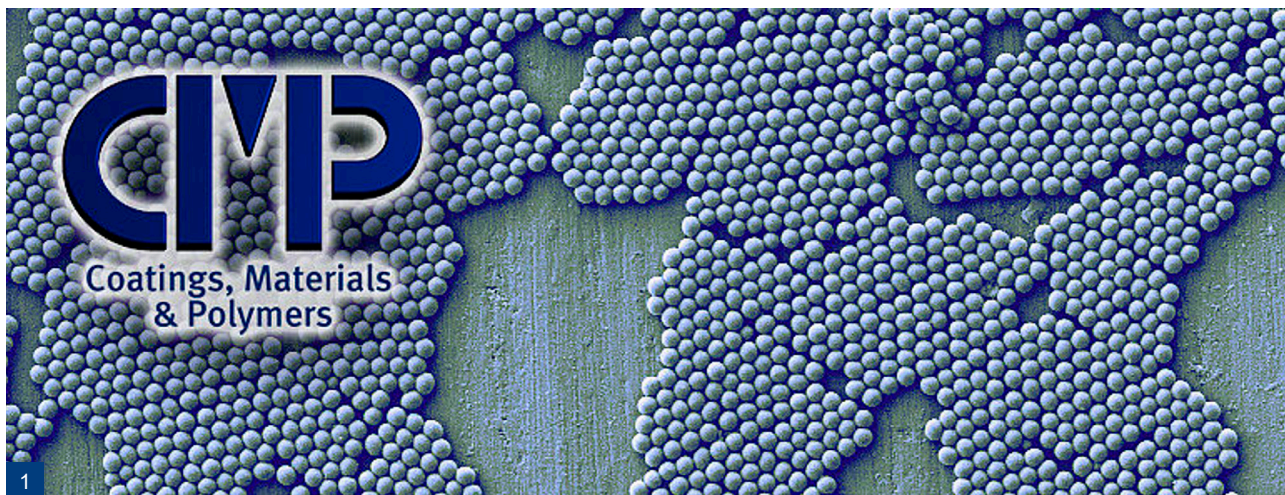
Mahnken, R., Cheng, C., Düsing, M., Ehlenbröker, U. & Leismann, T. The concept of generalized stresses for computational manufacturing and beyond. *GAMM-Mitteilungen* 39:2, 229–265, 2016





## **Die ILH Fachgruppen**

<b>Coatings, Materials and Polymers</b>	<b>48</b>
<b>Technische und Makromolekulare Chemie</b>	<b>49</b>
<b>Umformende und Spanende Fertigungstechnik</b>	<b>50</b>
<b>Dynamics of Condensed Matter</b>	<b>51</b>
<b>Nanostrukturierung, Nanoanalyse und Photonische Materialien</b>	<b>52</b>
<b>Technische Mechanik</b>	<b>53</b>
<b>Werkstoff- und Fügetechnik</b>	<b>54</b>
<b>Werkstoffkunde</b>	<b>55</b>
<b>Kunststofftechnik Paderborn</b>	<b>56</b>
<b>Leichtbau im Automobil</b>	<b>58</b>



## COATING, MATERIALS & POLYMERS (CMP)

Der Lehrstuhl für Coatings, Materials, Polymers (CMP) betreibt praxisnahe Forschung im Bereich der Beschichtungen, Farben, Lacke und Klebstoffe.

Daraus ergibt sich, dass Grenzphasen und Oberflächen und die Bereiche Adhäsion und Korrosion ein wichtiger Forschungsbereich des CMP sind. Oftmals hängt die Leistungsfähigkeit eines Werkstoffes von den in diesen Grenzbereichen ablaufenden chemischen und physikalischen Prozessen ab, in denen unterschiedliche Werkstoffe in Kontakt stehen.

Die gezielte Anpassung der Grenzphasen sind auch bei Fasern eine Entscheidende Technologie. Durch spezielle Beschichtungen wird die Einbettung der Fasern in das umgebende Material verbessert oder sogar steuerbar, was zur gezielten Zerstörung eines Werkstoffes beim Recycling genutzt werden kann. Dabei wird nicht nur mit Glas- und Kohlenstofffasern gearbeitet, auch Polymerfasern, beispielsweise aus dem Hochleistungspolymer PAI werden untersucht.

Zur Untersuchung der oft mikroskopischen Veränderungen steht dem CMP eine umfangreiche optische-, mechanische- und chemische Analytik zur Verfügung.



## PROF. DR. RER. NAT. BREMSER

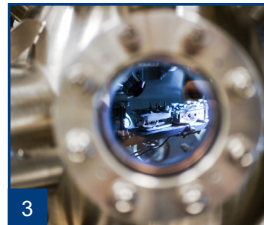
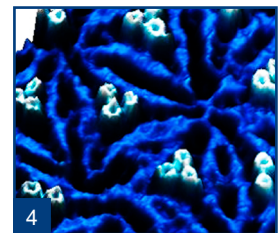
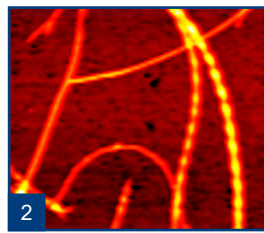
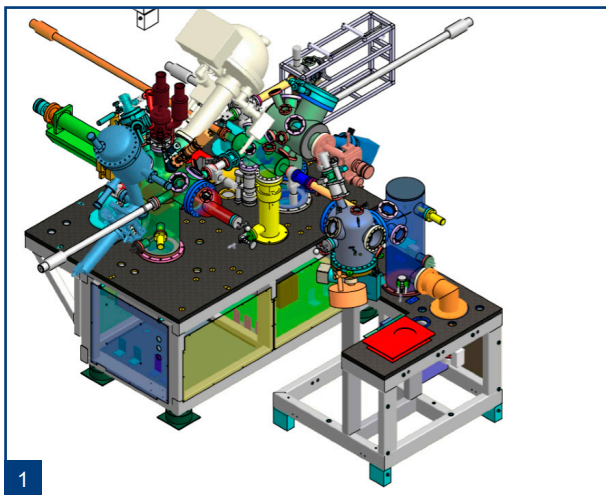
Prof. Bremser promovierte 1991 am Institut für Physikalische Chemie der Universität Mainz. Anschließend trat er in die BASF Coatings in Münster ein, wo er unter anderem ein Projekt zu Lösemittelfreien Lacksystemen leitete.

2002 übernahm er den Lehrstuhl für „Coatings, Materials, Polymers“ an der Universität Paderborn und ist seit 2012 Mitglied des Vorstands des ILH.

Neben der Arbeit in Paderborn ist Prof. Bremser derzeit am Aufbau des Sino-German Campus der Qingdao University of Science and Technology und der Universität Paderborn in der Volksrepublik China beteiligt.

1. REM-Aufnahme einer DPE-Dispersion





## STRUKTUREN, KRÄFTE UND PROZESSE AN MATERIALGRENZFLÄCHEN

Strukturen, Kräfte und Reaktionen an Grenzflächen sind von herausragender Bedeutung für viele technische Prozesse, die Funktionalität und Stabilität von Kompositmaterialien und Biomaterialien, sowie die Weiterentwicklung der Oberflächen- und Partikeltechnik. Der Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare Chemie entwickelt dazu neue Ansätze in den Bereichen der in-situ Analytik von Grenzflächenprozessen und Messung von molekularen Kräften an Grenzflächen sowie der molekularen und makromolekularen Nanostrukturierung. Zudem werden neue chemische und elektrochemische Schichtbildungsprozesse für Anwendungen im Bereich des Korrosionsschutzes und der haftstabilen Verbindung von Werkstoffen entwickelt. Die grundlegenden interdisziplinären Arbeiten sind in verschiedene DFG-Programme eingebunden. Zudem kooperiert der Lehrstuhl auf nationaler und internationaler Ebene mit verschiedenen führenden Industriepartnern in den Bereichen Chemie, Stahl, Automobil, Galvanik und Polymere. Die laufenden Arbeiten verknüpfen Bereiche der Spektroskopie, Mikroskopie und Elektrochemie mit neuen Methoden zur Synthese von funktionalen Nanomaterialien. Modernste Methoden der optischen in-situ Spektroskopie, Elektronenspektroskopie und der Raster-Kraftmikroskopie oft gekoppelt mit elektrochemischer Analytik kommen in den Forschungsarbeiten zur Anwendung.

## PROF. DR.-ING. GRUNDMEIER

Prof. Grundmeier ist seit 2006 Professor für Technische und Makromolekulare Chemie an der UPB. Er studierte von 1988 bis 1993 Chemie an der Universität Dortmund und promovierte 1997 an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen. Nach einem Post-Doc Aufenthalt bei den Bell-Laboratorien in Murray Hill, USA, leitete er von 1999 bis 2001 eine Abteilung für Grenzflächenchemie und Elektrochemie in der zentralen Forschung der ThyssenKruppStahl AG. Von 2001 bis 2006 leitete er die Arbeitsgruppe für „Adhäsion und Dünne Schichten“ am MPI für Eisenforschung in Düsseldorf. 2003 wurde er zum Leiter des Christian-Doppler-Labors für Polymer/Metall-Grenzflächen berufen. Im Juli 2006 schloss er seine Habilitation im Bereich der Materialwissenschaften an der Ruhr-Universität Bochum ab. Von 2009 bis 2011 war er Vorstandsvorsitzender des Instituts für Polymere Materialien und Prozesse an der UPB. Seit 2012 ist er stellvertretender Vorsitzender des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH).



1. UHV-Analytiksystem PIA (Paderborn Integrated Analysis-System for Interface Science), mit den Messmethoden XPS, AES, UPS, ISS, SEM, AFM, STM, LEED

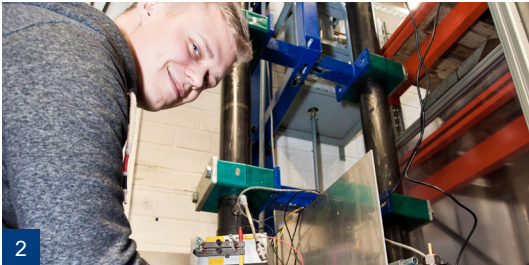
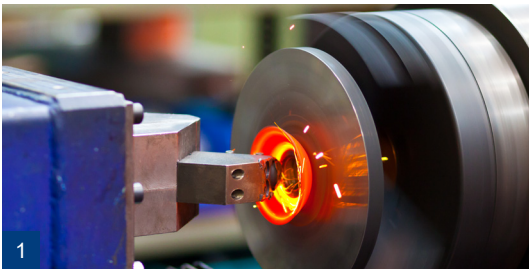
2. Amylin((20-29)-Fibrillen auf Glimmer

3. Aufnahme einer Probe im UHV-Analytiksystem PIA

4. Proteinpattern in selbstassemblierter DNA-Origami-Maske

5. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Zinkoxid-Tetrapoden





## UMFORMENDE UND SPANENDE FERTIGUNGSTECHNIK

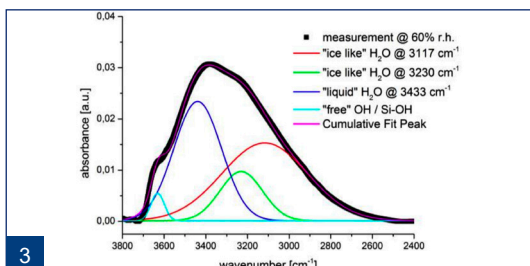
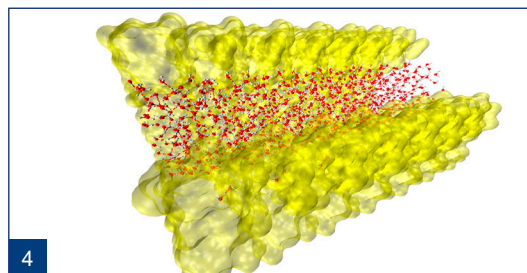
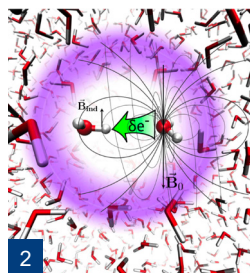
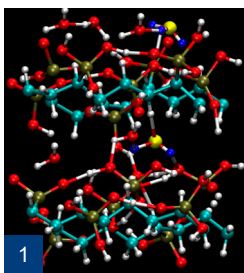
Sichere und sparsame Fahrzeuge, biomedizinische Bauteile sowie viele andere technische Entwicklungen verlangen nach Produkten mit angepassten Eigenschaften und stellen somit die Fertigungstechnik vor immer neue Herausforderungen. Oftmals ist die Umformtechnik der entscheidende Schlüssel für die effiziente Herstellung dieser Produkte. Aus diesem Grund konzentrieren sich die Forschungsschwerpunkte des Lehrstuhls für Umformende und Spanende Fertigungstechnik (LUF) der Universität Paderborn auf die Neu- und Weiterentwicklung der innovativen Umformtechnologien von morgen. Die Forschungstätigkeit reicht dabei von der grundlegenden Untersuchung von Prozessen bis hin zur anwendungsbezogenen Auslegung von Werkzeugen und Maschinen zur flexiblen und effizienten Fertigung von Bauteilen aus Blech und Profilen. Die wesentlichen Forschungsschwerpunkte dabei sind inkrementelle und wirkmedienbasierten Umformverfahren, sowie die Hochgeschwindigkeitsumformung oder die Verarbeitung von hybriden Werkstoffsysteme in effizienten Prozessketten, z.B die gemeinsame Umformung von Stahl-CFK-Halbzeugen.



## PROF. DR.-ING. WERNER HOMBERG

studierte Maschinenbau an der Universität Dortmund. Nachfolgend promovierte er an der TU Dortmund mit Auszeichnung bei Prof. Kleiner. Anschließend übernahm er als Oberingenieur die Leitung der Arbeitsgruppe Blechumformung am Institut für Umformtechnik und Leichtbau der Universität Dortmund. Neben dem Studium und der Beschäftigung als wissenschaftlicher Mitarbeiter war er in der Geschäftsführung in einem kleineren mittelständischen Unternehmen der Blechverarbeitung tätig. Im April 2007 folgte er dem Ruf als Professor an den Lehrstuhl für Umformende und Spanende Fertigungstechnik der Universität Paderborn.

1. Reibdrücken - Innovatives inkrementelles Umformverfahren am LUF.
2. Hydropunch-Versuchsstand zur Hochgeschwindigkeitsumformung von Blechen und Profilen
3. Vermessen eines Werkzeugstempels als praktische Übung im Rahmen der Vorlesung „Werkzeugtechnologie“.
4. Vorbereitungen für das Innendrückwalzen – Bearbeitung von Aluminiumrohren in einer studentischen Arbeit.



## DYNAMICS OF CONDENSED MATTER

Allgemein befassen sich die aktuellen und geplanten Forschungsvorhaben mit komplexen Systemen in kondensierten Phasen, insbesondere mit Flüssigkeiten, Flüssig/Fest-Grenzflächen und Festkörpern. Insbesondere befassen wir uns mit der Untersuchung von kristallinen und amorphen Festkörpern, im Speziellen mit wasserstoffreichen Systemen, aber auch mit ungeordneten Gläsern. Im Zusammenhang mit amorphen Gläsern widmen wir uns vor allem der Strukturbestimmung von sogenannten Phasenwechselmaterialien, welche sich wegen ihres hohen optischen, elektrischen und magnetischen Kontrastes ideal als nichtflüchtige Datenspeicher eignen. Mit Hilfe von Car-Parrinello Molekulardynamiksimulationen der zweiten Generation konnten wir bereits mehrfach die Struktur komplexer Gläser erfolgreich vorhersagen und zudem den zugrundeliegenden Mechanismus der Phasenwechselmaterialien erklären. Da dieser Ansatz jedoch rechnerisch relativ aufwändig ist, möchten wir uns zukünftig mit der Entwicklung und Anwendung inverser Designmethoden befassen, welche basierend auf genauen Elektronenstrukturberechnungen und experimentellen Daten die atomare Struktur neuer Materialien mit gewünschten vordefinierten Eigenschaften für Leichtbau rechnerisch direkt zugänglich machen.

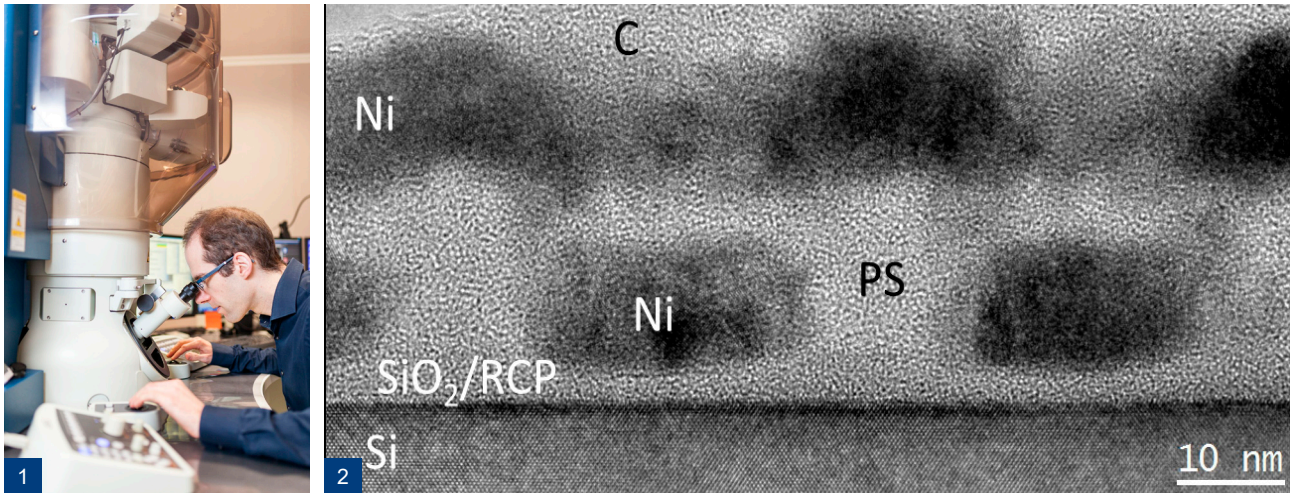


## PROF. DR. THOMAS D. KÜHNE

ist seit dem Jahr 2014 Professor für theoretische Chemie an der Universität Paderborn. Davor war er ab 2010 Juniorprofessor für theoretische Chemie an der Universität Mainz. Er promovierte im Jahr 2008 an der ETH Zürich in theoretischer Physik und wechselte dann als Postdoktorand an die Harvard University. Sein Arbeitsgebiet umfasst die Entwicklung neuer numerischer Methoden zur Berechnung der Dynamik und Elektronenstruktur komplexer Systeme in kondensierten Phasen sowie deren Anwendung in Chemie, Physik und Materialwissenschaften.

1. Atomares Modell der Protonaustauschmembran einer Polymerelektrolytbrennstoffzelle
2. Bestimmung der Kovalenz von Wassermolekülen mit Hilfe von NMR Experimenten
3. FT-IR Vibrationspektrum von Wasser auf SiO<sub>2</sub> Nanopartikeln
4. Wasser in einschränkender amorpher Silicumpore
5. DCM Team





## NANOSTRUKTURIERUNG, NANOANALYSE UND PHOTONISCHE MATERIALIEN (NNP)

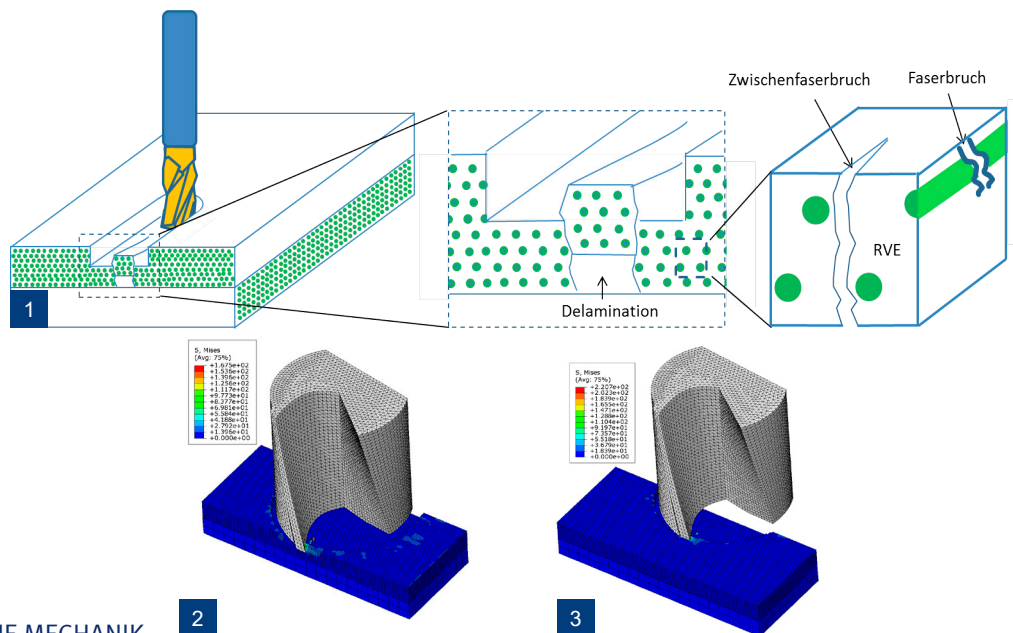
Die makroskopischen Eigenschaften moderner Materialien werden in der Regel durch die innere Struktur und chemische Zusammensetzung auf mikroskopischer Skala festgelegt. Häufig stehen dabei die Eigenschaften an internen Grenzflächen oder an Oberflächen alles entscheidend im Vordergrund. Die AG Lindner beschäftigt sich daher mit der gezielten Nanostrukturierung von Oberflächen und der Materialcharakterisierung dünner Schichten, Nanoobjekte und Grenzflächen. Zur Herstellung von Nanostrukturen werden sowohl kostengünstige Selbstorganisationverfahren (Nanokugellithographie und Block-CopolymerLithographie) als auch höchst präzise top-down-Verfahren wie Elektronenstrahlolithographie und verschiedene Dünnschichtdepositionsmethoden verwendet. Zu letzteren zählen das thermische und elektronenstrahlgestützte Aufdampfen, Molekularstrahlepitaxie und Sputtern, plasmaunterstützte chemische Abscheidung aus der Dampfphase (PECVD) sowie Plasma- und Ionenstrahltechniken. Zur strukturellen und analytischen Materialcharakterisierung betreibt die AG Lindner modernste Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie (SEM, STEM, TEM) und die hiermit verbundenen Spektroskopien (energie-dispersive Röntgenspektroskopie EDS, Elektronenenergieverlustspektroskopie EELS, energiegefilterte TEM), was eine Struktur- und Elementanalyse bei einer Auflösung bis in den atomaren Bereich ermöglicht. Diese atomistische Charakterisierung erlaubt die gezielte Entwicklung sowohl funktioneller photonischer und biochemisch funktionalisierter Materialien als auch hybrider Strukturmaterialien.

### PROF. DR. JÖRG K. N. LINDNER

studierte Physik an der Universität Dortmund und promovierte 1989 mit einer Arbeit über eine neue Methode zur Herstellung epitaktischer Metallsilizid-Dünnschichten für die Mikroelektronik. Nach einer Tätigkeit als Postdoktorand arbeitete er am Aufbau des Instituts für Physik der Universität Augsburg mit und leitete als Akademischer Rat, Oberrat und Direktor eine Arbeitsgruppe für Ionenstrahlphysik, Elektronenmikroskopie und Nanostrukturen. Als Mitglied im Vorstand der Europäischen Materialforschungsgesellschaft EMRS engagiert er sich seit 1999 für eine gute Kooperation unter Materialwissenschaftlern in Europa. 2000 habilitierte er sich mit einer Arbeit über die Synthese epitaktischer SiC-Schichten in Silizium. Forschungsaufenthalte führten ihn nach Japan, Spanien und mehrfach nach Hong Kong, bevor er 2007 in Augsburg zum Professor ernannt wurde. Seit April 2009 ist er als Professor für Experimentalphysik an der Universität Paderborn tätig.



1. Neues Transmissionselektronenmikroskop im Einsatz
2. TEM-Aufnahme einer nanostrukturierten Oberfläche



## TECHNISCHE MECHANIK

Die Entwicklung und Herstellung innovativer Produkte mit neuartigen Materialien ist ein wichtiges Arbeitsfeld im Ingenieurwesen. Das gilt z. B. im automobilen Leichtbau für den Einsatz hochfester hybrider Verbundstrukturen mit dem Ziel der Schadstoffreduzierung. Um optimale Materialeigenschaften bei gleichzeitig gefahrfreier Auslegung von Bauteilen und Maschinen zu gewährleisten, sind vertiefte Kenntnisse von Berechnungsverfahren erforderlich. Im Studium erlernen die Studierenden die sichere Beherrschung physikalischer Gesetzmäßigkeiten der Kinematik, Statik und Kinetik sowie weiterführende Berechnungsverfahren bei Berücksichtigung komplexen Materialverhaltens für dreidimensionale Strukturen. Es werden insbesondere vertiefte Kenntnisse der Finite-Element-Methode gelehrt. Somit werden die Studierenden mehrschichtig auf die in der Industrie ständig steigenden Herausforderungen zur zuverlässigen Simulation für neue Werkstoffe vorbereitet.

Zu unseren Forschungsaufgaben gehören u. a.:

Parameteridentifikation nichtlinearer Werkstoffe unter Verwendung optischer Methoden, adaptive Netzverfeinerung für Parameteridentifikation und Phasenfeldsimulation, Parameteridentifikation mit stochastischen Methoden, Mehrskalenmodellierung heterogener Materialsysteme wie mehrlagige Werkzeugbeschichtungen, Simulation von Fertigungsprozessen unter Berücksichtigung von Phasenumwandlungen, Simulation anisotroper Kunststoffe infolge des Reckvorgangs, Simulation inelastischer Klebschichten und faserverstärkter Kunststoffe des Automobilleichtbaus.

## PROF. DR.-ING. ROLF MAHNKEN

Prof. Dr.-Ing. Rolf Mahnken wurde im November 2002 auf den Lehrstuhl für Technische Mechanik an der Universität Paderborn berufen. Er war zuvor an der Universität Hannover, der Chalmers University of Göteborg, Schweden, sowie im Gasturbinenbau in der Industrie tätig. Die Arbeitsgebiete von Prof. Mahnken sind Materialsimulation, Finite-Element-Methode, Kontinuumsmechanik, Phasenumwandlungen, Numerische Methoden und Parameteridentifikation. Zu diesen Themen sind bisher mehr als 90 Veröffentlichungen in überwiegend internationalen Fachzeitschriften und Proceedingsbänden erschienen. Hinzu kommen diverse Gutachtertätigkeiten.

Aktuelle Gremienarbeiten

Vorsitzender des Promotionsausschusses, seit Oktober 2004; Mitglied der Studienkommission, seit Oktober 2004; Mitglied der Prüfungskommission, seit Oktober 2004; Mitglied im Fakultätsrat, seit Oktober 2013.



1. Grundschädigungsarten eines CFK-Fräsesprozesses: Faser-, Matrix- und Fasermatrixversagen sowie Delamination
2. Abaqus FE-Simulation eines CFK-Fräsesprozesses zum Zeitpunkt  $t=0,002$  sec
3. Abaqus FE-Simulation eines CFK-Fräsesprozesses zum Zeitpunkt  $t=0,006$  sec





## LABORATORIUM FÜR WERKSTOFF- UND FÜGETECHNIK

Produktive und werkstoffgerechte Fügetechnologien sind der Schlüssel für innovative Mischbauweisen, die die Basis für den Leichtbau bilden und somit entscheidend zur Energie und Emissionseinsparung beitragen. Die Forschungsschwerpunkte des Laboratoriums für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF) sind seit seiner Gründung 1976 auf die Neu- und Weiterentwicklung mechanischer, klebtechnischer, thermischer und hybrider Fügetechniken für das Verbinden von neuen Leichtbauwerkstoffen in der Mischbauweise ausgerichtet. Im Vordergrund stehen dabei Verfahren zur effizienten Umsetzung und Optimierung von Fügeverfahren für ressourceneffiziente Hochleistungsverbundsysteme. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Erarbeitung von Methoden zur experimentellen und numerischen Prozesssimulation sowie zur Beanspruchungsanalyse beziehungsweise Lebensdauervorhersage gefügter Leichtbaustrukturen.

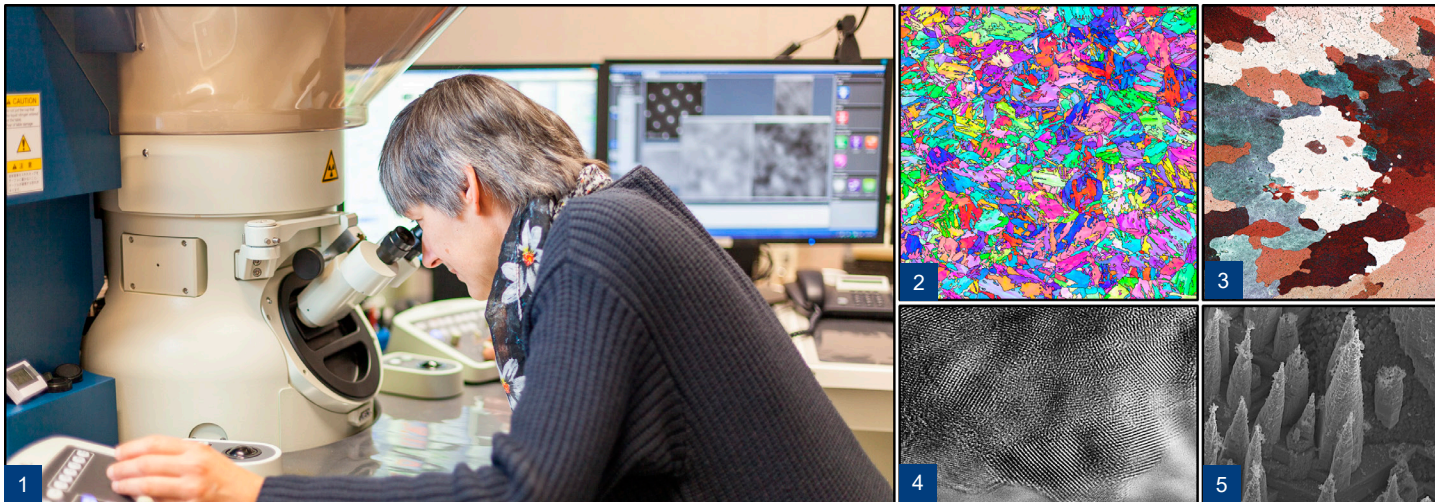
Das LWF arbeitet eng eingebunden in einem Netzwerk aus KMU, Großunternehmen und Förderorganisationen und erbringt grundlagenorientierte und hoch-anwendungsrelevante Ergebnisse. Die Entwicklungen wurden mehrfach mit der Verleihung des Stahlinnovationspreises der Wirtschaftsvereinigung Stahl sowie mit dem Gütesiegel „Innovative Allianz“ der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. und Klebstoff-Forschungspreisen der JOWAT SE gewürdigt. Im Jahr 2017 konnte das LWF verausgabte Drittmittel in Höhe von 3 Mio. € verzeichnen.



## PROF. DR.-ING. GERSON MESCHUT

Seit September 2011 führt Gerson Meschut das LWF. Nach seiner Promotion mit Auszeichnung am LWF 1998 wechselte er 2000 in die F&E der VW AG und 2005 in die Unternehmensleitung der Wilhelm Böllhoff GmbH & Co. KG. 2011 folgte er dem Ruf an die Universität Paderborn. Er engagiert sich ebenfalls in zahlreichen Fachgremien.

1. Mitarbeiter und Studierender des LWF programmieren einen Industrieroboter in der automatisierten Fügezelle
2. Studierende beim Fügen von innovativen Leichtbauwerkstoffen mittels mechanischer Fügetechnik im Labor des LWF



## LEHRSTUHL FÜR WERKSTOFFKUNDE

Der wissenschaftliche Schwerpunkt des Lehrstuhls für Werkstoffkunde (LWK) ist die Untersuchung von Prozess-Struktur-Eigenschafts-Korrelationen. Diese beschreiben den Einfluss der Herstellparameter eines Bauteils auf das sich während der Fertigung ausprägende Gefüge. Die Zusammenhänge zwischen Mikrostruktur und den resultierenden Eigenschaften werden am LWK mit modernen werkstoffkundlichen Methoden charakterisiert und in Form von Modellen beschrieben. Das übergeordnete Ziel ist i.d.R. eine Verkürzung der Prozesskette zur Einsparung von Zeit, Platz und Energie bei gleichzeitiger Materialeinsparung und Verbesserung der Werkstoffeigenschaften. Im Vordergrund stehen Materialien wie Stahl und Aluminium sowie die Erforschung von Prozessen mit sehr schneller Abkühlung bzw. kurzer Erstarrungszeit, wie das Bandgießen und die additive Fertigung.

Aktuelle Forschungsthemen im Bereich des Bandgießens befassen sich mit der Entwicklung von hochfesten Aluminiumlegierungen sowie der Erzeugung von Aluminium-Stahl-Hybridbändern. Im Bereich der additiven Fertigung wird zum einen an der Verarbeitung von konventionell nicht herstellbaren bioresorbierbaren Legierungen, wie Eisen-Silber-Legierungen, geforscht und zum anderen wird die Verarbeitung von weichmagnetischen Werkstoffen, wie Eisen-Silizium-Legierungen, untersucht, um besonders leichte und effiziente Elektromotoren zu entwickeln. Des Weiteren wird an der Oberflächenmodifikation von Metallen mittels Lasermanostrukturierung gearbeitet.

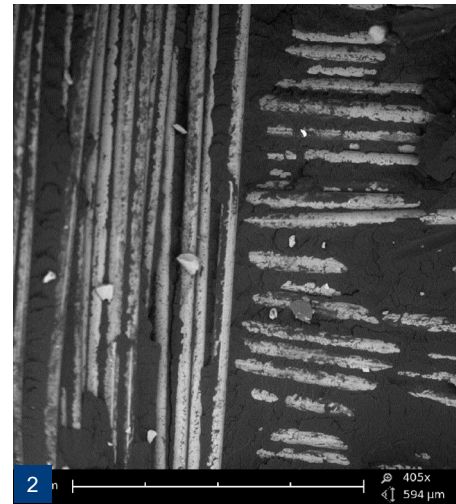
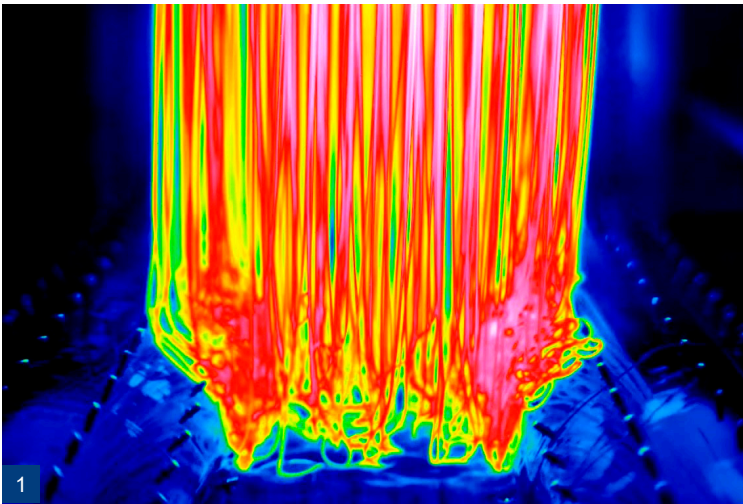


## PROF. DR.-ING. HABIL. MIRKO SCHAPER

war von 1998 bis 2013 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Oberingenieur am Institut für Werkstoffkunde in Hannover tätig. Nach seiner Promotion zum Thema Gießtechnik von Magnesium folgte die Habilitation auf dem Gebiet der modernen hochfesten Stähle. Im Juni 2013 übernahm er die Leitung des Lehrstuhls für Werkstoffkunde an der Universität Paderborn. Sein wissenschaftlicher Schwerpunkt ist der Einfluss der Mikrostruktur auf das makroskopische Verhalten metallischer Werkstoffe.

1. Das neue Transmissionselektronenmikroskop (TEM).
2. Inverse Polfigur mittels Elektronenrückstreubeugung an einer Stahlprobe aus 22MnB5.
3. Mikrostruktur einer gießgewalzten Aluminiumlegierung.
4. Oberfläche eines verzinkten Stahlbauteils nach dem Anodisieren.
5. Hochaufgelöste TEM-Aufnahme eines Nanopartikels aus Zinkoxid in der Wurtzit-Struktur.





## DIE KUNSTSTOFFTECHNIK PADERBORN (KTP)

Die Kunststofftechnik Paderborn steht seit mittlerweile über 35 Jahren für die Erforschung und Entwicklung von Verarbeitungsprozessen für polymere Werkstoffe, die u.a. aufgrund ihrer geringen Dichte gegenüber anderen Materialien häufig als Basiswerkstoff für Leichtbaukonzepte eingesetzt werden. Das KTP ist dabei in die beiden Arbeitsgruppen Kunststofftechnologie und Kunststoffverarbeitung aufgeteilt.

Im Bereich der Extrusion stehen die verfahrenstechnische Auslegung von Ein- und Doppelschneckenextrudern für thermoplastische Kunststoffe sowie Kautschukextrudern im Fokus der Forschung. Daraus sind die Simulationssoftware REX (Rechnergestützte Extruderauslegung) und SIGMA (Simulation gleichläufiger Doppelschneckenmaschinen) am KTP entstanden.

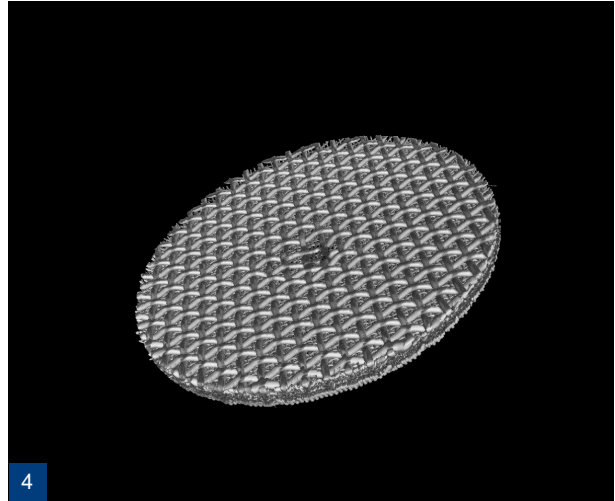
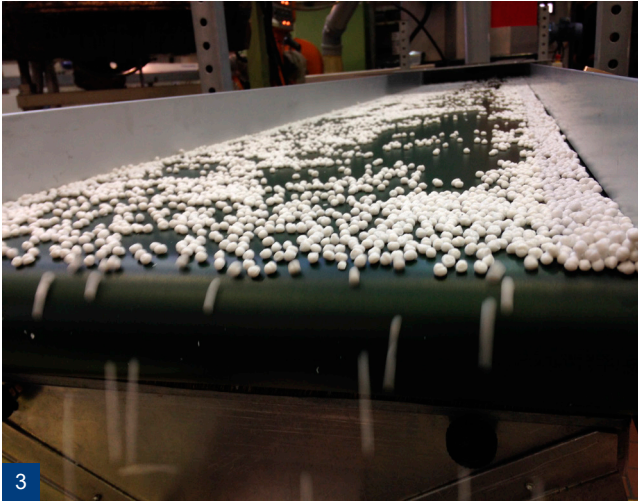
Für den Spritzgießprozess wurde an der Kunststofftechnik Paderborn zudem die Software PSI (Paderborner Spritzgießsimulation) entwickelt. Forschungsprojekte beschäftigen sich u.a. mit dem Spritzgießen von faserverstärkten Kunststoffen, die für den Leichtbau eine Schlüsseltechnologie darstellen. Des Weiteren werden stetig neue Spritzgießsondervverfahren erforscht und weiterentwickelt, wie beispielsweise das Direktinjektionsplasma-Verfahren (DIP). Bei diesem Verfahren wurde der Prozessschritt der Kunststoffoberflächenaktivierung mittels Plasma direkt in den Spritzgießprozess integriert.

## PROF. DR.-ING. ELMAR MORITZER

leitet den Lehrstuhl für Kunststofftechnologie an der Kunststofftechnik Paderborn seit 2008. Nach dem Maschinenbaustudium an der Universität Paderborn und der Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am KTP erfolgte 1997 die Promotion am KTP zum Thema „Phänomenorientierte Prozess- und Formteiloptimierung von thermoplastischen GIT-Spritzgießartikeln“. Nach seiner Promotion arbeitete er als Oberingenieur am Lehrstuhl für Konstruktionslehre und Kunststoffmaschinen an der Universität Essen. Während seiner Zeit in der Industrie war Prof. Moritzer von 1999 bis 2008 in unterschiedlichen Positionen bei der Firma Hella KGaA tätig. Seit 2017 ist Prof. Moritzer Vorsitzender des Fakultätentages für Maschinenbau und Verfahrenstechnik (FTMV).



1. Infrarot-Aufnahme einer Kunststoff-Wirrmatte bei der Herstellung
2. REM-Aufnahme der Bruchfläche eines Organoblechs



Neben dem Kunststoff als Werkstoff stellen Verbindungstechniken für hybride Bauteilstrukturen eine wichtige Basis für das übergeordnete Ziel des ILH, die wissenschaftliche Grundlage für effizienten Leichtbau zu schaffen, dar. Am KTP sind zu dieser Thematik Schweißverfahren (u.a. Laser- und Heizelementschweißen), Klebverbindungen und mechanische Fügeverfahren im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten. Im Prüflabor des KTP stehen zudem für die Prüfung, Analyse und Kennwertermittlung von Materialien und Bauteilen verschiedenste Prüfverfahren zur Verfügung. Dazu gehören optische Prüfverfahren (u.a. Computertomographie, konfokale Lasermikroskopie), die Rheometrie und die Thermoanalyse sowie mechanische Prüfverfahren.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt am KTP ist die Additive Fertigung mit Polymerwerkstoffen. Dazu wird am Direct Manufacturing Research Center (DMRC) der Universität Paderborn im Bereich des Fused Deposition Modeling (FDM) sowie dem Kunststoff-Freiformen geforscht. Diese Fertigungsverfahren stellen hinsichtlich der Produktion von komplexen Bauteilgeometrien und Ersatzteilen eine wichtige Zukunftstechnologie dar.

## PROF. DR.-ING. VOLKER SCHÖPPNER

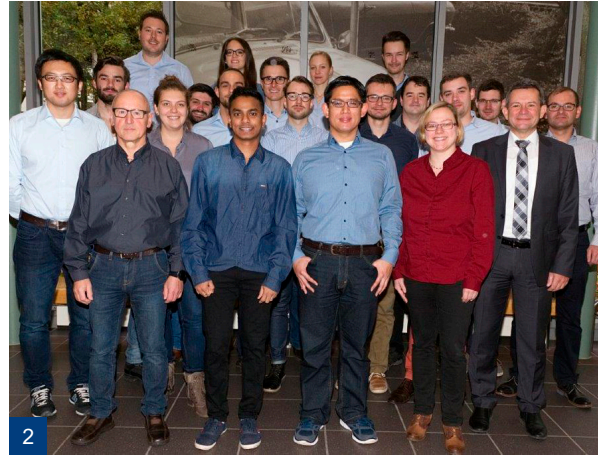
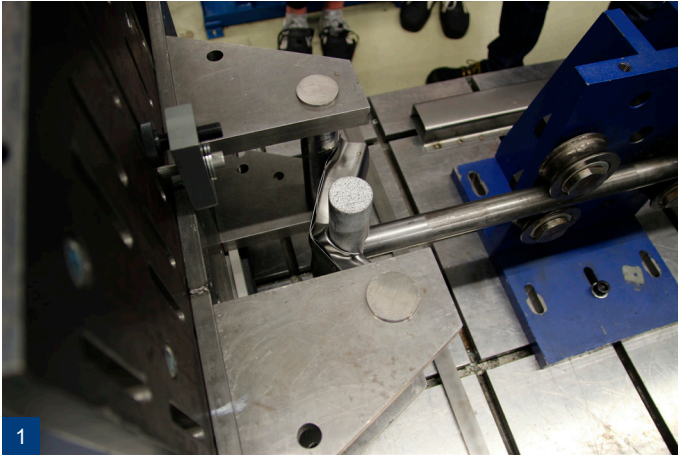
ist seit Februar 2007 Professor für Kunststoffverarbeitung an der Kunststofftechnik Paderborn. Nach dem Ingenieursstudium an der Universität Paderborn arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter (1989-1994) und Oberingenieur (1995-1999) am KTP. Dort promovierte er 1995 zum Thema „Simulation der Plastifiziereinheit von Einschneckenextrudern“. Nach einer Tätigkeit in Remscheid bei der Barmag AG folgte im Jahr 2001 die Habilitation zum Thema „Verfahrenstechnische Auslegung von Extrusionsanlagen“. Von 1999 bis 2007 war er in verschiedenen Positionen bei der Firma Hella KGaA in Lippstadt tätig. Seit 2011 ist Prof. Schöppner Dekan der Fakultät für Maschinenbau an der Universität Paderborn.



## 3. Compoundierung

## 4. CT-Aufnahme eines Kunststoffschmelzefilters





## LEICHTBAU IM AUTOMOBIL

Die Forschungsschwerpunkte des Lehrstuhls für Leichtbau im Automobil umfassen innovative Lösungen für den automobilen Leichtbau. Dazu zählen Leichtbaulösungen mit hochfesten, metallischen Werkstoffen, die aufgrund verbesserter gewichtsspezifischer Eigenschaften eine hohe Crashperformance bei gleichzeitig geringerer Blechdicke aufweisen. In diesem Bereich beschäftigt sich die Forschung mit der gezielten Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften. Ein Schwerpunkt liegt auf der Einstellung belastungsangepasster, gradierter Eigenschaftsprofile eines Bauteils durch bspw. partielles Warmumformen.

Einen weiteren Forschungsschwerpunkt des Lehrstuhls Leichtbau im Automobil bilden faserverstärkte Kunststoffe, die sich durch hohe spezifische Festigkeits- und Steifigkeitswerte auszeichnen. Einen Fokus bildet hier die belastungsangepasste Auslegung von Komponenten unter gezielter Ausnutzung des anisotropen Werkstoffverhaltens. Darüber hinaus befasst sich die Forschung intensiv mit der Entwicklung großserientauglicher Produktionsverfahren.

Abgerundet wird das Forschungsspektrum des Lehrstuhls für Leichtbau im Automobil durch die Entwicklung, Auslegung und Herstellung von hybriden Hochleistungsbauteilen. Hybride Komponenten bestehen aus Materialkombinationen wie bspw. Metall/CFK-Verbunden, welche die jeweiligen Vorzüge der Werkstoffe symbiotisch nutzen. Diese Multimaterialsysteme erlauben eine optimale Anpassung an die Belastungssituation der Bauteile durch lokal einstellbare Eigenschaftsprofile, die gezielt an die lokalen Spannungszustände angepasst werden können.

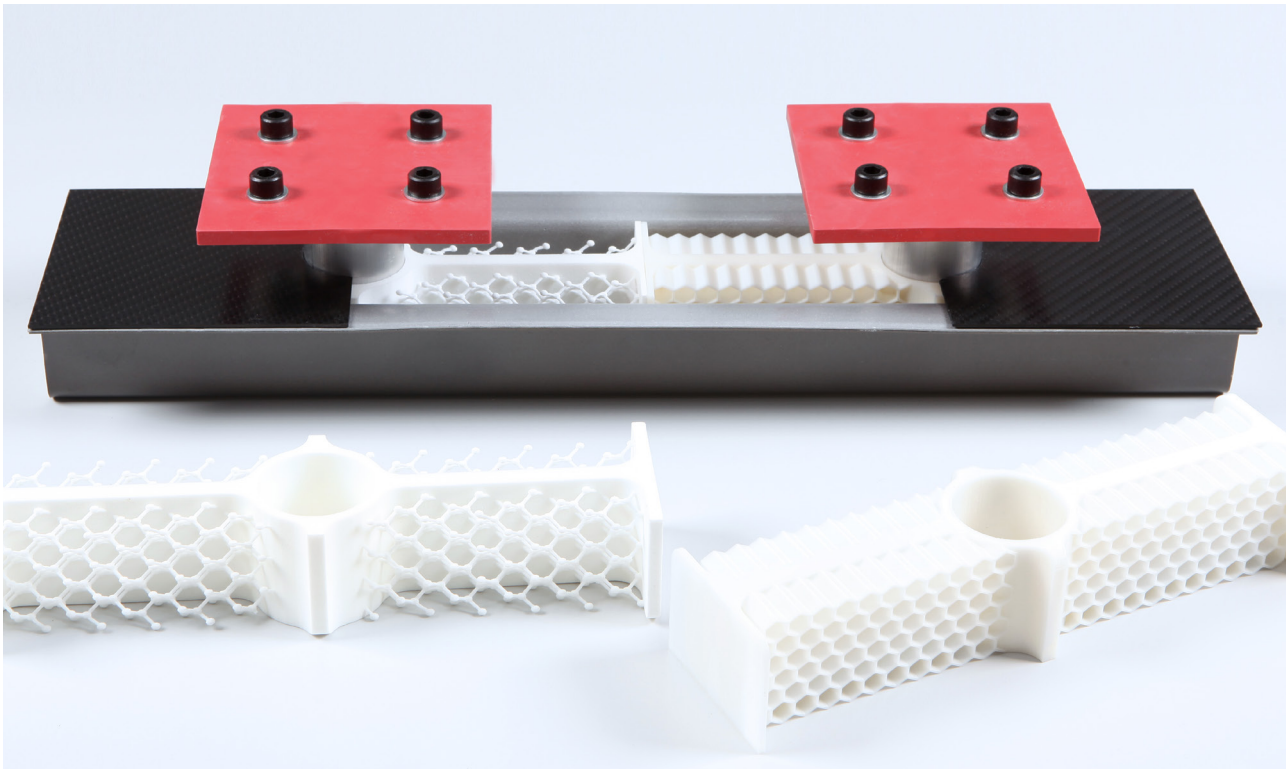
## PROF. DR. RER. NAT. THOMAS TRÖSTER

ist seit 2007 Professor für Leichtbau im Automobil. Nach dem Physik-Studium und der Promotion im Bereich Hochdruckphysik an der Universität Paderborn verbrachte er einen einjährigen Forschungsaufenthalt in Brasilien. Von 1995-2000 arbeitete er an seiner Habilitation in Experimentalphysik erneut in Paderborn (Abschluss 2002). Von 2000-2005 leitete er den F&E-Bereich Werkstofftechnologie bei der Benteler Automobiltechnik. Von 2005-2007 war er Professor für Technische Mechanik und Physik an der FH Köln.

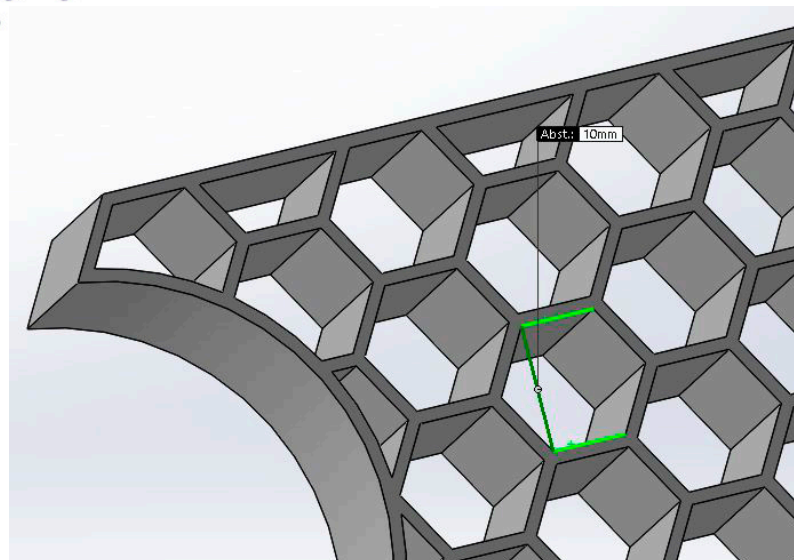
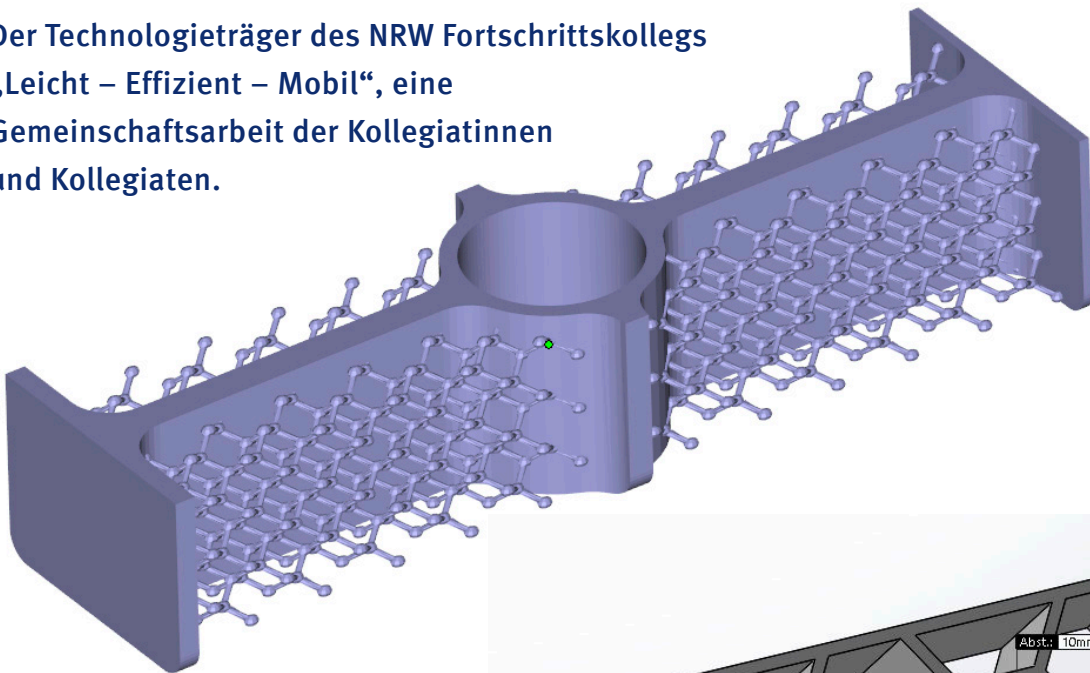


1. Quasi-statischer Dreipunkt-Biegeversuch an einem FKV-Metall-Hybridbauteil

2. Die Fachgruppe Leichtbau im Automobil (LiA)



**Der Technologieträger des NRW Fortschrittskollegs  
„Leicht – Effizient – Mobil“, eine  
Gemeinschaftsarbeit der Kollegiatinnen  
und Kollegiaten.**







## **Forschung innovativ**

<b>Forschungsgroßgerät Heizplattenpresse</b>	<b>62</b>
<b>Neue Forschungsgroßgeräte im Bereich Fügetechnik</b>	<b>63</b>
<b>Dissertationen des Instituts</b>	<b>64</b>
<b>Weitere Dissertationen und Habilitation</b>	<b>66</b>



**Zur Unterstützung innovativer Forschung konnten bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG erfolgreich Anträge für neue Forschungsgroßgeräte platziert werden.**

**Um neuartige Faserverbundmaterialien zu entwickeln kann nun eine spezielle Heizplattenpresse eingesetzt werden.**



## HEIZPLATTENPRESSE

Die von der Firma Rucks Maschinenbau GmbH bezogene Heizplattenpresse ist eine Laborpresse, die sich ideal für die Herstellung von Compositematerialien, insbesondere von Organoblechen, eignet. Organobleche werden typischerweise aus unterschiedlichen und sich abwechselnden Lagen aus Thermoplastmatrix und Faserhalbzeug, bspw. Fasergewebe oder -gelege, aufgebaut und anschließend unter hohem Druck bei entsprechender Verarbeitungstemperatur zu einem konsolidierten Faserverbundkunststoff verpresst.

Die Unterkolbenpresse verfügt über einen bis zu 400 °C beheizbaren Presstisch, der eine Nennpresskraft von 1700 kN bei einer Pressfläche von 500 mm x 500 mm aufbringen kann. Die Planparallelität der Heizplatten ist dabei  $\leq 0,1$  mm. Das besondere Feature der Heizplattenpresse sind die zusätzlich einfahrbaren Kühlplatten, die zwischen das Presswerkzeug und die Heizplatten gefahren werden können. Eine spezielle Isolierung sorgt für die notwendige thermische Entkopplung zwischen den Heiz- und Kühlplatten. Das im Werkzeug befindliche Material kann dadurch mit Kühlraten von bis zu max. 70 K/min und unter entsprechendem Druck heruntergekühlt werden, sodass die Herstellung der Halbzeuge signifikant beschleunigt wird. Zudem wird die Verweilzeit des Kunststoffes bei hoher Temperatur deutlich verkürzt, wodurch das Material eine geringere thermische Belastung erfährt und geschont wird. Mit dem zur Anlage passenden Presswerkzeug können derzeit Platten mit einer Fläche von 420 mm x 420 mm hergestellt werden. Das Werkzeug wird außerhalb der Presse bestückt und dann über Gleitschienen in die Schließeinheit eingeführt. Der max. Pressenhub beträgt 500 mm. Gewindebohrungen zur Befestigung von Fließpresswerkzeugen auf den Heizplatten sind bereits vorgesehen.

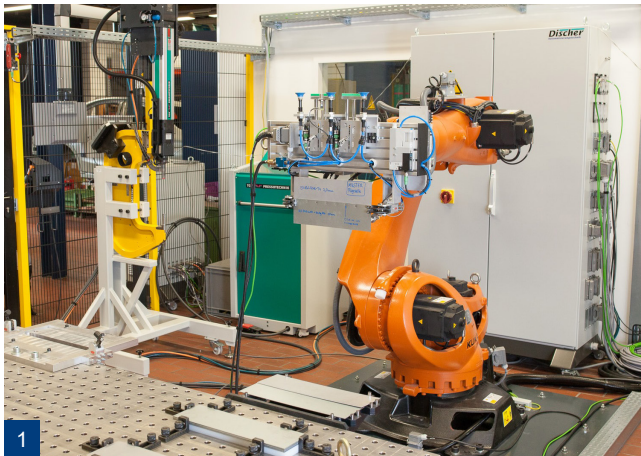
Durch die Anschaffung der neuen Heizplattenpresse soll zukünftig die Forschung neuartiger Faserverbundmaterialien verstärkt werden und so die Expertise des ILH im Bereich der Materialentwicklung weiter ausgebaut werden. Die Heizplattenpresse steht derzeit noch in den Laboren der Kunststofftechnik Paderborn und wird nach Fertigstellung des neuen ILH-Forschungsgebäudes dort ihren finalen Aufstellplatz bekommen.

1. Rucks Maschinenbau GmbH Laborpresse mit ein-/ausfahrbaren Kühlplatten

# Neue Forschungsgrößgeräte im Bereich Fügechnik

**Die multifunktionale Fügezelle ermöglicht die Untersuchung verschiedener Fügechniken im realitätsnahen Fertigungsumfeld.**

**Zur experimentellen Charakterisierung von höchstfesten und spröden Werkstoffen konnte eine Hochgeschwindigkeits-Zugprüfvorrichtung angeschafft werden.**



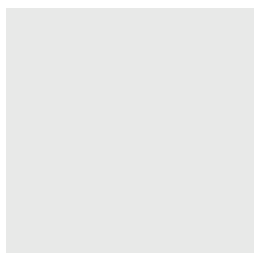
## MULTIFUNKTIONALE FÜGEZELLE

Am Laboratorium für Werkstoff- und Fügechnik (LWF) ist seit 2016 eine komplette, multifunktionale Fügezelle in Betrieb, an der unterschiedlichste Fügechniken in einem realitätsnahen Fertigungsumfeld untersucht werden können. Experimentelle Untersuchungen an statischen Fügesystemen sind oftmals nicht mehr ausreichend, um Verbindungskennwerte zu ermitteln. Insbesondere mit der zunehmenden Automatisierung von Prozessen in der Fertigung gibt es zahlreiche Einfluss- und Störgrößen aus dem Prozess, die mit Hilfe der Fügezelle unter Realbedingungen untersucht und für die Prozessoptimierung berücksichtigt werden können.

## INSTRON VHS 65/80-20

Zur Prüfung gefügter Verbindungen sowie zur Werkstoffprüfung unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten bzw. Dehnraten wurde 2017 am Laboratorium für Werkstoff- und Fügechnik (LWF) eine servohydraulische Prüfmaschine vom Typ VHS 65/80-20 der Firma Instron International Ltd. installiert. Diese Prüfmaschine ermöglicht maximal zulässige Prüfkräfte von 80 kN und Prüfgeschwindigkeiten (Abzugsgeschwindigkeit des Zylinders) von 20 m/s. Die Kraft- und Wegmessung erfolgt über die maschinenseitig verbauten Kraft- und Wegaufnehmer.

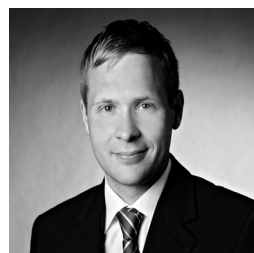
1. Multifunktionale Fügezelle
2. Instron VHS 65/80-20



**CHRISTOPH EBBERT**  
„Untersuchungen zur Struktur und Reaktivität von nanorauen und nanopartikulären Metallen an wässrigen und polymeren Grenzflächen“, Prof. Dr.-Ing. G. Grundmeier, 2016



**PHILIPP KLOKE**  
„Modellierung des Glasfaserlängenabbaus“, Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, 2016



**JENS KRUGMANN**  
„Entwicklung und Validierung konstruktiver Merkmale bei thermoplastischen Kunststoffblindverschraubungen mit dichtendem Hinterschnitt“, Prof. Dr.-Ing. E. Moritzer, 2016



**JOHANN-SEBASTIAN LESSMANN**  
„Berechnung und Simulation von Feststoffförderprozessen in Einschnellenextrudern bis in den Hochgeschwindigkeitsbereich“, Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, 2016



**STEFAN SEIDEL**  
„Prozessphasenoptimierte Simulation und Modellierung des Spritzgießsondervfahrens GITBlow“, Prof. Dr.-Ing. E. Moritzer, 2016



**FABIAN EVERS**  
„Der Einfluss stoffschlüssiger Fügeverfahren auf die Verbundfestigkeit flammgeschützter Kunststoffe“, Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, 2016



**TOBIAS HERKEN**  
„Verarbeitung von PET auf gleichläufigen Doppelschneckenextrudern“, Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, 2016



**CORIN REUTER**  
„Versagensverhalten und Energieabsorptionssimulation von Faser-Kunststoff-Verbunden und Aluminium-FKV-Hybridwerkstoffen“, Prof. Dr. T. Tröster, 2016



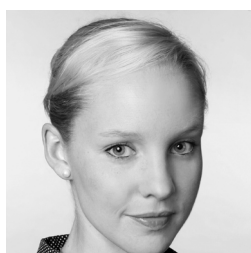
**CHRISTIAN LEISTER**  
„Ein Beitrag zur Veränderung der Kunststoffoberfläche durch Atmosphärendruck-Plasma“, Prof. Dr.-Ing. E. Moritzer, 2016



**BERND SIEWERS**  
„Einsatz der Widerstandserwärmung bei hydraulischen Schneidgeräten zum Trennen von hochfesten Stahlwerkstoffen in Kraftfahrzeugen“, Prof. Dr. T. Tröster, 2016



**ROBERT WEDDIGE**  
„Analyse und Optimierung des Prozessverhaltens von Schneckenextrudern im Bereich der Feststoffförderung und der druckabhängigen Viskosität“, Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, 2016



**NATHALIE WEISS-BORKOWSKI**  
„Analyse des Verformungsverhaltens von Übergangszonen partiell pressgehärteter Strukturen“, Prof. Dr. T. Tröster, 2017

ERSCHIENEN IN DER SCHRIFTENREIHE „INSTITUT FÜR LEICHTBAU MIT HYBRIDSYSTEMEN“



**BIANKA JACOBKERSTING**  
„Weiterentwicklung Netzwerktheorie basierender Werkzeugauslegung“  
Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, 2017



**NILS BÖHM**  
„Beiträge zur Compoundierung von Wood-Plastic-Composites (WPC)“  
Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, 2017



**SEBASTIAN BROCKHAUS**  
„Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Temperatur- und Durchsatzverhalten von Kautschukextrudern“  
Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, 2017



**THORSTEN MARTEN**  
„Erweiterung des Portfolios presshärterer Stähle durch gezielte Werkstoff- und Prozessmodifikationen“  
Prof. Dr. T. Tröster, 2017



**MEIKE MARIA FRANTZ**  
„Analyse und Optimierung der Delta-Alpha-Problematik im Fertigungsprozess von asymmetrischen hybriden Werkstoffen aus Metall und faserverstärkten Kunststoffen“  
Prof. Dr. T. Tröster, 2017



**CHRISTOPHER BUDDE**  
„Evaluierung neuer Fügetechniken für Organoblech-Hybridverbindungen“, Prof. Dr.-Ing. E. Moritzer, 2017



## WEITERE DISSERTATIONEN DER FACHGRUPPEN IM INSTITUT FÜR LEICHTBAU MIT HYBRIDSYSTEMEN , 2016 -2017

2016			
Stefan Leuders	Einfluss prozess-induzierter Defekte auf die Ermüdungseigenschaften metallischer Werkstoffe verarbeitet mittels Laserstrahlschmelzen	2016	Prof. Dr. rer. nat. Thomas Tröster
Boray Torun	In-situ analysis of particles in contact under ambient conditions	2016	Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier
Andreas Schneidt	Mehrphasige phänomenologische sowie mehrskalige mikroskopische Modellierung von Phasenumwandlungen in einem Hybridumformprozess	2016	Prof. Dr.-Ing. Rolf Mahnken
Arne Alexander Rüdiger	The enzyme mediated autodeposition of casein: from deposition of defined films to nanostructuring with single particles	2016	Prof. Dr. Wolfgang Bremser
Kristina Briesenick (ehemals Kohlgrüber)	Selbstorganisierte Kompositpartikel : Untersuchungen zur Herstellung neuartiger Partikelmorphologien	2016	Prof. Dr. Wolfgang Bremser
Alexander Daniel	Haftmechanismen von 1K-PUR-Klebstoffen auf lackierten Oberflächen : Grenzflächenchemische Untersuchungen zur Haftung und Enthftung auf automobilen Multischicht-Lacksystemen	2016	Prof. Dr. Wolfgang Bremser
Dagmar Kramer	Labeling-Techniken und Oberflächenfunktionalitäten von Automobillacken	2016	Prof. Dr. Wolfgang Bremser
2017			
Mark Leimkühler	Einstellung und Verständnis der Haftung und Enthftungsprozesse an Laminat/Metall Grenzflächen durch ultradünne Zwischenschichten	2017	Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier
Birr, Christoph	„Randzonenmodifikation von Fe-Basiswerkstoffen auf Grundlage einer Lichtbogenbehandlung“	2017	Prof. Dr.-Ing. habil. Mirko Schaper
Pirabagini, Kanagarajah	„Ermüdungsverhalten und mikrostrukturelle Charakterisierung der im Laserschmelzverfahren hergestellten Nickelbasis-Superlegierung Inconel 939“	2017	Prof. Dr.-Ing. H. J. Maier, Prof. Dr.-Ing. habil. Mirko Schaper
Zuhal Tuncay (extern – Evonik)	Hybrid-Matrix-Systeme aus Polyurethanen und Polymethacrylaten für Composite-Anwendungen	2017	Prof. Dr. Wolfgang Bremser

## HABILITATION IN DER ILH FACHGRUPPE TECHNISCHE UND MAKROMOLEKULARE CHEMIE

Adrian Keller	LEHRVERANSTALTUNG „Proteinfaltung und -Aggregation“ HABILITATIONSVORTRAG mit anschließendem Kolloquium „DNA-powered molecular robots“	2017	Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier
---------------	--	------	---------------------------------



## **Verzeichnis der Publikationen - Anhang**

<b>Prof. Dr. Wolfgang Bremser</b>	<b>69</b>
<b>Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier</b>	<b>69</b>
<b>Prof. Dr.-Ing. Werner Homberg</b>	<b>70</b>
<b>Prof. Dr. rer. nat. Jörg Lindner</b>	<b>72</b>
<b>Prof. Dr. Thomas Kühne</b>	<b>75</b>
<b>Prof. Dr.-Ing. Rolf Mahnken</b>	<b>76</b>
<b>Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut</b>	<b>77</b>
<b>Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer</b>	<b>77</b>
<b>Prof. Dr.-Ing. Mirko Schaper</b>	<b>81</b>
<b>Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner</b>	<b>83</b>
<b>Prof. Dr. rer. nat. Thomas Tröster</b>	<b>88</b>

## PROF. DR. WOLFGANG BREMSER

### Publikationen

Bungeler Anne; Strube Oliver; Hamisch Benjamin; Huber Klaus; Bremser Wolfgang: Insight into the Final Step of the Supramolecular Buildup of Eumelanin, the ACS journal of surfaces and colloids (2017), 33(27), 6895-6901

Reinders, Frauke M.; Sabanov, Elena; Bremser, Wolfgang; Schoeppner, Volker: Development of wood-plastic composites based on wood particles and dried blood, AIP Conference Proceedings (2016), 1713(1, Proceedings of PPS-31: The 31st International Conference of the Polymer Processing Society, 2015), 120005/1-120005/5

Ruediger, Arne A.; Terborg, Elke; Bremser, Wolfgang; Strube, Oliver, Influences on the film thickness in the enzymatic autodeposition process of casein, Progress in Organic Coatings (2016), 94, 56-61

Strube, Oliver; Bungeler, Anne; Bremser, Wolfgang: Enzyme-Mediated In Situ Synthesis and Deposition of Nonaggregated Melanin Protoparticles, Macromolecular Materials and Engineering (2016), 301(7), 801-804

### Patente

Bremser, Wolfgang; Droll, Martin; Seewald, Oliver; Niesen-Warkentin, Evgenija; Schachtsiek, Lars; Traut, Manuel; Schwamb, Michael; Wasserfallen, Daniel; Sotke, Vera; Frenkel, Aliaksandr; et al: Binders stabilized in an aqueous phase, PCT Int. Appl. (2017), WO 2017211925 A1 20171214

Schepers, Klaus; Mischo, Horst; Birkel, Alexander; Sabanov, Elena; Bremser, Wolfgang: Use of alkyl resins for disinfecting purposes in antimicrobial surfaces, paints or coatings, PCT Int. Appl. (2017), WO 2017153611 A1 20170914

### Wissenschaftliche Kooperationen

Chemetall

BASF SE

BASF Coatings AG

Ultima GmbH

Biocircle Surface Technology GmbH

Hemmelrath Lackfabrick GmbH

Fraunhofer- WKI Braunschweig

Fraunhofer-IFAM Bremen

Munditia Technologies GmbH

CNC Speedform

BMW AG

Daimler AG

Fudan-Universität, Shanghai

Bandung Institute of Technology (ITB), Bandung Indonesia

PT PROPAN RAYA I.C.C./PT, Jakarta

Qingdao University of Science and Technology, China

Ho-Chi-Minh City University of Natural Resources and Environment, Vietnam

### Forschungsprojekte

BMBF „Biophob“- Biogene Nebenprodukte aus Palm Fettsäure Destillat als hydrophobierende Synthesebausteine in Acrylatdispersionen für Beschichtungsstoffe

BMWi: „Foulprotect“ – Entwicklung einer biozidfreien Beschichtung zur Verhinderung von Biokorrosion

EFRE: „Lhybs- Leichtbau mit Hybridsystemen“ Konzeption und Verwirklichung eines schichtförmigen, hybriden Halbzeugs. Das CMP befasst sich mit der Entwicklung von gradierten Klebschichten, die Problemen beim Fügen von artverschiedenen Werkstoffen entgegenwirken können.

EFRE- „KorrSelfRepair“ Entwicklung einer Korrosionsschutzbeschichtung mit Selbstreperaturfunktion

ZIM- Kaminbeschichtung

ZIM- Entwicklung eines Verfahrens für die Beschichtung und Reinigung von Rohren und Profilen

ZIM- KIPP

ZIM- Zinkstaubfarbe

ZIM- CNC

BmEL- Biocoat Entwicklung eines biobasierten hochkratzfesten Autoklarlacks auf der Basis von rekonfigurierbarem Zyklodextrin

PTJ- (Starke Forschung NRW) FVK Cycle Recycling von Faserverstärkten Kunststoffen durch thermisch gesteuerte Komponententrennung

Forschungspreis Universität Paderborn: „Enzymmoderierte Phosphor-Regeneration“

## PROF. DR.-ING. GUIDO GRUNDMEIER

### Publikationen

“Effect of Pre-Rolling Heat Treatments on the Bond Strength of Cladded Galvanized Steels in a Cold Roll Bonding Process”. I. Hordych, D. Rodman, F. Nürnberger, C. Hoppe, H. C. Schmidt, G. Grundmeier, W. Homberg, and H. J. Maier steel research international (2016), 87, 1619–1626

“Cold pressure welding by incremental rolling: Deformation zone analysis”. H. C. Schmidt, W. Homberg, C. Hoppe, G. Grundmeier, I. Hordych, and H. J. Maier. AIP Conference Proceedings (2016), 1769, 100013

“(Cr,Al)N/(Cr,Al)ON Oxy-nitride Coatings deposited by Hybrid dcMS/HPPMS for Plastics Processing Applications”. K. Bobzin, T. Brögelmann, G. Grundmeier, T. de los Arcos, M. Wiesing, and N.C. Kruppe. Surface and Coatings Technology (2016), 308, 394–403

“Molecular coating of molds and dies for polymer processing”. B. Kaynak, S. Waschke, G. Grundmeier, and W. Kern. AIP Conference Proceedings (2016), 1779, 020018

“Adhesion and corrosive delamination of epoxy films on chemically etched ZnMgAl-alloy coatings”. K. Pohl, O. Ozcan, M. Voigt, and G. Grundmeier. Materials and Corrosion (2016), 67, 1020–1026

“Influence of stripping and cooling atmospheres on surface properties and corrosion of zinc galvanizing coatings”. K.A. Yasakau, I. Giner, C. Vree, O. Ozcan, R. Grothe, A. Oliveira, G. Grundmeier, M.G.S. Ferreira, and M.L. Zheludkevich. Applied Surface Science (2016), 389, 144–156

“Regular Nanoscale Protein Patterns via Directed Adsorption through Self-Assembled DNA Origami Masks”. S. Ramakrishnan, S. Subramaniam, A.F. Stewart, G. Grundmeier, and A. Keller. ACS Applied Materials and Interfaces (2016), 8, 31239–31247

“Influence of the Surface and Heat Treatment on the Bond Strength of Galvanized Steel/ Aluminum Composites Joined by Plastic Deformation”. C. Hoppe, C. Ebbert, R. Grothe, H.C. Schmidt, I. Hordych, W. Homberg, H.J. Maier, and G. Grundmeier. Advanced Engineering Materials (2016), 18, 1371–1380

“Ageing mechanisms of polyurethane adhesive/steel interfaces”. J. Weiss, M. Voigt, C. Kunze, J.E. Huacuja Sánchez, W. Possart, and G. Grundmeier. International Journal of Adhesion and Adhesives (2016), 70, 167–175

“DNA annealing by Red□ is insufficient for homologous recombination and the additional requirements involve intra- and inter-molecular interactions”. S. Subramaniam, A. Erler, J. Fu, A. Kranz, J. Tang, M. Gopalswamy, S. Ramakrishnan, A. Keller, G. Grundmeier, D. Müller, M. Sattler, and A.F. Stewart. Scientific Reports (2016), 6, 34525

“Molecular Engineering of Aluminum–Copper Interfaces for Joining by Plastic Deformation”. C. Hoppe, C. Ebbert, M. Voigt, H.C. Schmidt, D. Rodman, W. Homberg, H.J. Maier, and G. Grundmeier. Advanced Engineering Materials (2016), 18, 1066–1074

“Combined Electrochemical and Electron Spectroscopic Investigations of the Surface Oxidation of TiAlN HPPMS Hard Coatings”. M. Wiesing, M. to Baben, J. M. Schneider, T. de los Arcos, and G. Grundmeier. Electrochimica Acta (2016), 208, 120–128

“Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition (PE-CVD) yields better Hydrolytical Stability of Biocompatible SiOx Thin Films on Implant Alumina Ceramics Compared to Rapid Thermal Evaporation Physical Vapor Deposition (PVD)”. F. Böke, I. Giner, A. Keller, G. Grundmeier, and H. Fischer. ACS Applied Materials and Interfaces (2016), 8, 17805–17816

“Direct metallization of PMMA with aluminum films using HIPIMS”. R. Bandorf, S. Waschke, F.C. Carreri, M. Vergöhl, G. Grundmeier, and G. Bräuer. Surface and Coatings Technology (2016), 290, 77–81

“Adsorption and adhesion studies of PdSn nanoparticles on protonated amine and carboxylic acid-terminated surfaces”. B. Mosebach, F.M. Bayer, C.-C. Fels, Markus Voigt, B. Oezkaya, A. Pomorska, B. Torun, A. Keller, and G. Grundmeier. Surface and Interface Analysis (2016), 48, 1017–1025

“Structural stability of DNA origami nanostructures in the presence of chaotropic



agents". S. Ramakrishnan, G. Krainer, G. Grundmeier, M. Schlierf, and A. Keller. *Nanoscale* (2016), 8, 10398-10405

"An efficient PE-ALD process for TiO<sub>2</sub> thin films employing a new Ti-precursor". M. Gebhard, F. Mitschker, M. Wiesing, I. Giner, B. Torun, T. de los Arcos, P. Awakowicz, G. Grundmeier and A. Devi. *Journal of Materials Chemistry C* (2016), 4, 1057-1065

"Scanning Kelvin probe blister studies of the delamination of epoxy films on organosilane modified ZnMgAl alloy coated steel". R. Grothe, M. Wiesing, I. Giner, D. Meinderink, and G. Grundmeier. *Materials and Corrosion* (2017), 68, 1314–1320

"Cation-Induced Stabilization and Denaturation of DNA Origami Nanostructures in Urea and Guanidinium Chloride". S. Ramakrishnan, G. Krainer, G. Grundmeier, M. Schlierf, and A. Keller. *Small* (2017), 13, 1702100

"Deformation behavior of nanocrystalline titania particles accessed by complementary in situ electron microscopy techniques". P. Herre, S. Romeis, M. Mačkovič, T. Przybilla, J. Paul, J. Schwenger, B. Torun, G. Grundmeier, E. Spiecker, and W. Peukert. *Journal of the American Ceramic Society* (2017), 100, 5709–5722

"New amidinate complexes of indium(III): promising CVD precursors for transparent and conductive In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films". M. Gebhard, M. Hellwig, A. Kroll, D. Rogalla, M. Winter, B. Mallick, A. Ludwig, M. Wiesing, A. D. Wieck, G. Grundmeier and A. Devi. *Dalton Transactions* (2017), 46, 10220-10231

"Analysis of the inhibition of thermal degradation of molten polycarbonate at tool steel interfaces by thin TiAlN coatings". M. Wiesing, T. de los Arcos, M. to Baben, H. Rueß, J. M. Schneider, and G. Grundmeier. *Polymer Degradation and Stability* (2017), 143, 196-206

"Nanostructured Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Processing via Water-Assisted ALD and Low-Temperature CVD from a Versatile Iron Ketoiminate Precursor". D. Peeters, A. Sadlo, K. Lowjaga, O. Mendoza Reyes, L. Wang, L. Mai, M. Gebhard, D. Rogalla, H.-W. Becker, I. Giner, G. Grundmeier, D. Mitoraj, M. Grafen, A. Ostendorf, R. Beranek, and A. Devi. *Advanced Materials Interfaces* (2017), 4, 1700155

"Unearthing [3-(Dimethylamino)propyl] aluminium(III) Complexes as Novel Atomic Layer Deposition (ALD) Precursors for Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Synthesis, Characterization and ALD Process Development". L. Mai, M. Gebhard, T. de los Arcos, I. Giner, F. Mitschker, M. Winter, H. Parala, P. Awakowicz, G. Grundmeier, and A. Devi. *Chemistry - A European Journal* (2017), 23, 10768-10772

"Electropolymerization of acrylic acid on carbon fibers for improved epoxy/fiber adhesion". A. Bauer, D. Meinderink, I. Giner, H. Steger, J. Weitzl, and G. Grundmeier. *Surface and Coatings Technology* (2017), 321, 128-135

"Influence of PE-CVD and PE-ALD on defect formation in permeation barrier films on PET and correlation to atomic oxygen fluence".

F. Mitschker, S. Steves, M. Gebhard, M. Rudolph, L. Schücke, D. Kirchheim, M. Jaritz, M. Brochhagen, Ch. Hoppe, R. Dahlmann, M. Böke, J. Benedikt, I. Giner, T. de los Arcos, Ch. Hopmann, G. Grundmeier, A. Devi, and P. Awakowicz. *Journal of Physics D: Applied Physics* (2017), 50, 235201

"Influence of organic surface chemistry on the nucleation of plasma deposited SiO<sub>x</sub> films". C. Hoppe, F. Mitschker, I. Giner, T. de los Arcos, P. Awakowicz, and G. Grundmeier. *Journal of Physics D: Applied Physics* (2017), 50, 204002.

"Analysis of Acid-Base Interactions at Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (110̄20) Interfaces by means of Single Molecule Force Spectroscopy". B. Mosebach, B. Ozkaya, I. Giner, A. Keller, and G. Grundmeier. *Applied Surface Science* (2017), 420, 296–302

"Corrosion properties of bioresorbable FeMn-Ag alloys prepared by selective laser melting". M. Wiesener, K. Peters, A. Taube, A. Keller, K.-P. Hoyer, T. Niendorf, and G. Grundmeier. *Materials and Corrosion* (2017), 68, 1028–1036

"In situ PM-IRRAS studies of organothiols and organosilane monolayers–ZnO interfaces at high water activities". B. Torun, I. Giner, G. Grundmeier, and O. Ozcan. *Surface and Interface Analysis* (2017), 49, 71–74

"The Thermal Oxidation of TiAlN High Power Pulsed Magnetron Sputtering Hard Coatings as Revealed by Combined Ion and Electron Spectroscopy". M. Wiesing, T. de los Arcos, and G. Grundmeier. *Advanced Materials Interfaces* (2017), 4, 1600861

"Scanning Kelvin Probe Blister test measurements of adhesive delamination – Bridging the gap between experiment and theory". R. Grothe, C.-N. Liu, M. Baumert, O. Hesebeck, and G. Grundmeier. *International Journal of Adhesion and Adhesives* (2017), 73, 8–15

"Influence of O<sub>2</sub> exposure on the interaction between CH<sub>4</sub> and amorphous AlYB<sub>14</sub>". O. Hunold, M. Wiesing, T. de los Arcos, D. Music, G. Grundmeier, and J. M. Schneider. *Applied Surface Science* (2017), 392, 1165–1172

"Self-Assembly, Dynamics, and Polymorphism of hIAPP(20-29) Aggregates at Solid-Liquid Interfaces". R. Hajraissi, I. Giner, G. Grundmeier, and A. Keller. *Langmuir* (2017), 33, 372-381

## Forschungsprojekte

Leitung durch Prof. Dr.-Ing. Grundmeier:

„Fügen durch Plastische Deformation“: Elektrochemisch unterstütztes Fügen. DFG Schwerpunktprogramm

„Partikel im Kontakt- Mikromechanik, Mikroprozessdynamik und Partikelkollektive“: Grundlagen der Partikel-Partikel-Wechselwirkung. DFG-Schwerpunktprogramm

„Gepulste Hochleistungsplasmen zur Synthese nanostrukturierter Funktionsschichten“: Grundlagen der Wechselwirkung von Makromolekülen mit komplexen anorganischen Oberflächen TR

87 A2/B3. DFG Sonderforschungsbereich Transregio 87

„AlF Kleben ZnMgAl“: Entwicklung von Bewertungsmethoden und Richtlinien für das Kleben von ZnMgAl-legierungsbeschichteten Stahlfeinblechen. AIF

„AlF MOBWEK“: Molekulare Beschichtungen von Formen und Werkzeugen für die Kunststoff-Verarbeitung. AIF

Leitung durch Dr. Adrian Keller:

„Einzelmoleküluntersuchungen auf DNA-Origami-Substraten“. DFG-Sachbeihilfe

## Kooperationen

Christian Albrechts Universität Kiel, Fakultät Werkstoffwissenschaften

RWTH Aachen, Fakultät Maschinenbau

Ruhr Universität Bochum, Fakultäten: Materialwissenschaften, Geowissenschaften, Physik

Karl Winnacker Institut der DECHEMA, Frankfurt

Horst Fischer, Uniklinik RWTH Aachen

Audi AG

BASF AG

Doerken MKS

Parker

BMW AG

Henkel KGaA

ThyssenKrupp Stahl AG

Voestalpine Stahl Linz AG

## Funktionen

Stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen

Mitglied des Senats der Universität Paderborn

Leiter des Arbeitskreises „Grundlagen und Simulation“ der GfKorr e.V.

Vorstandsmitglied des TR87

Associate Editor „Applied Surface Science“

## PROF. DR.-ING. WERNER HOMBERG

### Referierte Publikationen

Schmidt, H.C.; Grydin, O.; Stolbchenko, M.; Homberg, W.; Schaper, M.: „Manufacturing of thin-walled clad tubes by pressure weldings of roll bonded sheets“. AIP Conference Proceedings, Volume 1896, 2017

Homberg, W.; Rostek, T.; Schaper, M.; Grydin, O.; Andreiev, A.; Brosius, A.; Tulke, M.: „Development of hybrid directionally reinforced structural parts for lightweight applications“. AIP Conference Proceedings, Volume 1896, 2017

Djakow, E.; Springer, R.; Homberg, W.; Piper, M.; Tran, J.; Zibart, A.; Kenig, E.: „Incremental electrohydraulic forming - A new approach for the manufacture of structured multifunctional sheet metal blanks“. AIP Conference Proceedings, Volume 1896, 2017

Spoelstra, P.; Djakow, E.; Homberg, W.: "Rubber pad forming - Efficient approach for the manufacturing of complex structured sheet metal blanks for food industry". AIP Conference Proceedings, Volume 1896, 2017

Lossen, B.; Andreiev, A.; Homberg, W.; Schaper, M.: „Friction-spinning-possibility of grain structure adjustment“. Procedia Engineering, Volume 207, Seiten 1749-1754, 2017

Tabakajew, D.; Homberg, W.: "Increasing the efficiency of hot mandrel bending of pipe elbows", Procedia Engineering Volume 207, Seiten 2310-2315, 2017

Wiens, E.; Homberg, W.: "Internal Flow-Turning – a new approach for the manufacture of tailored tubes with a constant external diameter". Procedia Engineering Volume 207, Seiten 1755-1760, 2017

Rostek, T.; Homberg, W.: "Locally Graded Steel Materials for Self-Sharpening Cutting Blades". Procedia Engineering Volume 207, Seiten 2185-2190, 2017

## Aktuelle Forschungsprojekte

„Herstellung innovativer Stahlhalbzeuge mit wanddicke- und festigkeitsveränderlichen Eigenschaften für den Leichtbau durch Innendrückwalzen“: Innendrückwalzen ist ein innovativer Fertigungsprozess, der es ermöglicht eine Wanddickenkonturierung handelsüblicher Stahlrohre durch eine innenseitige Walzbearbeitung in Längsrichtung des Rohres zu erzeugen. Die Wanddickenkontur wird hierbei nur an der Rohrinneiseite abgebildet. Der Außendurchmesser bleibt konstant, was die Weiterverarbeitung des erzeugten Halbzeugs, z.B. durch Hydroformen, immens erleichtert. Durch diese neue prozessgeführte Fertigungstechnologie werden bisher (innenseitig) nicht realisierbare Wanddickenreduktionen erreicht, wobei die Rauigkeit der bearbeiteten Oberfläche deutlich verbessert wird. Zudem werden die mechanischen Werkstoffkennwerte Zugfestigkeit und Härte des bearbeiteten Werkstoffes um bis zu 70% durch Kaltverfestigung gesteigert. Wegen Verfahrensanalogien zum Zylinderdrückwalzen sind verbesserte Formtoleranzen des innendrückgewalzten Rohres zu erwarten.

Die geforderte Wanddickenreduzierung wird prozessgesteuert über das Einstellen des Spaltes zwischen Walzwerkzeug und der am Außendurchmesser des Rohres liegenden Matrize erzeugt. Hierdurch können schon kleine Losgrößen und Prototypen wirtschaftlich hergestellt werden. Zusätzlich erhöht die kompakte Bauweise der Innendrückwalzmaschine, die aufgrund des selbstkompensierenden Verfahrenskraftlaufes möglich ist, die Kosteneffizienz.

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass durch das Innendrückwalzen Hohlprofil-Geometrien aus Stahl herstellbar sind, die bisher nur mit hohem Aufwand hergestellt werden konnten und ein großes Potential für Leichtbauanwendungen haben. Weitere Untersuchungen sollen Aufschluss über den Einfluss der

Prozessparameter auf Bauteileigenschaften und die Verfahrensgrenzen geben, um die Prozessführung zu optimieren. Zudem sollen neue Werkzeugkonzepte erarbeitet werden, mit dem Ziel, die Formgebungsmöglichkeiten und Prozessgrenzen zu erweitern.

Förderinstitution: Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA)

„Entwicklung einer Simulation für den Herstellungsprozess sowie für den virtuellen Belastungstest von Berstscheiben“: Damit die Ausfallzeiten von Produktionslinien und den damit einhergehenden wirtschaftlichen Schaden so gering wie möglich gehalten werden, sind Wartung, Pflege und Schutz der Maschinen unerlässlich. Zum Schutz von druckbelasteten Systemen, die in definierten Grenzen operieren werden Berstscheiben eingesetzt.

Berstscheiben sind Sollbruchstellen im System, damit ein Überdruck definiert abgeleitet werden kann. Die herkömmliche Produktion dieser Berstscheiben erfolgt quasi-statisch ohne den Einsatz von numerischen Methoden. Im Rahmen des Forschungsprojektes wird die Herstellung von Berstscheiben mittels elektromagnetischer Hochgeschwindigkeitsumformung untersucht. Dazu wird der Umformprozess in einer gekoppelten FE-Simulation abgebildet und optimiert. Insbesondere werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Herstellverfahren auf das Berstverhalten untersucht. Dabei sind die erhöhten Umformgrenzen durch die Hochgeschwindigkeitsumformung von zentraler Bedeutung. Der Einsatz von Nebenformelementen für das kontrollierte Versagen der Berstscheiben ist ein weiterer Aspekt, der bei dieser Untersuchung betrachtet wird.

Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

„Steigerung der Effizienz bei der industriellen Warmumformung (HotFormOpt)“: Das Warmumformen, z.B. in Form von Pressen, Schmieden, Drücken von Stählen, ist in der Industrie weit verbreitet. Gerade in kleinen und mittleren Unternehmen bestehen dabei erhebliche Potenziale zur Steigerung der Produktivität und Effizienz unter ökonomischen und gleichzeitig ökologischen Gesichtspunkten, da die aktuelle Produktion oft auf empirischen/handwerklich geprägten Erfahrungen basiert.

Am Beispiel der Fertigung von Rohrbögen nach dem „Hamburger Verfahren“ sollen im Verbund Universität, Ingenieurunternehmen und industriellem Anwender neue Methoden zur Optimierung der Prozesskette erforscht und praktisch verifiziert werden. Dabei wird eine Senkung des Energieverbrauchs um mehr als 12 %, eine Absenkung der Materialverluste um mehr als 33% sowie eine deutliche Steigerung der Produktivität angestrebt.

Ein Fokus ist die Erforschung eines neuartigen, auf weitere Verfahren der Warmumformung übertragbaren Programmsystems, das durch seine Vorparametrisierung auch in kleinen

und mittleren Unternehmen zur Optimierung einsetzbar ist. Damit soll ein Wissens- und Technologietransfer für eine breite Zielgruppe erreicht werden, so dass hier erstmals die Potenziale zur Effizienzsteigerung systematisch identifiziert und ausgeschöpft werden können. Somit leistet das Vorhaben einen Beitrag zur Förderung technologischer und wirtschaftlicher Innovationen in NRW.

Förderinstitution: Europäische Union - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

„Selbstkorrigierende Fertigung in der Verbindungs- und Automatisierungstechnik“: Elektrische Kontakte sind das Herzstück von Komponenten der elektronischen Verbindungs- und Automatisierungstechnik. Da sie für den zuverlässigen Betrieb von Maschinen und Anlagen verantwortlich sind, werden hohe Anforderungen an die Präzision der kleinen Metallteile gestellt. Diese Metallteile werden durch Umformprozesse hergestellt, die empfindlich für Änderungen in den Betriebsbedingungen wie z.B. Materialeigenschaften oder Temperatur sind. Um die Qualität zu gewährleisten und den Ausschuss klein zu halten, ist ein aufwändiges Einrichten der Produktionsmaschinen notwendig. Gesucht sind Verfahren, mit denen die Einstellungen der Produktionsmaschinen bei Änderungen der Materialeigenschaften des Rohmaterials automatisiert nachjustiert werden können. Durch neuartige Technologien der Selbstkorrektur sollen zukünftig die Qualität, Zuverlässigkeit und Effizienz des Umformprozesses optimiert werden. Das Ziel des Innovationsprojektes ist die Entwicklung von Regelungsstrategien, Sensoren und Aktoren für selbstkorrigierende Umformprozesse im Bereich der elektronischen Verbindungs- und Automatisierungstechnik. Entsprechend des Leitsatzes der Industrie 4.0 sollen sich die Produktionsmaschinen für unterschiedliche Produkte eigenständig an sich ändernde Betriebsbedingungen anpassen. Durch die Projektergebnisse werden die Zuverlässigkeit, Qualität und Effizienz bei der Produktion von elektrischen Kontakten der elektronischen Verbindungs- und Automatisierungstechnik erhöht. Der Aufwand für das Einrichten und Umrüsten der Maschinen sowie der Ausschuss werden reduziert. Insgesamt wird eine Produktivitäts- und Effizienzsteigerung von 10% angestrebt. Die Ergebnisse können auf weitere Produktionsprozesse übertragen werden, wie z.B. auf Elemente der Automobil- und der Möbelindustrie. Über Transferprojekte und Engineering-Unternehmen von it's OWL werden die entwickelten Technologien für weitere Unternehmen verfügbar gemacht.

Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung

„Leichtbau mit Hybridsystem“: Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung neuartiger Hybridwerkstoffe, die als Halbzeuge in nachfolgenden Fertigungsprozessen zu extrem leichten Bauteilen verarbeitet werden können. Unter Hybridwerkstoffen werden dabei flächige Verbindungen artverschiedener

Werkstoffe (hier faserverstärkte Kunststoffe und Stähle) verstanden, die eine Anpassung der Werkstoffeigenschaften in Dickenrichtung ermöglichen. Der zentrale innovative Ansatz in diesem Projekt liegt in der erstmaligen Entwicklung einer methodischen Vorgehensweise für die Hybridwerkstoffentwicklung, die beispielhaft zur Entwicklung neuer Werkstoffe für ausgewählte Demonstratoren genutzt wird.

Da jeder im Hybrid eingesetzte Werkstoff im Rahmen einer Funktionstrennung nur eine bestimmte für ihn definierte Aufgabe übernimmt, werden die hier entwickelten Einzelwerkstoffe für sich genommen unzureichend sein, erst im Hybrid wird sich im Zusammenspiel der Werkstoffe eine optimal funktionsfähige Komponente ergeben. Die Entwicklung der Einzelwerkstoffe kann sich entsprechend auf spezifische Eigenschaften konzentrieren, die aus dem Anforderungsprofil des Hybridwerkstoffes abgeleitet werden.

Neben der technologischen Entwicklung werden zwei weitere Schwerpunkte gesetzt. Zum einen wird eine intensive Transferanalyse weitere Märkte aufzeigen, in denen die Anwendung der Methode zu neuen Werkstoffen führen würde. Zum anderen wird eine gesellschaftswissenschaftliche Komponente integriert, die untersucht, wie sich die geänderte Werteorientierung auf die Formation von Hypothesen, Forschungsfragen und Lösungsansätzen bei der technologischen Entwicklung auswirkt.

Förderinstitution: Europäische Union - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

„Elektrochemisch unterstütztes Fügen blechförmiger Werkstoffe (ECUF)“: Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird ein neues umformtechnisches Fügeverfahren grundlegend untersucht, das elektrochemisch unterstützte Fügen (ECUF). Durch den Einsatz eines inkrementellen Wirkprinzips und einer speziellen elektrochemischen Inline-Vorbehandlung sollen bestehende Restriktionen von aktuellen Pressschweißverfahren (wie dem Walzplattieren) hinsichtlich Flexibilität, möglicher Materialkombinationen oder auch Fügestellengeometrien überwunden werden. Die Charakterisierung und Analyse der hergestellten Verbindung ist die Grundlage für eine gezielte Anpassung und Weiterentwicklung des Fügeprozesses und seiner Parameter. Mit diesem neuen Fügeverfahren soll eine Erweiterung des Anwendungsspektrums im Hinblick auf die effiziente Herstellung partiell verbundener Leichtbaustrukturen aus metallischen Werkstoffen erreicht werden.

Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

„Elektrohydraulische Hochgeschwindigkeitsumformung“: Die Elektrohydraulische Hochgeschwindigkeitsumformung zählt zu den vielversprechendsten innovativen Umformverfahren der heutigen Zeit. Durch die spezielle Prozesscharakteristik (hohe Umformgeschwindigkeit von 40µs bis zu 2ms, sehr hohe Spitzendrücke im GPa-

Bereich) lässt sich die Formänderung vieler Werkstoffe signifikant erhöhen und damit auch scharfkantige bzw. sehr feine Geometrien in den Werkstoff einbringen, die konventionell nur sehr schlecht oder gar nicht herstellbar sind. Untersuchungen haben gezeigt, dass sogar Radien unterhalb der Ausgangsblechdicke erreichbar sind. Daher eignet sich die Hochgeschwindigkeitsumformung besonders für die Umformung scharfkantiger und/ oder sehr feiner Geometrien die auch lokal begrenzt eingebracht werden können. Aufgrund des geringen Platz- und Energiebedarfs ist die Elektrohydraulische Hochgeschwindigkeitsumformung besonders effizient und durch die hohe Flexibilität auch sehr gut als ein die konventionelle Umformung unterstützendes Verfahren einsetzbar.

Der elektrohydraulische Umformprozess ist von einer Vielzahl an Prozessparametern abhängig. Der Einfluss der einzelnen Parameter auf das Umformergebnis wurde bislang nicht hinreichend untersucht. Der LUF ist bestrebt durch gezielte Untersuchungen den Einfluss unterschiedlicher Parameter wie z.B. Draht, Wirkmedium, Energie etc. auf das Umformergebnis in der Blechumformung zu untersuchen. Dabei wird besonders Augenmerk auf die Druckverteilung auf einem Blech gelegt, was eines der wichtigsten Herausforderungen ist. Grundlegendes Ziel ist es, den elektrohydraulischen Umformprozess auf einen effektiven und gewinnbringenden Einsatz in der Industrie vorzubereiten.

## Messen, Tagungen, Seminare, Vorträge

146th Annual Meeting and Exhibition TMS 2017, San Diego, USA, 26. Februar - 02. März 2017

GDA-Arbeitskreistreffen „Continuous Casting“, Xanten, Deutschland, 8.-9. März 2017

VDEh-Fachausschusssitzung „Werkzeugstähle“, Düsseldorf, Deutschland, 23. März 2017

Hannover Messe2017, Hannover, Deutschland, 24.-28. April 2017

Fachtagung 3D-Druck, Lüdenscheid, Deutschland, 03.-04. Mai 2017

11th International Scientific and Technical Conference “Plastic deformation of metals 2017”, Dnipro, Ukraine, 22.-26. Mai 2017

EFB-Arbeitskreissitzung „Technologie“, Freiburg, Deutschland, 28. Juni 2017

FVA-Expertenkreissitzung „Additive Fertigung“, Frankfurt am Main, Deutschland, 05. Juli 2017

20th International Conference on Composite Structures ICCS20, Paris, Frankreich, 4.-7. September 2017

12th International Conference on Technology of Plasticity ICTP 2017, Cambridge, Großbritannien, 17.-22. September 2017

Werkstoffwoche 2017, Dresden, 27-29. September 2017

MS&T2017: Materials Science & Technology 2017, Pittsburgh, USA, 08.-12. Oktober 2017

PBA-Sitzung der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA) und Geregeltete Elektroantriebe (GEA), Frankfurt am Main, Deutschland, 17. Oktober 2017

8th International Conference on Innovations in Thin Film Processing and Characterization ITFPC 2017, Nancy, Frankreich, 23.-27. Oktober 2017

DGM-Fortbildungsseminar „Einführung in die additive Fertigung“, Paderborn, Deutschland, 24.-26. Oktober 2017

2nd International Conference on Light Materials - Science and Technology LightMat2017, Bremen, Deutschland, 08.-10. November 2017

2. Tagung des DVM-Arbeitskreises „Additiv gefertigte Bauteile und Strukturen“ AM2017, Berlin, Deutschland, 09.-10. November 2017

Alloys for Additive Manufacturing Symposium AAMS2017, Dübendorf, Schweiz, 11.-12. November 2017

Informationstag und 50jähriges Jubiläum der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA), Würzburg, Deutschland, 29.-30. November 2017

## Funktionen

Mitglied des Advisory Boards der IIFG International Impuls Forming Group

Vorsitzender der Kommission für Strategie und Ressourcen der Fakultät für Maschinenbau

Mitglied der Kommission für Planung und Finanzen der Universität Paderborn

## PROF. DR. RER. NAT. JÖRG LINDNER

### Referierte Publikationen

Riedl, T., Lindner J.K.N.: “Heteroepitaxy of III-V Zinc Blende Semiconductors on Nanopatterned Substrates”, Buchkapitel in: “Nanoscaled Films and Layers”, Hrsg.: László Nánai, Mai 2017, DOI: 10.5772/67572

Brodehl, C.; Greulich-Weber, S.; Lindner, J.K.N.: “Fabrication of tailored nanoantennas on large areas for plasmonic devices”, Materials Today, Juli 2017, in the press

Meyers, T.; Vidor, F.F.; Brassat, K.; Lindner, J.K.N.; Hilleringmann, U.: “Low-voltage DNNT based thin-film transistors and inverters for flexible electronics”, Microelectronic Engineering, December 2016, DOI: 10.1016/j.mee.2016.12.018

Rieger, T.; Riedl, T.; Neumann, E.; Grützmaker, D.; Lindner, J.K.N.; Pawlis, A.: “Strain compensation in single ZnSe/CdSe quantum wells: Analytical model and experimental evidence”, ACS Appl. Mater. Interfaces 9 (9), 2017, 8371–8377, DOI: 10.1021/acsami.6b15824

Wahle, M.; Brassat, K.; Ebel, J.; Bürger, J.; Lindner, J.K.N.; Kitzerow, H.-S.: “Two-dimensional switchable blue phase gratings manufactured by nanosphere lithography”, Optics Express 25 (19), (2017) 22608-22619; <https://doi.org/10.1364/OE.25.022608>



Rüdiger, A.A.; Brassat, K.; Lindner, J.K.N.; Bremser, W.; Strube, O.I.: "Easily accessible protein nanostructures via enzyme mediated addressing", (2017) submitted

## Nicht referierte Publikationen

Riedl, T.; Lindner, J.K.N.: "Theoretical analysis of strain and misfit dislocation stability in axial

heteroepitaxial GaAs/InAs nanopillars", Spring Meeting of the German Physical Society, Regensburg,

Germany, 06.-11.03.2016; Verhandlungen DPG DS 36.7 und HL 64.7

Riedl, T.; Kemper, R.M.; Kovacs, A.; Meertens, D.; As, D.J.; Lindner, J.K.N.: "Stability of Misfit

Dislocations in Axial-Heteroepitaxial 3C-SiC/c-GaN Nanopillars and Nanomesas", Spring Meeting of

the German Physical Society, Regensburg, Germany, 06.-11.03.2016; Verhandlungen DPG DS 53.3 und HL 92.3

Brodehl, C.; Greulich-Weber, Lindner, J.K.N.: "Fabricating metasurface-based optical devices with a low-cost technique", European Materials Research Society Spring Meeting 2016, Lille, France, 02.-06.05.2016

Rieger, T.; Riedl, T.; Lindner, J.K.N., Pawlis, A.: "Enhancement of the critical thickness of CdSe/ZnSe quantum wells via the strain compensation technique", 19th International Conference on Molecular-Beam Epitaxy, Montpellier, France, 04.-09.09.2016.

Achtelik, J.; Lindner, J.K.N.: "Carbon microfiber surface modification using PECVD", 15th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 12.-16.09.2016

Strube, O.I.; Ruediger, A.A.; Bremser, W.; Brassat, K.; Lindner, J.K.N.: "Enzyme mediated autodeposition of protein particles on nanosphere lithographically nanostructured surfaces", European Materials Research Society Fall Meeting 2016, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

Brassat, K.; Kool, D.; Lindner, J.K.N.: "Hierarchically ordered nanopore structures formed by combined nanosphere and block copolymer lithography", European Materials Research Society Fall Meeting 2016, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

Riedl, T.; Lindner, J.K.N.: "Automated SEM image analysis of the opening size distributions of nanosphere lithography masks and their origins", European Materials Research Society Fall Meeting 2016, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

Puglisi, R.A.; Bongiorno, C.; Brassat, K.; Garozzo, C.; La Magna, A.; Lindner, J.K.N.: "High-resolution TEM and STEM-EELS studies of colloidal Au nanoparticles self-assembled in nanometric SiO<sub>2</sub> nanopore arrays fabricated by block-copolymer lithography", European Materials Research Society Fall Meeting 2016, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

Brassat, K.; Bürger, J.; Reinecke, M.; Briese, D.; Duschik, K.; Schaper, M.; Lindner, J.K.N.: "Arrangement of perovskitic semiconductor

nanoparticles using soft lithography", European Materials Research Society Fall Meeting 2016, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

Brassat, K.; Ruediger, A.A.; Bürger, J.; Bremser, W.; Strube, O.I.; Lindner, J.K.N.: "Site-selective protein immobilization on regular antidot patterns fabricated by nanosphere lithography", European Materials Research Society Fall Meeting 2016, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

Lindner, J.K.N.: "Ion-Solid Interactions with Self-Organized Nanostructures, Materials", Research Society Fall Meeting 2016, Boston, USA, 27.11.-02.12.2016

Brodehl, C.; Greulich-Weber, S.; Lindner, J.K.N.: "Creation of tailored nanoparticles on large areas for optical devices", 7. NRW Nano-Konferenz, Münster, Germany, 07.-08.12.2016

Kismann, M.; Riedl, T., Lindner, J.K.N.: "Morphological properties of nanopillar patterned Si surfaces obtained by nanosphere lithography and metal-assisted wet-chemical etching", European Materials Research Society Spring Meeting 2017, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

Riedl, T.; Lindner, J.K.N.: "The influence of the sphere material on the opening size distribution of nanosphere lithography masks", European Materials Research Society Spring Meeting 2017, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

Brassat, K.; Keller, A.; Grundmeier, G.; Bremser, W.; Strube, O.; Lindner, J.K.N.: "Tailored antidot patterns created by nanosphere lithography for bioapplications", European Materials Research Society Spring Meeting 2017, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

Riedl, T.; Kunnathully, V.; Karlisch, A.; Reuter, D.; Weber, N.; Meier, C.; Schierholz, R.; Lindner, J.K.N.: "Morphology, structure and enhanced photoluminescence of molecular beam epitaxial In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As layers on nanopillar patterned GaAs", European Materials Research Society Spring Meeting 2017, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

Brassat, K.; Keller, A.; Grundmeier, G.; Bremser, W.; Strube, O.; Lindner, J.K.N.: "Bioinspired material design by hierarchical self-assembly on prepatterned surfaces", European Materials Research Society Spring Meeting 2017, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

Riedl, T.; Lindner, J.K.N.: "Strain and strain energy in axial-heteroepitaxial GaAs/InAs nanopillars analyzed by atomistic and continuum elastic calculations: A comparison", European Materials Research Society Spring Meeting 2017, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

Wahle, M.; Brassat, K.; Ebel, J.; Bürger, J.; Lindner, J.K.N.; Kitzerow, H.-S.: "Electrode patterning by nanosphere lithography for switchable 2D blue phase gratings", 2<sup>nd</sup> Joint Conference of the German & British Liquid Crystal Societies, Würzburg, Germany, 03.-05.04.2017

Brodehl, C.; Greulich-Weber, S.; Lindner,

J.K.N.: "Metallic nanoparticles created by double angle controlled nanosphere lithography investigated by transmission electron microscopy", Europhotonics Spring School POESII 2017, Sitges Barcelona, Spain, 22.-24.03.2017

Lindner, J.K.N.; Kitzerow, H.-S.: "Plasmonic nanostructures: fabrication, electron microscopy, spectroscopy", Europhotonics Spring School POESII 2017, Sitges Barcelona, Spain, 22.-24.03.2017

Brassat, K.; Kool, D.; Lindner, J.K.N.: "Joining self-assembly techniques: A route to hierarchical nanopores", Europhotonics Spring School POESII 2017, Sitges Barcelona, Spain, 22.-24.03.2017

Brassat, K.; Bürger, J.; Kool, D.; Lindner, J.K.N.: "Micro- and nanopatterned surfaces with tailored chemical and topographical contrast by self-assembly techniques", European Materials Research Society Fall Meeting 2017, Warsaw, Poland, 18.-21.09.2017

Kunnathully, V.; Riedl, T.; Karlisch, A.; Reuter, D.; Lindner, J.K.N.: "InAs heteroepitaxy on GaAs(111)A patterned by nanosphere lithography", European Materials Research Society Fall Meeting 2017, Warsaw, Poland, 18.-21.09.2017

Riedl, T.; Kunnathully, V.; Karlisch, A.; Reuter, D.; Lindner, J.K.N.: "Group III arsenide heteroepitaxy on Si(111) using Si<sub>N</sub>x nanohole masks patterned by nanosphere lithography", European Materials Research Society Fall Meeting 2017, Warsaw, Poland, 18.-21.09.2017

Engelkemeier, K.; Lindner, J.K.N.; Vaupel, K.; Schaper, M.: "Synthesis and characterization of crystalline nanowall network hollow body microspheres", (2017) submitted to Nanoscale

## Aktuelle Forschungsprojekte

Characterization of Interfaces and Interfacial Layers in Hybrid Materials using Transmission Electron Microscopy

Die makroskopischer Eigenschaften hybrider Leichtbaumaterialien werden wesentlich durch die Morphologie, die atomare Struktur und die chemische Zusammensetzung im Bereich der internen Grenzflächen bestimmt. Das Projekt entwickelt Präparationsverfahren, die es erlauben, Leichtbau-Hybridmaterialien so zu dünnen, dass die Grenzflächen dissimilarer Komponenten mittels Transmissionselektronenmikroskopie untersucht werden können.

Förderinstitution: NRW-Fortschrittskolleg LEM

Gyrotrope Metamaterialien

Nanostrukturierte Metallfilme auf der Oberfläche dielektrischer Substrate ermöglichen es, funktionale Oberflächen zu schaffen, an denen die Polarisation oder die Phase elektromagnetischer Wellen gezielt verändert wird. Hierdurch lassen sich neuartige ultradünne optische Komponenten realisieren. Im Projekt wird die Struktur und Morphologie entsprechender Oberflächen berechnet und es wurde eine Vakuumbeschichtungsapparatur entwickelt, die es auf der Grundlage von



Selbstorganisationsprozessen erlaubt, solche Metamaterialien großflächig und kostengünstig herzustellen.

Förderinstitution: DFG-GRK1464

Invertierte Opale aus ZnO

Photonische Kristalle in Form invertierter Opale erhalten elektro-optisch schaltbare Eigenschaften (optische Reflexion und Transmission), wenn man sie aus einem dotierten Halbleitermaterial herstellt. Hierzu werden selbstorganisierte 3D-Opalstrukturen aus Polystyrol hergestellt und mit einem per Sol-Gel-Synthese hergestellten ZnO infiltriert.

Förderinstitution: DAAD

Experimental and theoretical investigation of iron polarons in lithium niobate

Lithiumniobat (LiNbO<sub>3</sub>) ist ein nichtlineares Wellenleitermaterial, dessen optische Eigenschaften mittels Dotierung mit Titan eingestellt werden können. Der Titaneinbau in den Kristall hängt vom Vorhandensein von Eisenverunreinigungen ab. Dies wird mit Hilfe von Elektronenspinresonanzspektroskopie und Dichtefunktionaltheorie untersucht.

Förderinstitution: DFG-SFB/TRR142

Stabilität von Fehlpassungsversetzungen in axial-heteroepitaktischen Nanostabstrukturen

An der Grenzfläche heteroepitaktischer Schichtsysteme treten fehlpassungsbedingte Gitterdefekte auf, sobald eine kritische Schichtdicke überschritten wird. Diese Strukturdefekte lassen sich vermeiden, indem man die zu beschichtende Oberfläche mit Nanostrukturen versieht. Im Projekt werden mittels molekularstatischer Berechnungen und mittels hochaufgelöster Transmissionselektronenmikroskopie Bedingungen untersucht, unter denen diese Defektreduzierung durch Nanostrukturierung erfolgreich ist.

Förderinstitution: DFG

## Messen -/Tagungen

„Spring Meeting of the German Physical Society“, Regensburg, Germany, 06.-11.03.2016

„European Materials Research Society Spring Meeting 2016“, Lille, France, 02.-06.05.2016

„EMN Meeting on Supramolecular Materials in Berlin“, Germany, 16.-20.08.2016

„19th International Conference on Molecular-Beam Epitaxy“, Montpellier, France, 04.-09.09.2016

„11th International Conference on Physics of Advanced Materials and 1st Autumn School on Physics of Advanced Materials“, Cluj-Napoka, Romania, 08.-14.09.2016

„15<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering“, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 12.-16.09.2016

„European Materials Research Society Fall Meeting 2016“, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

„Materials Research Society Fall Meeting 2016“, Boston, USA, 7.11.-02.12.2016

„NRW Nano-Konferenz“, Münster, Germany, 07.-08.12.2016

„10th Intern. Conf. on Materials Science and Engineering BRAMAT2017“, Brasov, Romania, 08.-11.03.2017

„Europhotonics Spring School POESII 2017“, Sitges Barcelona, Spain, 22.-24.03.2017

„2<sup>nd</sup> Joint Joint Conference of the German & British Liquid Crystal Societies“, Würzburg, Germany, 03.-05.04.2017

„European Materials Research Society Spring Meeting 2017“, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

„European Materials Research Society Fall Meeting 2017“, Warsaw, Poland, 18.-21.09.2017

„International Workshop on Inelastic Ion-Surface Collisions“, Dresden, Germany, 17.-22.09.2017

## Seminare

Kolloquium der Physikalischen Chemie der Universität Basel, Lindner, J.K.N.: „Nanopatterned Surfaces by Hierarchical Selforganization“, Basel, Switzerland, October 26, 2016

## Vorträge

2016

Spring Meeting of the German Physical Society: „Cubic GaN on pre-patterned 3C-SiC/Si (001) substrates“ (Topical Talk at the Focussed Session on „Semiconductor heteroepitaxy on nanopatterned substrates“), Regensburg, Germany, 06.-11.03.2016, Verhandlungen DPG DS 36.5 und HL 64.5

Spring Meeting of the German Physical Society: „Theoretical analysis of strain and misfit dislocation

stability in axial-heteroepitaxial GaAs/InAs nanopillars, Regensburg, Germany, 06.-11.03.2016;

Verhandlungen DPG DS 36.7 und HL 64.7

European Materials Research Society Spring Meeting 2016: „Fabricating metasurface-based optical devices with a low-cost technique“, Lille, France, 02.-06.05.2016

EMN Meeting on Supramolecular Materials: „Hierarchical self-assembly by colloidal and block copolymer lithography“, Berlin, Germany, 16.08.-20.08.2016

11th International Conference on Physics of Advanced Materials and 1st Autumn School on Physics of Advanced Materials: „Nanopatterning of surfaces with nanosphere lithography, block-copolymer lithography and combinations of both“ (Plenary talk), Cluj-Napoka, Romania, 08.-14.09.2016

15th International Conference on Plasma Surface Engineering: „Carbon microfiber surface modification using PECVD“, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 12.-16.09.2016

European Materials Research Society Fall Meeting 2016: „Enzyme mediated autodeposition of protein particles on nano-

sphere lithographically nanostructured surfaces“, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

European Materials Research Society Fall Meeting 2016: „Hierarchically ordered nanopore structures formed by combined nanosphere and block copolymer lithography“, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

European Materials Research Society Fall Meeting 2016: „High-resolution TEM and STEM-EELS studies of colloidal Au nanoparticles self-assembled in nanometric SiO<sub>2</sub> nanopore arrays fabricated by block-copolymer lithography“, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

European Materials Research Society Fall Meeting 2016: „Site-selective protein immobilization on regular antidot patterns fabricated by nanosphere lithography“, Warsaw, Poland, 19.-22.09.2016

Kolloquium der Physikalischen Chemie der Universität Basel: „Nanopatterned Surfaces by Hierarchical Selforganization“, Basel, Switzerland, 26.10.2016

Materials Research Society Fall Meeting Boston 2016 (Symposium on „Ion Beam Enabled Nanoscale Fabrication and Advanced Materials Synthesis“): „Ion-Solid Interactions with Self-Organized Nanostructures“, Boston, MA, USA, 27.11.-02.12.2016

Research Society Fall Meeting 2016: „Ion-Solid Interactions with Self-Organized Nanostructures, Materials“, Boston, USA, 27.11.-02.12.2016

7. NRW Nano-Konferenz: „Creation of tailored nanoparticles on large areas for optical devices“, Münster, Germany, 07.-08.12.2016

2017

10th Intern. Conf. on Materials Science and Engineering BRAMAT2017: „Regular Surface Nanopatterning with Nanosphere Lithography, Block-Copolymer Lithography and Combinations of Both“ (Keynote Opening Talk), Brasov, Romania, 08.03.-11.03.2017

Europhotonics Spring School 2017: „Plasmonic nanostructures: spectroscopy and electron microscopy“ (Tutorial), Barcelona, Spain, 21.-24.03.2017

Europhotonics Spring School POESII 2017: „Plasmonic nanostructures: fabrication, electron microscopy, spectroscopy“, Sitges Barcelona, Spain, 22.-24.03.2017

2nd Joint Joint Conference of the German & British Liquid Crystal Societies: „Electrode patterning by nanosphere lithography for switchable 2D blue phase gratings“, Würzburg, Germany, 03.-05.04.2017

European Materials Research Society Spring Meeting 2017: „Morphological properties of nanopillar patterned Si surfaces obtained by nanosphere lithography and metal-assisted wet-chemical etching“, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

European Materials Research Society Spring Meeting 2017: „Tailored antidot patterns created by nanosphere lithography for bioapplications“, Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

European Materials Research Society Spring Meeting 2017: "Morphology, structure and enhanced photoluminescence of molecular beam epitaxial In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As layers on nanopillar patterned GaAs", Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

European Materials Research Society Spring Meeting 2017: "Bioinspired material design by hierarchical self-assembly on prepatterned surfaces", Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

European Materials Research Society Spring Meeting 2017: "Strain and strain energy in axial-heteroepitaxial GaAs/InAs nanopillars analyzed by atomistic and continuum elastic calculations: A comparison", Strasbourg, France, 22.-26.05.2017

European Materials Research Society Fall Meeting 2017: "Micro- and nanopatterned surfaces with tailored chemical and topographical contrast by self-assembly techniques", Warsaw, Poland, 18.-21.09.2017

European Materials Research Society Fall Meeting 2017: "Group III arsenide heteroepitaxy on Si(111) using SiN<sub>x</sub> nanohole masks patterned by nanosphere lithography", Warsaw, Poland, 18.-21.09.2017

International Workshop on Inelastic Ion-Surface Collisions: "Ion Beam Modification of Self-Organized Nanostructures", Dresden, Germany, 17.-22.09.2017

European Materials Research Society Fall Meeting 2017 (Symposium W on Stress, structure and stoichiometry effect on the properties of nanomaterials IV): "Strain effects on the heteroepitaxy of III-V compound semiconductors on nanopatterned surfaces", Warsaw, Poland, 18.-21.09.2017

## Wissenschaftliche Kooperationen

RUBION, Universität Bochum, Deutschland

TU Berlin, Deutschland

Universität Bielefeld, Deutschland

Deutsches Elektronensynchrotron DESY, Hamburg, Deutschland

Ernst-Ruska-Centrum, Forschungszentrum Jülich, Deutschland

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung IOM, Leipzig, Deutschland

Universität Magdeburg, Deutschland

CNRS Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie, Lille, France

CNR-IMM Catania, Italy

Universität Basel, Schweiz

University of Ottawa, Canada

## Preise/Auszeichnungen

Name des Preises: Best Presentation Award at the EMRS Fall Meeting 2017

Preisträger: Vinay Kunnathully

Präsentation der Arbeit von Kunnathully, V.; Riedl, T.; Karlisch, A.; Reuter, D.; Lindner, J.K.N.: "InAs heteroepitaxy on GaAs(111)A

patterned by nanosphere lithography",

European Materials Research Society Fall Meeting 2017, Warsaw, Poland, 18.-21.09.2017 Verliehen am 20.9.2017

## Funktionen

Mitglied des Vorstands der Europäischen Materialforschungsgesellschaft EMRS, Strasbourg, France

Mitglied des Vorstands des Instituts für Leichtbau mit Hybridmaterialien ILH Paderborn

Mitglied des Vorstandes des DFG-GRK 1464, Universität Paderborn

Mitglied des Vorstandes des Center for Optoelectronics and Photonics Paderborn CeOPP

Mitglied des Verbunds Nanotech-NRW, der Deutschen Physikalischen Gesellschaft DPG, der Europäischen Materialforschungsgesellschaft EMRS, der Deutschen Gesellschaft für Elektronenmikroskopie DGE, der European Microscopy Society EMS

Programmbeauftragter der Deutsch-Französischen Hochschule, Saarbrücken

Gastdozent Ruhruniversität Bochum

Chairman des Symposiums on "Organized nanostructures and nano-objects: fabrication, characterization and applications" beim EMRS Fall Meeting 2016 in Warschau, Polen

Chairman des European Materials Research Society Fall Meetings 2018 in Warschau, Polen, 17.-20. September 2018

Kolloquiumskoordinator des Departments Physik der Universität Paderborn

## PROF. DR. THOMAS KÜHNE

### Publikationen

The effect of Ag, Pb and Bi impurities on grain boundary sliding and intergranular decohesion in Copper  
G. Schusteritsch, T. D. Kühne, Z. X. Guo and E. Kaxiras  
[Philos. Mag., 96, 2868 \(2016\)](#)

Vibrational Spectroscopy and Dynamics of Water, F. Perakis, L. De Marco, A. Shalit, F. Tang, Z. R. Kann, T. D. Kühne, R. Torre, M. Bonn and Y. Nagata  
[Chem. Rev., 116, 7590 \(2016\)](#)

Improved parameterization of the quantum harmonic oscillator model based on localized wannier functions to Describe Van der Waals interactions in density functional theory  
P.Partovi-Azar, M.Berg, S.Sanna and T.D.Kühne  
[Int. J. Quantum Chem., 116, 1160 \(2016\)](#)

Assessing the accuracy of improved force-matched water models derived from ab-initio molecular dynamics simulations  
A. Köster, T. Spura, G. Rutkai, J. Kessler, H. Wiebeler, J. Vrabec and T. D. Kühne  
[J. Comp. Chem., 37, 1828 \(2016\)](#)

Surface tension of ab initio liquid water at the water-air interface  
Y. Nagata, T. Ohto, M. Bonn and T. D. Kühne  
[J. Chem. Phys., 144, 204704 \(2016\)](#)

Influence of the exchange and correlation functional on the structure of amorphous InSb and InSbTe compounds  
S. Gabardi, S. Caravati, J. H. Los, T. D. Kühne and M. Bernasconi  
[J. Chem. Phys., 144, 204508 \(2016\)](#)

Quantum Ring-Polymer Contraction Method: Including nuclear quantum effects at no additional computational cost in comparison to ab-initio molecular dynamics  
C. John, T. Spura, S. Habershon and T. D. Kühne  
[Phys. Rev. E 93, 043305 \(2016\)](#)

Inverse simulated annealing: Improvements and application to amorphous InSb  
J. H. Los, S. Gabardi, M. Bernasconi and T. D. Kühne  
[Comput. Mat. Sci. 117, 7 \(2016\)](#)

Insights into Intrinsic Defects and the Incorporation of Na and K in the Cu<sub>2</sub>ZnSnSe<sub>4</sub> Thin-Film Solar Cell Material from Hybrid Functional Calculations  
E. Ghorbani, J. Kiss, H. Mirhosseini, M. Schmidt, J. Windeln, T. D. Kühne and C. Felser  
[J. Phys. Chem. C 120, 2064 \(2016\)](#)

Many-body dispersion interactions for periodic systems based on maximally localized Wannier functions: Application to graphene/water systems  
P. Partovi-Azar and T. D. Kühne  
[Phys. Status Solidi B 253, 308 \(2016\)](#)

High-pressure hydrogen sulfide by diffusion quantum Monte Carlo  
S. Azadi and T. D. Kühne  
[J. Chem. Phys. 146, 084503 \(2017\)](#)

Efficient PAW-based bond strength analysis for understanding the In/Si(111)(8 x 2)-(4 x 1) phase transition  
A. Lücke, U. Gerstmann, T. D. Kühne and W. G. Schmidt  
[J. Comp. Chem. 38, 2276-2282 \(2017\)](#)

Using Approximate Computing for the Calculation of Inverse Matrix p-th Roots  
M. Laß, T. D. Kühne and C. Plesl  
[IEEE Embedded Systems Letters PP, 1 \(2017\)](#)

## Forschungsprojekte

„speedCIGS.“ CIGS-Depositionsgeschwindigkeit und K-Einbau – Rechnergestützte Optimierung des CIGS-Depositionsprozesses in der industriellen Umsetzung“, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

## Vorträge

Universität Zürich, Schweiz - 3. Workshop des „Competence Center for Computational Chemistry“ - 2017

Universität Bielefeld – 2017 – MOLFIL-CNM Meeting: „Filtration and Separation with 2D Systems“

Ludwig-Maximilians-Universität München – 2017 – WATOC 2017: „ 11th Triennial Congress of the World Association of Theoretical and Computational Chemists“

Technische Universität Kaiserslautern – 2017 – Bunsentagung zum Thema „Physical Chemistry for Life Sciences“

Helmholtz-Zentrum Berlin – 2017 – Institute of Methods for Material Development: Strategietreffen „Solid-Liquid-Interface“

Universität Bielefeld – 2017 – Seminar für Experimentelle Physik

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg – 2017 - Theorieseminar der Theoretischen Chemie

MPI für Mikrostrukturphysik, Halle/Saale – 2016 – Institutseminar

MPI für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden – 2016 – Festkörperchemie Seminar

Ludwig-Maximilians-Universität München – 2016 – Theoretisches Chemie Seminar

Ruhr-Universität Bochum – 2016 – 52nd Symposium on Theoretical Chemistry: Chemistry in Solution

KAIST, Korea – 2016 – International EEWs Workshop on Water in Low Dimensional Materials

Philipps-Universität Marburg – 2016 – Seminar für Theoretische Chemie

Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft – 2016 – Theorie Seminar

Humboldt-Universität zu Berlin – 2016 – Seminar des Sonderforschungsbereich 1109

MPI für Kohlenforschung, Mülheim an der Ruhr – 2016 – Institutseminar

MPI für Polymerforschung, Mainz – 2016 – Theorie Gruppenseminar

## Preise

Georg-August-Universität Göttingen – 2016 – Physikalisch-Chemisches Kolloquium

ERC Starting Grant des European Research Council

## Funktionen

Mitglied des Fakultätsrat Naturwissenschaften

Mitglied des Departmentvorstands Chemie

Stellvertretender Vorsitzender des Paderborn Center for Parallel Computing (PC<sup>2</sup>)

## PROF. DR.-ING. ROLF MAHNKEN

### Referierte Publikationen

Ju, X.; Mahnken, R.: „Model adaptivity on effective elastic properties coupled with adaptive FEM“. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 322, 208–237, 2017

Ju, X.; Mahnken, R.: „Goal-oriented adaptivity for linear elastic micromorphic continua based on primal and adjoint consistency analysis“. *Int. J. Numer. Meth. Engrg.* 112, 1017–1039, 2017

Dammann, C.; Lenz, P.; Mahnken, R.: „Thermo-chemo-mechanical Effective Properties for Homogeneous and Heterogeneous *n*-Phase Mixtures with Application to Curing“. *Procedia CIRP* 66, 61-56, 2017

Mahnken, R.; Dammann, C.; Lenz, P.: „Thermo-chemo-mechanical Effective Properties for Homogeneous and Heterogeneous *n*-Phase Mixtures with Application to Curing“. *International Journal for Multiscale Computational Engineering* 15(4), 295-322, 2017

Düsing, M.; Mahnken, R.: „A coupled multiphase-field and carbon diffusion model for lower bainitic transformation“. *Proceedings of the Coupled Problems in Science and Engineering VII*, 993–998, 2017

### Nicht referierte Publikationen

Dammann, C.; Mahnken, R.; Lenz, P.: „Effective meso properties for fibre reinforced polymer curing“. *Proceedings of the 7th GACM Colloquium on Computational Mechanics* 11.-13. Oktober, 2017

Westermann, H.; Caylak, I.; Lenz, P.: „Mehrskalenmodellierung eines CFK-Fräßprozesses in Abaqus“. Studienarbeit am Lehrstuhl für Technische Mechanik an der Universität Paderborn, 2017

### Aktuelle Forschungsprojekte

„Thermomechanische Simulation des Hartdrehens mit makroskopischen Modellen und Phasenfeldmodellen“, Forschungsvorhaben im Schwerpunktprogramm SPP 1480 „Modellierung, Simulation und Kompensation von thermischen Bearbeitungseinflüssen für komplexe Zerspanprozesse“ zusammen mit Prof. Eckart Uhlmann, TU Berlin, Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Zeichen MA1979/13-3

„Zielorientierte adaptive Finite Elemente Methode für direkte und inverse Probleme von mikromorphen Kontinua“, Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Zeichen MA1979/17-1

„Intrinsische Herstellung hybrider Strukturkomponenten in einem modifizierten RTM-Prozess“, Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Zeichen MA1979/19-1, MA1979/19-2

„Stochastische Finite Element Methode für Hybride Systeme“, Projekt im Rahmen des NRW Fortschrittskollegs „Leicht-Effizient-Mobil“, seit dem 1. Oktober 2014. Förderinstitution: MIWF des Landes Nordrhein-Westfalen

„Fuzzy-stochastische Methoden für die polymorphe Unschärfemodellierung von Leichtbaustrukturen“, Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Zeichen MA1979/25-1

„Hierarchische Modelle zur adaptiven Kontrolle von Homogenisierungsmethoden“, Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Zeichen MA1979/30-1

„Experimente, Modellierung und Parameteridentifikation bei inhomogenen Verzerrungszuständen“, Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Zeichen MA1979/27-1

„Gezielte Einstellungen von martensitisch-bainitischem Mischgefüge und Mikrostrukturgradierungen für das Presshärten: Experimente und Simulation“, Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Zeichen MA1979/32-1

## Vorträge

„87. Jahrestagung der GAMM“, Weimar, Deutschland, 6.-10. März 2017

„VII International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering“, Rhodos, Griechenland, 12.-14. Juni 2017

„2nd International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering“, Rhodos, Griechenland, 15.-17. Juni 2017

„Wissenschaftscafé: Mobilität leicht gemacht – aber nachhaltig!“, Paderborn, Deutschland, 10 Juli 2017

„Workshop Komplex D SPP1886: Efficiency, meta models and reduction methods“, Erlangen, Deutschland, 14.-15. März 2017

„Workshop Komplex B SPP1886: Interaktion/Korrelation und Orts- und Zeitabhängigkeit unscharfer Größen“, Dresden, Deutschland, 4. Dezember 2017

„Denkschule 2017 - Leichtbau für nachhaltigen Klimaschutz“, Paderborn, Deutschland, 10.-11. Oktober 2017

„Computational Modelling of Multi-Uncertainty and Multi-Scale Problems“, Porto, Portugal, 12.-14. September 2017

„International Symposium on Multiscale Computational Analysis of Complex Materials Annual Meeting“, Kopenhagen, Dänemark, 29.-31. August 2017

Dammann, C.; Mahnken, R., Lenz P.: GAMM Annual Meeting „Derivation of (n)- and (n+1)-layered composite sphere models for thermo-chemo-mechanical effective properties“, Weimar, 6.-10. März 2017

Mahnken, R.; Dammann, C.: CIRP CCMPM „Thermo-chemo-mechanical Effective Properties for Homogeneous and Heterogeneous *n*-Phase Mixtures with Application to Curing“, Karlsruhe, 7.-9. Juni 2017

Ju, X.; Mahnken, R.: GAMM Annual Meeting „Error-controlled homogenization for a class of linear elastic composite problems“, Weimar, 6.-10. März 2017

Mahnken, R.; Dammann, C.: 7th GACM Colloquium on Computational Mechanics „Effective meso properties for fibre reinforced polymer curing“, Stuttgart, 11.-13. Oktober 2017

Ju, X.; Mahnken, R.: International Symposium on Multiscale Computational Analysis of Complex Materials „Error-controlled homogenization for functionally graded composite materials“, Copenhagen, Denmark, 29.-31. August 2017

Düsing, M.; Mahnken, R.: GAMM Annual Meeting „A coupled phase transformation and solute diffusion model for bainitic transformation“, Weimar, 6.-10. März 2017

Düsing, M.; Mahnken, R.: VII International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering „A coupled multiphase-field and carbon diffusion model for lower bainitic transformation“, Rhodos, Griechenland, 12.-14. Juni 2017



Dridger, A.; Caylak, I.; Mahnken, R.: GAMM Annual Meeting „A fuzzy finite element method for sparse experimental data based on a possibilistic approach“, Weimar, 6.-10. März 2017

Dridger, A.; Caylak, I.; Mahnken, R.; Penner, E.: 2nd International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering „A possibilistic approach for linear isotropic elasticity using the fuzzy finite element method“, Rhodos, Griechenland, 15.-17. Juni 2017

Penner, E.; Caylak, I.; Mahnken, R.: GAMM Annual Meeting „A multivariate stochastic material model with correlated material parameters“, Weimar, 6.-10. März 2017

Penner, E.; Caylak, I.; Mahnken, R.: 2nd International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering „Multidimensional stochastic material modeling at large deformations considering parameter correlations“, Rhodos, Griechenland, 15.-17. Juni 2017

Penner, E.; Dridger, A.; Mahnken, R.: Vernetzungsworkshop SPP 1886 „Fuzzy-Stochastische Methoden für die polymorphe Unschärfemodellierung von Leichtbaustrukturen“, Dresden, 12.-13. Mai 2017

Penner, E.; Dridger, A.; Mahnken, R.: Jahrestreffen SPP1886 „Fuzzy-Stochastische Methoden für die polymorphe Unschärfemodellierung von Leichtbaustrukturen“, München, 12.-13. Oktober 2017

Caylak, I.; Penner, E.; Dridger, A.; Mahnken, R.: Computational Modelling of Multi-Uncertainty and Multi-Scale Problems „Comparison between stochastic and possibilistic evaluation of rubber materials“, Porto, Portugal 12.-14. September 2017

Lenz, P.; Mahnken, R.; Dammann, C.: International Symposium on Multiscale Computational Analysis of Complex Materials Annual Meeting „Derivation of (n)- and (n+1)-layered composite sphere models for thermo-chemo-mechanical volumetric and deviatoric effective properties“, Kopenhagen, Dänemark, 29.-31. August 2017

Lenz, P.; Mahnken, R.; Dammann C.: GAMM Annual Meeting „The effective shear modulus for an n-layered composite sphere“, Weimar, 6.-10. März 2017

Mahnken, R.; Dammann, C.; Widany, K.U.: Optical Measurements for the Cold Forming of PC-Films and Tensile Bars, GAMM-FA Experimentelle Festkörpermechanik, Stuttgart, Germany, 2./3.5.2017

Mahnken, R., Dammann, C.: Analytische und numerische Berechnung von Hybridstrukturen, CCEV-Traineeprogramm, Paderborn 04.12.2017

Mahnken, R.: The concept of generalized stresses with applications to three model scenarios, ICCM5, ROME, Italy, 11.5.2017

## Wissenschaftliche Kooperationen

Prof. Kenneth Runesson, Chairs of Applied Mechanics, Chalmers University, Göteborg,

Schweden

Prof. Thomas Antretter, Institut für Mechanik, Montanuniversität, Leoben, Österreich

Dr. Michael Wolff, Zentrum für Technomathematik, AG Modellierung und PDEs, Bremen, Deutschland

## PROF. DR.-ING. GERSON MESCHUT

### Nicht referierte Publikationen

M. Bobbert, C. Dammann, Z. Wang, C. Zinn, R. Mahnken, G. Meschut, M. Schaper, T. Tröster: „Intrinsische Herstellung hybrider Strukturkomponenten in einem modifizierte RTM-Prozess“ in: Faszination hybrider Leichtbau 2016 - Beiträge zur gleichnamigen Tagung, ITS Automotive nord e.V.(Hrsg.), ISBN: 978-937655-40-6, 2016.

Z. Wang, M. Bobbert, C. Dammann, C. Zinn, C. Lauter, R. Mahnken, G. Meschut, M. Schaper, T. Tröster: „Influences of interface and surface pre-treatment on the mechanical properties of metal-CFRP hybrid structures manufactured by Resin Transfer Moulding“, International Journal of Automotive Composite, 2016, accepted.

M. Bobbert, F. Augenthaler, Z. Wang, T. Tröster, G. Meschut: „Novel process approach for in-situ insertion of functional elements in RTM-applications“, Journal of Materials Science Research, 2016.

R. Kießling, F. Hirsch, C. Dammann, M. Bobbert, M. Pohl, M. Kästner, „Hybrid Metal-Composite Interfaces: Aspects of Design, Characterisation, and Simulation“, Advanced Materials Research, Vol. 1140, pp. 255-263, 2016, DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.1140.255

R. Kießling, J. Ihlemann, M. Pohl, M. Stommel, C. Dammann, R. Mahnken, M. Bobbert, G. Meschut, F. Hirsch, M. Kästner, „On the Design, Characterization and Simulation of Hybrid Metal-Composite Interfaces“, Applied Composite Materials, DOI: 10.1007/s10443-016-9526-z

S. F. Koch, D. Barfuss, M. Bobbert, L. Groß, R. Grützner, M. Riemer, D. Stefaniak, Z. Wang, „Intrinsic Hybrid Composites for Lightweight Structures: New Process Chain Approaches“, Advanced Materials Research, Vol. 1140, pp. 239-246, 2016, DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.1140.239

Z. Wang, M. Riemer, S. F. Koch, D. Barfuss, R. Grützner, F. Augenthaler, J. Schwennen, „Intrinsic Hybrid Composites for Lightweight Structures: Tooling Technologies“, Advanced Materials Research, Vol. 1140, pp. 247-254, 2016, DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.1140.247

### Aktuelle Forschungsprojekte

„Analyse und Optimierung des Korrosions- und Alterungsverhaltens von hybriden Strukturen aus Metallen und CFK“: Im Rahmen des Vorhabens soll der Einfluss der Korrosion hybrider Bauteile auf die Bauteileigenschaften untersucht werden und durch eine systematisch wissenschaftliche, iterative Optimierung korrosions- und alterungsstabile hybride Bauteile entwickelt werden.

Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF), Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB)

Intrinsische Hybridverbunde für Leichtbaustrukturen - Grundlage der Fertigung, Charakterisierung und Auslegung (SPP 1712) „Intrinsische Herstellung hybrider Strukturkomponenten in einem modifizierten RTM-Prozess“: Ziel des Forschungsvorhabens ist die Erforschung und Entwicklung eines neuen RTM-Prozesses als Fertigungsverfahren für die intrinsische Herstellung zukünftiger hybrider Leichtbaukomponenten.

Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

„Beitrag zur Entwicklung eines ressourceneffizienten Verfahrens zur wirtschaftlichen Herstellung hochfester metallischer Leichtbaustrukturen“.

Förderinstitution:

Hohes Potential bietet neben der Entwicklung effizienter Triebwerke und der Verbesserung der Aerodynamik auch weiterhin die Reduktion des Strukturgewichts der Flugzeuge. Vor dem Hintergrund des Stoffleichtbaus hat die Anzahl an Strukturen aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) und damit einhergehend auch der Anteil hochfester Titanlegierungen in den letzten Flugzeuggenerationen stark zugenommen.

Die sehr guten metallurgischen und mechanischen Eigenschaften bringen jedoch gleichzeitig eine schwere Bearbeitbarkeit des Werkstoffes mit formgebenden Fertigungsverfahren mit sich. Eine signifikante Verbesserung der Umformeigenschaften ergibt sich erst bei Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius.

Die zeit- und temperaturabhängige Bildung von Oxid- und Diffusionsschichten bei der umformtechnischen Herstellung von blechbasierten Strukturteilen aus hochfesten Titanlegierungen unter erhöhten Temperaturen soll in einem Kooperationsprojekt, zwischen dem Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF) und der Heggemann AG, bezüglich der Einflüsse auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften untersucht werden.

Darüberhinaus ist es zureffizienten, qualitativ hochwertigen und reproduzierbaren Herstellung von blechbasierten Umformteilen zielführend, das Werkstoffverhalten durch den Aufbau einer validierten FE-Simulationskette vorherzusagen. Durch diesen Beitrag soll die optimale Bauteil- und Prozessauslegung ermöglicht und der prototypische Aufbau des Umformprozesses begleitet werden.

## PROF. DR.-ING. ELMAR MORITZER

### Referierte Publikationen

Moritzer, E.; Hüttner, M.; Henning, B.; Webersen, M.: „An Approach to Non-



Destructive Testing of Aged Polymers". 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Lyon, Frankreich, 2016

Moritzer, E.; Nordmeyer, T.; Enneking, L.; Grishin, A.; Knospe, A.; Buske, C.: "Development of an Inline Plasma Treatment during Injection Molding Process". 74th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Indianapolis, USA, 2016

Moritzer, E.; Budde, C.; Hüttner, M.: "Die Riveting – A New Joining Technology for Composite Sheet-Metal-Hybrid Joints". Joining in Car Body Engineering 2016, Bad Nauheim, Deutschland, 2016, S. 237-24

Moritzer, E.; Heiderich, G.: "Fiber Length Reduction during Shearing in Polymer Processing". 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), 2016, Lyon, Frankreich

Moritzer, E.; Martin, Y.: "Experimental Investigations on the Fibre Length Degradation in Injection Moulds". 32th International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Lyon, Frankreich, 2016

Moritzer, E.; Martin, Y.; Müller, E.: „Spritzgießdirektcompoundierung (SGDC) - Produktspezifische Materialentwicklung im Spritzgießprozess“. Kunststofftechnik - Spritzgießen 2016, 1. Auflage, Düsseldorf, VDI Verlag GmbH, 2016, S. 27-39, ISBN: 978-3-18-234344-8.

Moritzer, E.; Hüttner, M.; Henning, B.; Webersen, M.: "Non-Destructive Characterization of Hygrothermally Aged Polymers". 74th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Indianapolis, USA, 2016

Moritzer, E.; Heiderich, G.: "Fiber Length Degradation of Glass Fiber Reinforced Polypropylene during Shearing", 74th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Indianapolis, USA, 2016

Moritzer, E.; Schöppner, V.; Lakemeyer, P.; Nordmeyer, T.: „Plasmaunterstütztes Fügen von Kunststoffen“. Joining Plastics, 10. Jg. Heft 2, 2016, S. 100-108, ISSN: 1864-3450

Moritzer, E.; Hüttner, M.; Henning, B.; Webersen, M.: "The Development of a Non-Destructive Testing Method for the Characterization of Hygrothermally Aged Polymers". 69th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW), Melbourne, Australien, 2016

Moritzer, E.; Hüttner, M.; Henning, B.; Webersen, M.: „Zerstörungsfreie Charakterisierung des hydrothermischen Alterungsverhaltens von Polymeren“. 18. GMA/ITG Fachtagung Sensoren und Messsysteme, Nürnberg, Deutschland, 2016

Moritzer, E.; Heiderich, G.: "Fiber Length Degradation of Glass Fiber Reinforced Polypropylene during Shearing", 16th International Polymer Colloquium, Madison, Wisconsin, USA, 2016

E. Moritzer; M. Hopp: Bonding of Wood-

Plastic Composites (WPC) - Material and Surface Modification for Special Applications. In: Welding in the World, 61. Jg. Heft 5, 2017, S. 1029-1038, ISSN: 0043-2288.

E. Moritzer; T. Nordmeyer: Effect of an Inline-Plasma Treatment during Injection Molding Process on the Bonding Strength of Adhesive Bonded Joints. 33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Cancún (Mexiko), 2017

E. Moritzer; A. Hirsch; T. Nordmeyer: Effect of the Direct Injection Plasma (DIP) Treatment on the Bonding Strength of Adhesive Bonded Joints. 70th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW), Shanghai (China), 2017

E. Moritzer; M. Hopp: Bonding of Plastic Parts with Dispersion Adhesives - Film Formation via Diffusion Processes. 75th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Anaheim (USA), 2017

E. Moritzer; B. Landgräber: Comparison of the Processing Properties of Thermoplastics Elastomers and Thermoplastics Using Gas Assisted Injection Molding. 75th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Anaheim (USA), 2017

E. Moritzer; B. Landgräber; Y. Martin: Modeling and Simulation of the Inflation Step in the Two-Stage GITBlow-Process. 75th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Anaheim (USA), 2017

E. Moritzer; A. Hirsch; F. Bürenhaus: Entwicklung lastfallgerechter Fertigungsrichtlinien für FDM-Strukturen zur Verstärkung von Hybridbauteilen. Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V. - Additiv gefertigte Bauteile und Strukturen, Berlin (Deutschland), 2017

E. Moritzer; G. Heiderich; A. Hirsch: Fiber Length Reduction during Injection Molding. Europe-Africa Conference of the Polymer Processing Society, Dresden (Deutschland), 2017

E. Moritzer; B. Landgräber: Investigations on the Production of Hybrid Structures Using the Two-Stage GITBlow-Process. 33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Cancún (Mexiko), 2017

E. Moritzer; B. Landgräber; Y. Martin: Modeling and Simulation of the Inflation Step in the Two-Stage GITBlow-Process. 17th Annual International Polymer Colloquium (IPC), Madison (USA), 2017

E. Moritzer; A. Hirsch; C. Cherif; W. Trümper: Plastic Droplet Welding: Bond Strength between Plastic-Freeforming-Structures and Continuous-Fiber-Reinforced Thermoplastic Composites. 70th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW), Shanghai (China), 2017

E. Moritzer; A. Hirsch; K. Günther; F. Sonntag; U. Klötzbach; A. Lasagni: Universal Micromachining Platform and Basic Technologies for the Manufacture and

Marking of Microphysiological Systems. In: Micromachines, 8. Jg. Heft 8, 2017, S. 246, ISSN: 2072-666X.

## Nichtreferierte Publikationen

Moritzer, E.; Hüttner, M.; Henning, B.; Webersen, M.: "Detecting Molecular Damage - Non-Destructive Characterization of Molecular Changes in Aged Polymers". Kunststoffe international, 4/2016, Carl Hanser Verlag, 2016, S. 43-45, ISSN: 1862-4243

Moritzer, E.; Hüttner, M.; Henning, B.; Webersen, M.: „Ein Ansatz zur zerstörungsfreien Prüfung von hydrothermisch gealterten Polymeren“. Safe and Reliable Structures, Dalheim, Deutschland, 2016

Moritzer, E.; Kleeschulte, R.; Zavoral, S.; Kaiser, E.: „Gut gewickelt – Mit effektiver Topologieentwicklung zur belastungsorientierten Bauteilgeometrie einer Kunststoffspule für die Monofilindustrie“. Kunststoffe, 2/2016, Carl Hanser Verlag, 2016, S. 54-58, ISSN: 0023-5563

Moritzer, E.; Hüttner, M.; Henning, B.; Webersen, M.: „Molekulare Schäden auf der Spur - Zerstörungsfreie Charakterisierung molekularer Veränderungen in gealterten Polymeren“. Kunststoffe, 4/2016, Carl Hanser Verlag, 2016, S. 94-96, ISSN: 0023-5563

Moritzer, E.; Budde, C.; Hüttner, M.: „Organoblechnieten“. 22. Nationales Symposium SAMPE Deutschland e.V., Fürth, Deutschland, 2016

Moritzer, E.; Hüttner, M.; Henning, B.; Webersen, M.: „Ultraschallbasierte Charakterisierung von gealterten Polymeren“. WAK Jahresmagazin Kunststofftechnik, 2016, S. 98-103, ISSN: 1618-8357

Moritzer, E.; Fecke, N.; Landgräber, B.; Kern, W.; Kaynak, B.; Grundmeier, G.; Waschke, S.: „In Zukunft einfach Entformen - Neu entwickelte molekulare Beschichtungen sollen die Entformungskräfte beim Spritzgießen verringern, Kunststoffe 08/2016, Carl Hanser Verlag, S. 70-72

E. Moritzer; T. Westhues: Ansatz zur Beschreibung von unregelmäßig gefügten Kunststofffilamenten in Wirmattenstrukturen unter mechanischer Belastung. 25. Fachtagung Technomer, Chemnitz (Deutschland), 2017

E. Moritzer; B. Landgräber: Comparison of the Processing Properties of Thermoplastics Elastomers and Thermoplastics Using Gas Assisted Injection Molding. 75th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Anaheim (USA), 2017

E. Moritzer; C. Budde; M. Hüttner: Das Spritznieten von Organoblechen als neuartiges Fügeverfahren zur Herstellung von Composite-Metall-Hybridverbindungen. WerkstoffWoche 2017, Dresden (Deutschland), 2017

E. Moritzer; T. Nordmeyer: Development of an Inline Plasma Treatment during Injection

Molding Process for High Adhesive Strengths. 12th SPE Annual Automotive Engineering Plastics Conference (AutoEPCON), Detroit (USA), 2017

E. Moritzer; C. Budde; M. Hüttner; D. Krassmann: Entwicklung einer neuartigen Füge-technik für Organoblech-Hybridverbindungen. 7. Füge-technisches Gemeinschaftskolloquium, Dresden (Deutschland), 2017

E. Moritzer; T. Nordmeyer; M. Häußler: Inline Surface Activation in the Injection Molding Process for High Adhesive Strength. In: adhesion ADHESIVES & SEALANTS, 14. Jg. Heft 4, 2017, ISSN: 2192-2624.

E. Moritzer; T. Nordmeyer; M. Häußler: Inline-Oberflächenaktivierung im Spritzgießprozess für hohe Klebfestigkeiten. In: Adhäsion, 61. Jg. Heft 10, 2017, S. 46-51, ISSN: 1619-1919.

## Aktuelle Forschungsprojekte

„Ermittlung des hydrothermischen Alterungsverhaltens endlosfaserverstärkter Thermoplaste und Entwicklung eines ultraschallbasierten Messsystems zur zerstörungsfreien Charakterisierung des Alterungszustands für die Komponentenüberwachung und Restlebenszeitprädiktion 2“. Basierend auf der Erweiterung des grundlegenden Materialverständnisses von Organoblechen soll ein ultraschallbasiertes Messsystem zur zerstörungsfreien Charakterisierung des Alterungszustands entwickelt werden. In Abhängigkeit von den Einflussfaktoren Temperatur, Feuchtigkeit und Grad der Materialvorschädigung werden die Composites künstlich gealtert. Die dadurch bedingten chemischen und physikalischen Änderungen der Faserverbundlaminate führen zu einer Änderung der mechanischen und akustischen Kennwerte, wodurch die zerstörungsfreie Beurteilung des jeweiligen Alterungszustands der Organobleche ermöglicht wird. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

„ReCarbo - Entwicklung eines energie- und ressourcenschonenden Recyclingverfahrens für carbonfaserverstärkte Kunststoffe“. Die zentrale Zielsetzung in diesem Projekt ist die Entwicklung eines Verfahrens, welches unter dem Einsatz von Friktionswärme eine thermoplastische Kunststoffmatrix in einen Übergangszustand zwischen Schmelze und Feststoff versetzt und im selben Verfahrensschritt beigefügte Recycling-Carbonfasern zu einer homogenen Masse compoundingt. Das Ergebnis des Verfahrens soll ein carbonfaserverstärkter Kunststoff in Granulatform sein, welcher hinsichtlich der mechanischen Materialeigenschaften die Einhaltung derzeitiger Anforderungen gewährleistet. Das technologisch und wissenschaftlich anspruchsvolle Verfahren soll entscheidende Vorteile gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik (Doppelschneckenextruder) hinsichtlich energetischem Wirkungsgrad, Schädigung der Fasern sowie der thermischen Schädigung des thermoplastischen Matrixkunststoffs, aufweisen. Förderinstitution: Bundesministerium für

Bildung und Forschung (BMBF)

„Entwicklung von Auslegungsvorschriften für das Spritzgießsondervfahren GITBlow mit Hilfe einer durchgängigen FEM-basierten Prozesssimulation“. Ziel dieses Projektes ist die Erarbeitung von grundsätzlichen Verfahrens- und Auslegungsvorschriften für das Spritzgießsondervfahren GITBlow, basierend auf unterstützenden Simulationen, deren Validierung mit Hilfe von in vorherigen Forschungsprojekten und Entwicklungsarbeiten ermittelten empirischen Befunden durchgeführt werden kann. Diese Erkenntnisse sollen es zukünftig ermöglichen, das Aufblasverhalten diverser Geometrievariationen zu prognostizieren und GITBlow-basierte Kunststoffproduktenanwendungen vollständig im Vorfeld zu durchdringen und auszulegen. Um allgemeine Auslegungsvorschriften ermitteln zu können, ist ein umfassendes Grundverständnis der physikalischen Zusammenhänge von Prozess-, Material- und Geometrieparametern mit den definierten Zielgrößen des Verfahrens erforderlich. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

„Entwicklung hybrider Leichtbaustrukturen durch lokale Verstärkung von blasgeformten Hohlraumstrukturen“. Das an der Kunststofftechnik Paderborn entwickelte Spritzgieß-Sondervfahren GITBlow erlaubt die Herstellung hohler und besonders leichtgewichtiger Strukturen mittels Gasinjektionstechnik. Über eine automatisierte Einlegetechnik können Verstärkungsstrukturen, wie z.B. umgeformte Organobleche, während des Fertigungsprozesses in das Werkzeug eingelegt werden. Beim Aufblasen des GITBlow-Bauteils werden die beiden Elemente miteinander verbunden und ergeben so eine Hybridstruktur mit sehr guten Leichtbaukennwerten. Förderinstitution: Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

„Entwicklung eines neuartigen wärmeleitenden Kunststoffgehäuses für LED-Industrieleuchten – Entwicklung der Kunststofftechnik (Rezepturen, Analytik, Verbundhaftung)“. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Lampengehäuses aus Kunststoff, welches den Anforderungen eines Aluminiumgehäuses gerecht wird, gleichzeitig aber ein signifikant wirtschaftlicheres Herstellungsverfahren (Spritzguss) erlaubt. Die vorhandene Wärmemenge der LED soll durch den Einsatz wärmeleitfähiger Compounds aus dem Gehäuse transportiert werden. Förderinstitution: AiF (ZIM)

„Entwicklung einer modularen teilelastischen Spule für die Monofilindustrie“. Ziel des Projektes ist es, die vorhandenen Kosteneinsparpotentiale für Kunststoffspulen zu realisieren und durch eine völlig neuartige Konstruktion der Spule den Belastungen, denen die Mehrwegspulen im Laufe ihres Produktlebenszyklus unterworfen sind entgegenzuwirken, um so die Einsatzdauer signifikant zu steigern. Neben einem möglichst hohen Grad an Modularität der Einzelkomponenten (Flansch und Kern) ist es das vorrangige Ziel, die belastungsbedingten

irreversiblen Längenänderungen der Spule aufzufangen und durch das Zusammenspiel aus konstruktiver Entwicklung und eingesetzter Materialien in reversible Verformungen umzuwandeln. Im Hinblick auf die Festigkeitsdimensionierung und die topologische Entwicklung der Geometrie ist es notwendig die genaue Belastung der Spule durch das Wickelgut zu bestimmen. Förderinstitution: AiF (ZIM)

„Poly Lightweight Chain - Entwicklung einer Kunststoffförderkette für den Transport von leichtem Stückgut“. Zielstellung für das Forschungsvorhaben ist eine reine Kunststoffförderkette zu entwickeln und prototypisch umzusetzen, die gezielt die Anforderungen an Einsätze in der Medizintechnik, der Pharma- und Nahrungsmittelindustrie erfüllt. Diese Anforderungen beinhalten neben dem Transport leichter Stückgüter bei z.T. hohen Geschwindigkeiten vor allem Anforderungen hinsichtlich Hygiene und Prozesssicherheit. Diese Förderkette soll zur Substitution von am Markt befindlichen Kunststoff-Scharnierbandketten dienen. Förderinstitution: AiF (ZIM)

„Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von offenporigen, extrudierten Wirmatten aus thermoplastischen Polymeren und thermoplastischen Elastomeren“. Ziel des Projektes ist die verfahrenstechnische Prozess-Entwicklung zur Herstellung von extrudierten Wirrlagen-Produkten auf Basis thermoplastischer Polymere oder thermoplastischer Elastomere (TPE). Der Anwendungsbereich der Wirmatten ist vielschichtig, so sind z.B. Produktsubstitutionen in der Medizin- oder Sportbranche möglich. Förderinstitution: AiF (ZIM)

„Verfahrenstechnische Entwicklung einer funktionalen und faltbaren Abdeckung für Schüttgutbehälter“. Im Projekt ist die Entwicklung einer stabilen, faltbaren und kostengünstigen Abdeckung geplant, welche das Granulat vor Staub, Feuchtigkeit und Fremdstoffen schützt. Das Produkt besteht im Wesentlichen aus einem faltbaren Deckel und stabilisierenden Seitenteilen welche über flexible Scharniere miteinander verbunden sind. Die zentralen Forschungs- und Entwicklungsleistungen liegen in den abhängigen Bereichen Materialauswahl, Verbindungstechnik und Entwicklung der Bauteilelemente. Hervorzuheben sind hier vor allem das zentrale und variantenführende Deckelelement sowie die eine Faltbarkeit und einen Toleranzausgleich realisierenden „Scharniere“. Förderinstitution: AiF (ZIM)

„Entwicklung und Herstellung eines Kunststoffcompounds für die Produktion von Reihenklammern aus nachwachsenden Rohstoffen (Machbarkeitsstudie)“. Das Ziel des Projektes war die Herstellung eines Compounds auf Basis von Biopolymeren und geeigneten Additiven, um die strengen Voraussetzungen der Elektronikbranche zu erfüllen. Zudem wurde eine erste Evaluation des Sondervfahrens der Spritzgießdirektcompounding bzgl. der Rezepturenentwicklung flammgeschützter und biologisch basierter Polymere vorgenommen.

Förderinstitution: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR)

„Entwicklung einer Kunststofflinse für Operationsleuchten in der Medizintechnik; Modellierung und Simulation des Transferspritzpress-Prozesses“. In diesem Forschungsprojekt soll die Herstellung optisch transparenter Linsen mit einem Sonderverfahren, dem Transferspritzpressen, erfolgen. Der Hintergrund hierfür ist die Problematik der starken Scher- und Temperaturbeanspruchung der Schmelze in einem herkömmlichen Spritzgießprozess mit üblichen Heißkanalverteiler, wodurch hohe Ausschussraten der Linsen resultieren. Eine materialschonende Möglichkeit der Verarbeitung stellt das Transferspritzpressen dar, bei dem die Schmelze durch die kurzen Angüsse eine geringere Scherbeanspruchung erfährt, was zu deutlich geringeren Ausschussraten führt. Förderinstitution: AiF (ZIM)

„Effizienzsteigerung und neue Möglichkeiten im Mehrkomponentenspritzguss durch die Integration der Direktinjektion-Plasmatechnologie“. In diesem Projekt soll die Direktinjektion-Plasmabehandlung (DIP) in den 2K-Spritzgießprozess integriert und erforscht werden. Hierzu wird u.a. ein 2K-Spritzgießwerkzeug mit integrierter Plasmabehandlung zur Herstellung von Hart-/Weich-Verbundkörpern entwickelt. Des Weiteren soll die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems untersucht und verbessert werden. Förderinstitution: Projektträger Jülich, Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

„Entwicklung und Modellierung konstruktiver Gestaltungs- und Fertigungsrichtlinien für FDM-Strukturen zur partiellen Verstärkung von Hybridstrukturen“. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Modellierung konstruktiver Gestaltungs- und Fertigungsrichtlinien für FDM-Verstärkungsstrukturen, die lastfallgerecht angepasst sind und als partielle Verstärkung von Hybridstrukturen dienen sollen. In Abhängigkeit der Gestalt der Verstärkungsstruktur soll dabei eine gezielte Erhöhung der Festigkeit oder Steifigkeit für den jeweiligen Belastungsfall erreicht werden, wobei die erzeugte Struktur zwecks ressourcenschonenden Einsatzes ein möglichst geringes Gewicht aufweisen soll. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

„Entwicklung eines neuartigen Verfahrens zur Direktverarbeitung von Langfasern in Kunststoffspritzgießmaschinen“. Ziel des Projektes ist es, durch ein innovatives Anlagenkonzept einen Spritzgießprozess zu entwickeln, mit dem die Faserschädigung verstärkter Thermoplaste während der Plastifizierung gegenüber dem konventionellen Spritzgießprozess verbessert wird. Förderinstitution: AiF (ZIM)

„Corrosion and Abrasion Resistance of Anti-Adhesive Hybrid Coatings for Polymer Processing (CARACOAT)“. Innerhalb des Projekts wird ein 3-schichtiges, multifunktionales Werkzeugbeschichtungssystem im Spritzgussprozess entwickelt, um anti-adhäsive Eigenschaften und

Korrosionsbeständigkeiten zu optimieren. Des Weiteren werden neben einer Dauerhaltbarkeitsbetrachtung auch Untersuchungen der Reaktivierung der Beschichtungen durchgeführt, um die Umsetzbarkeit dieses Ansatzes in der Industrie gewährleisten zu können. Förderinstitution: AiF (IGF)

„Entwicklung einer neuartigen Füge-technik für Organoblech-Hybridverbindungen“. Die neuartige Füge-technik „Organoblech-Stempelnieten“ verbindet punktförmig endlosfaserverstärkte Thermoplaste mit metallischen Fügepartnern ohne Zusatzelement zu Hybridverbindungen. Dabei werden die Werkstoffeigenschaften des Organoblechs in Form einer definierten Umlenkung der Endlosfasern berücksichtigt und das vorliegende Leichtbaupotenzial genutzt. Nach einer ersten positiven Einschätzung des Potenzials der neuen Füge-technik, wird das Verfahren im Rahmen des Forschungsprojektes hinsichtlich seiner Prozesstechnik optimiert und der mechanischen Eigenschaften (statisch, dynamisch) charakterisiert, damit es anschließend wirtschaftlich nutzbar ist. Förderinstitution: AiF (IGF)

„Untersuchung zum statischen und dynamischen Langzeitverhalten von Schraubblindnietverbindungen“. Das Schraubblindnietverfahren kombiniert die Vorteile der Direktverschraubung von Kunststoffen mit dem Blindnieten. Der Schraubblindniet wird durch ein Bohrloch im Fügepartner gesteckt und mithilfe einer Schraube gestaucht, sodass sich ein Hinterschnitt ausbildet. Ziel des Projektes ist die Bestimmung von Abminderungsfaktoren für die sichere Auslegung unter Berücksichtigung von Geometrie, Umwelteinflüssen und Langzeitfestigkeit. Förderinstitution: AiF (IGF)

„Innovativer Direktauftrag von Pulverlacken in Spritzgießwerkzeugen zur Effizienzsteigerung und der Erzeugung neuer Materialeigenschaften“. In diesem Projekt sollen Spritzgießbauteile während des Spritzgießens mit einer Pulverbeschichtung versehen werden. Dazu wird an der Kunststofftechnik Paderborn ein in-situ Beschichtungsverfahren für den Spritzgießprozess entwickelt, bei dem der Pulverlack direkt im Werkzeug bei der Formgebung appliziert werden kann. Durch diese in-situ-Pulverbeschichtung können nachgelagerte Prozessschritte in den Prozess der Bauteilherstellung integriert und somit die zusätzlichen Transport-, Lagerungs- und Handlingskosten reduziert werden. Förderinstitution: Projektträger Jülich, Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

## Messen/ Tagungen/ Seminare/ Vorträge

„22. Nationales Symposium SAMPE Deutschland e.V.“, Fürth, Deutschland, 02.-03. Februar 2016

Workshop „Safe and Reliable Structures“, Dalheim, Deutschland, 03. März 2016

„Joining in Car Body Engineering 2016“, Bad

Nauheim, Deutschland, 19.-21. April 2016

„74th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC)“, Indianapolis, USA, 23.-25. Mai 2016

„16th International Polymer Colloquium“, Madison, Wisconsin, USA, 27. Mai 2016

„69th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW)“, Melbourne, Australien, 10.-15. Juli 2016

„32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS)“, Lyon, Frankreich, 25.-29. Juli 2016

„VDI-Jahrestagung Spritzgießen“, Baden-Baden, Deutschland, 16.-17. Februar 2016

„17th International Polymer Colloquium“, Madison, Wisconsin, USA, 05. Mai 2017

„12th SPE Annual Automotive Engineering Plastics Conference (AutoEPCON)“, Detroit, USA, 02. Mai 2017

„75th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC)“, Anaheim, USA, 08.-10. Mai 2017

„70th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW)“, Shanghai, China, 25.-30. Juni 2017

„Europe-Africa Conference of the Polymer Processing Society“, Dresden, Deutschland, 26.-29. Juni 2017

„WerkstoffWochen 2017“, Dresden, Deutschland, 27.-29. September 2017

„Additiv gefertigte Bauteile und Strukturen“, Berlin, Deutschland, 09.-10. November 2017

„25. Fachtagung Technomer“, Chemnitz, Deutschland, 09.-10. November 2017

„33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS)“, Cancún, Mexiko, 10.-14. Dezember 2017

„7. Füge-technisches Gemeinschaftskolloquium“, Dresden, Deutschland, 12.-13. Dezember 2017

## Wissenschaftliche Kooperationen

Prof. Dr.-Ing. Martin Bastian, Süddeutsches Kunststoffzentrum, Würzburg, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif, Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik, TU Dresden, Deutschland

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Walter Friesenbichler, Lehrstuhl für Spritzgießen von Kunststoffen, Montanuniversität Leoben, Österreich

Prof. Dr. Ulrich Giese, Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e. V., Hannover, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann, Institut für Kunststoffverarbeitung, RWTH Aachen, Deutschland

Univ. Prof. Mag. Dr. techn. Wolfgang Kern, Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe, Montanuniversität Leoben, Österreich

Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier, Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität



Hannover, Deutschland

## Preise/Auszeichnungen

Preisträger des Hochschulwettbewerbs „ZukunftErfindenNRW“ an die Kunststofftechnik Paderborn (KTP) und die Arbeitsgruppe Leichtbau im Automobil (LiA). Die Kooperationspartner erhielten in der Wettbewerbskategorie „Fortschritt durch Transfer“ den Preis für das Gemeinschaftsprojekt „Achsträger in hybrider Bauweise“. Ausschlaggebend für die Auszeichnung ist u.a. der erfolgreiche Wissens- und Technologietransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Form einer engen Zusammenarbeit mit der Benteler Automobiltechnik GmbH. 04. April 2017, Paderborn, Deutschland

## Funktionen

Vorsitzender des Fakultätentages für Maschinenbau und Verfahrenstechnik (FTMV);

Beiratsmitglied des Deutschen Kautschuk Instituts (DIK);

Mitglied der Society of Plastic Engineers (SPE);

Mitglied des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kunststofftechnik (WAK)

## PROF. DR.-ING. MIRKO SCHAPER

### Referierte Publikationen

Hengsbach, F.; Koppa, P.; Duschik, K.; Holzweissig, M.J.; Burns, M.; Nellesen, J.; Tillmann, W.; Tröster, T.; Hoyer, K.-P.; Schaper, M.: „Duplex stainless steel fabricated by selective laser melting - Microstructural and mechanical properties“. *Materials & Design*, Volume 133, Seiten 136-142, 2017

Brüggemann, J.-P.; Reschetnik, W.; Kullmer, G.; Richard, H.A.; Aydinöz, M.E.; Hoyer, K.-P.; Schaper, M.: „Optimierung der Werkstoffeigenschaften von selektiv laserschmolzenem Aluminium 7075“. 49. Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchmechanik und Bauteilsicherheit, 2017

Grydin, O.; Andreiev, A.; Briukhanov, A.; Briukhanova, Z.; Schaper, M.: „Evolution of microstructure and properties of a two-phase low-carbon steel at cold asymmetric rolling“. *Steel Research International*, Volume 8 (88), Seiten 1-9, 2017

Grydin, O.; Nürnberger, F.; Schaper, M.: „Influence of sticking on the roll topography at twin-roll casting of aluminum alloys“. *Light Metals 2017*, Springer, TMS, Seiten 827-831, 2017

Stolbchenko, M.; Grydin, O.; Schaper, M.: „Twin-roll casting of aluminum-steel clad strips: static and dynamic mechanical properties of the composite“. *Light Metals 2017*, Springer, TMS, Seiten 843-851, 2017

Andreiev, A.; Grydin, O.; Schaper, M.: „Influence of a rapid heating on the microstructure and properties of press-hardening steel sheets“. *Proceedings of the 3rd Pan American Materials Congress*, Springer, TMS, Seiten 723-736, 2017

Cieslar, M.; Bajer, J.; Zimina, M.; Slapakova,

M.; Grydin, O.: „Properties and microstructure of twin-roll cast Al-Mg alloy containing Sc and Zr“. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 179, Seiten 1-7, 2017

Stolbchenko, M.; Grydin, O.; Schaper, M.: „Influence of the surface roughness on the bonding quality in twin-roll cast clad strip“. *Materials and Manufacturing Processes*, 2017

Kustra, P.; Milenin, A.; Byrska-Wójcik, D.; Grydin, O.; Schaper, M.: „The process of ultra-fine wire drawing for magnesium alloy with the guaranteed restoration of ductility between passes“. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 247, Seiten 234-242, 2017

Wiesener, M.; Peters, K.; Taube, A.; Keller, A.; Hoyer, K.-P.; Niendorf, T.; Grundmeier, G.: „Corrosion properties of bioresorbable FeMn-Ag alloys prepared by selective laser melting“. *Materials and Corrosion*, 2017

Taube, A.; Reschetnik, W.; Pauli, L.; Hoyer, K.-P.; Kullmer, G.; Schaper, M.: „Numerische und mechanische Untersuchung additiv gefertigter TiAl6V4 Gitterstrukturen“. *Additive Fertigung von Bauteilen und Strukturen*, Herausgeber Richard, H.A.; Schramm, B.; Zipsner, T. Springer Verlag, 2017

Bondarenko, S.; Grydin, O.; Schaper, M.: „Investigation of dependence of temperature and strain on thin elements of profiled strips at twin-roll casting with an additional thermal resistance“. *Materials Working by Pressure*, Volume 1 (44), Seiten 89-95, 2017

Frolov, Ya.; Stolbchenko, M.; Andreiev, A.; Golovko, O.; Grydin, O.; Schaper, M.; Samsonenko, A.: „FEM analysis of multilayer pipes designed for subsea umbilicals“. *Plastic Deformation of Metals*, Ed. by Ya. Frolov, Dnipro, Accent PP, Seiten 159-171, 2017

Grydin, O.; Oginskyi, I.K.; Schaper, M.: „Technological casting-rolling line for experimental investigation of the twin-roll casting process at the Paderborn University“. *Plastic Deformation of Metals*, Ed. by Ya. Frolov, Dnipro, Accent PP, Seiten 210-220, 2017

Engelkemeier, K.; Grydin, O.; Schaper, M.: „Structured zinc oxide powder materials: Synthesis and further investigations of their thermal morphological stability“. *Powder Technology*, Volume 9 (319), Seiten 204-209, 2017

Tillmann, W.; Schaak, C.; Nellesen, J.; Schaper, M.; Aydinöz, M.E.; Hoyer, K.-P.: „Hot Isostatic Pressing of IN718 Components Manufactured by Selective Laser Melting“. *Additive Manufacturing*, Volume 13, Seiten 93-102, 2017

Grydin, O.; Stolbchenko, M.; Schaper, M.: „Deformation zone length and plastic strain in twin-roll casting of strips of Al-Mg-Si alloy“. *JOM*, Volume 12 (69), Seiten 2648-2652, 2017

Křivská, B.; Šlapáková, M.; Grydin, O.; Cieslar, M.: „The microstructure evolution of Al-Mg-Sc-Zr alloy after deformation by equal

channel angular pressing“. *Manufacturing Technology*, Volume 5 (17), Seiten 738-741, 2017

Schmidt, H.C.; Grydin, O.; Stolbchenko, M.; Homberg, W.; Schaper, M.: „Manufacturing of thin-walled clad tubes by pressure weldings of roll bonded sheets“. *AIP Conference Proceedings*, Volume 1896, 2017

Homberg, W.; Rostek, T.; Schaper, M.; Grydin, O.; Andreiev, A.; Brosius, A.; Tulke, M.: „Development of hybrid directionally reinforced structural parts for lightweight applications“. *AIP Conference Proceedings*, Volume 1896, 2017

Grydin, O.; Stolbchenko, M.; Schaper, M.: „Impact of steel substrate preheating on microstructure and properties of twin-roll cast aluminium-steel clad strips“. *Procedia Engineering*, Volume 207, Seiten 1695-1700, 2017

Lossen, B.; Andreiev, A.; Homberg, W.; Schaper, M.: „Friction-spinning-possibility of grain structure adjustment“. *Procedia Engineering*, Volume 207, Seiten 1749-1754, 2017

Pai, A.; Niendorf, T.; Krooss, P.; Koke, I.; Traechtler, A.; Schaper, M.: „Modelling the constitutive behaviour of martensite and austenite in shape memory alloys using closed-form analytical continuous equations“. *Smart Structures and Materials*, Ed. by A. Araujo and C.A. Mota Soares. Springer International Publishing, 2017, Seiten 41-66. ISBN 978-3-319-44505-2, 2017

## Patente

Grydin, O.; Oginskyi, I.K.; Bondarenko, S.V.; Schaper, M.: „Device for twin-roll casting of profiled strips“. Patent UA113368, publ. on 10.01.2017, filed on 04.01.2016, appl. No. a201600100

## Aktuelle Forschungsprojekte

„Hochtemperaturermüdungsverhalten von konventionellen sowie im Laserschmelzverfahren hergestellten, beschichteten, heißisostatisch gepressten Nickelbasis- Hochtemperaturlegierungen“ (in Kooperation mit Prof. Dr. W. Tillmann, TU Dortmund): Bei der Herstellung und Verarbeitung von Bauteilen aus Nickelbasislegierungen werden neben konventionellen schmelzmetallurgischen Techniken zunehmend neuartige Methoden wie das selektive Laserschmelzen angewendet, welches eine hohe Design- und Geometriefreiheit bietet. Ziel des Forschungsprojektes ist es, die Hochtemperaturermüdungseigenschaften von mittels SLM hergestellten Inconel 718 Legierungen, durch neuartige PVD-Beschichtungen kombiniert mit heißisostatischem Pressen, zu verbessern. Dazu wird neben einer eingehenden Oberflächencharakterisierung mittels Computertomographie auch das Volumen untersucht.

Förderinstitution: DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft

„Intrinsische Herstellung hybrider



Strukturkomponenten in einem modifizierten RTM-Prozess“ (in Kooperation mit Prof. Dr. T. Tröster, Prof. Dr. G. Meschut und Prof. Dr. R. Mahnken, Universität Paderborn): Ziel dieses Projektes im Schwerpunktprogramm 1712 ist die Entwicklung eines neuen Resin-Transfer-Moulding (RTM)-Prozesses zur intrinsischen Herstellung hybrider Leichtbaukomponenten durch das simultane Einlegen einer Metall- und einer trockenen Faserkomponente in die Werkzeugkavität. Nach der anschließenden Harzinjektion wird gleichzeitig sowohl die Faserverbundkomponente (FVK) ausgehärtet als auch die Verbindung zum Metall durch das Harz und damit eine Hybridstruktur hergestellt. Das Arbeitspaket des LWK umfasst die eingehende Materialcharakterisierung, die Optimierung der Haftung durch eine Oberflächenmodifikation mittels Lasertechnik und die Ermittlung von Eigenspannungen in der Grenzschicht.

Förderinstitution: DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft

„Untersuchung des Einflusses von Schichtarchitektur und Elementdotierung von diamantähnlichen Kohlenstoffschichten auf das Schädigungsverhalten bei zyklisch-mechanischer Beanspruchung“ (in Kooperation mit Prof. Dr. W. Tillmann, TU Dortmund): Zur Erhöhung von Standzeit und Leistungsfähigkeit von Werkzeugen für die Zerspanungstechnik werden verschiedene Ansätze verfolgt, wobei die Beschichtung mit diamantähnlichen Kohlenstoffschichten einen vielversprechenden Ansatz darstellt, welcher es ermöglicht die Reibung zu reduzieren und eine Härtesteigerung in der Oberfläche herbeizuführen. Allerdings besitzen diamantähnliche Kohlenstoffschichten hohe Eigenspannungen, eine geringe Temperaturbeständigkeit sowie eine starke Abhängigkeit der Eigenschaften von der Luftfeuchtigkeit. Ziel des Projektes ist es, die mechanischen Eigenschaften von diamantähnlichen Kohlenstoffschichten bei zyklisch-mechanischer Beanspruchung zu identifizieren, wobei die Identifikation der schädigungsrelevanten mikrostrukturellen Mechanismen erfolgen soll, um basierend auf diesen Erkenntnissen Schichtarchitekturen und Dotierungen gezielt einstellen zu können. Förderinstitution: DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft

„Untersuchung der Auswirkung von Eigenspannungen und Rauheit additiv gefertigter Bauteile auf die Beschichtbarkeit und Ermüdungsfestigkeit des Verbundsystems“ (in Kooperation mit Prof. Dr. W. Tillmann, TU Dortmund): Um die Leistungsfähigkeit von konventionell hergestellten Komponenten zu erreichen, müssen additiv gefertigte Komponenten mindestens dieselben Anforderungen erfüllen. Dazu gehört unter anderem die Möglichkeit, Oberflächen durch Beschichtungen funktionalisieren zu können und eine hinreichende Ermüdungsfestigkeit des Gesamtsystems „Komponente-Beschichtung“. Im Gegensatz zu bisherigen Forschungsarbeiten aus dem Bereich der Beschichtungstechnik wird nicht der Beschichtungsprozess oder ein neues Schichtsystem im Fokus

betrachtet, sondern ein junges und innovatives Herstellungsverfahren für die verwendeten Substrate. Somit werden Grundlagenuntersuchungen benötigt, die aufklären, welche neuen Herausforderungen durch die additive Fertigung, speziell mit metallischen Pulvern, für nachgeschaltete Beschichtungsprozesse entstehen. Es werden daher die Auswirkungen von Eigenspannungen und Oberflächenrauheit, als bekannte Restriktionen des Selective Laser Melting (SLM) Prozesses, auf die Beschichtbarkeit grundlegend untersucht und die dynamische Festigkeit des Gesamtsystems betrachtet.

Förderinstitution: DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft

„Wärmebehandlung von hochfesten Stählen für die Herstellung hybrider metallischer Strukturen mit gradierten Eigenschaften und deren mikrostrukturelle Charakterisierung“ (Im Rahmen des NRW Fortschritt kolleg „Leicht – Effizient – Mobil“): Pressgehärtete Bauteile sollen nicht nur hochfest, sondern auch ausreichend duktil sein, um in einer Crashesituation möglichst viel Energie aufnehmen zu können. Ziel des Teilprojektes ist die Auslegung einer integrierten Wärmebehandlungs- und Warmumformungstechnologie, die eine gemischte Mikrostruktur mit teilweise martensitischem und bainitischem Gefüge sowie feinen Karbiden aufweist. Im Rahmen des Projektes werden die Bleche unterschiedlichen thermo-mechanischen Behandlungen unter Nutzung der Kurzzeitaustenitisierung unterzogen, anschließend die Mikrostruktur und die mechanischen Eigenschaften analysiert und daraus Zusammenhänge zwischen der Mikrostruktur und den Eigenschaftscharakteristiken abgeleitet.

Förderinstitution: Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

„Leichtbau durch neuartige Hybridwerkstoffe“ (im Rahmen des Leitmarkt Wettbewerbs „Neue Werkstoffe“, in Kooperation mit Prof. Dr. T. Tröster, Prof. Dr. V. Peckhaus, Prof. Dr.-Ing. W. Homberg, Prof. Dr. rer. nat. W. Bremser, Prof. Dr. R. Kabst der Universität Paderborn, sowie Industrieunternehmen): Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung neuartiger Hybridwerkstoffe (faserverstärkte Kunststoffe und Stähle), die als Halbzeuge in nachfolgenden Fertigungsprozessen zu gewichtsoptimierten Bauteilen verarbeitet werden können. Der zentrale innovative Ansatz in diesem Projekt liegt in der erstmaligen Entwicklung einer methodischen Vorgehensweise für die Hybridwerkstoffentwicklung, die beispielhaft zur Entwicklung neuer Werkstoffe für ausgewählte Demonstratoren genutzt wird. Da jeder im Hybrid eingesetzte Werkstoff im Rahmen einer Funktionstrennung nur eine bestimmte für ihn definierte Aufgabe übernimmt, werden die hier entwickelten Einzelwerkstoffe für sich genommen unzureichend sein, erst im Hybrid wird sich im Zusammenspiel der Werkstoffe eine optimal funktionsfähige Komponente ergeben.

Förderinstitution: EFRE - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung, NRW

„Walzen von Aluminiumprofilen mit partieller Dickenvariation“: Halbzeuge, die durch das flexible Walzen in Längsrichtung eine voreingestellte, definierte Dickenvariation aufweisen, sind derzeit bei der Auslegung und Herstellung von belastungsangepassten Karosseriebauteilen weitgehend etabliert. Eine Erweiterung des Leichtbaupotenzials dieser Strukturbauteile kann durch das flexible Walzen von im Querschnitt vorprofilieren Bändern erreicht werden. Mit diesem Verfahren können Halbzeuge und somit Strukturbauteile mit einer dreidimensional gradierten Dickenvariation hergestellt werden. Ziel des Projektes ist daher die Erarbeitung der Grundlagen für die technologische und anlagentechnische Auslegung des Walzens von Aluminiumprofilen mit partieller Dickenvariation. Im Rahmen des Projektes werden werkzeug- und technologiespezifische Fragen gelöst, um eine robuste Herstellung von flexibel gewalzten Profilen sicherstellen zu können. Weiterhin werden anwendungsspezifische Parameter der thermo-mechanischen Behandlung experimentell bestimmt, mit Hilfe derer in den gewalzten Bändern die geforderten mechanischen Eigenschaften erzielt werden können.

Förderinstitution: Industrie

## Wissenschaftliche Kooperationen

Dr. rer. nat. habil. Bernd Breidenstein, Leibniz Universität Hannover

Prof. Arkadii Briukhanov, Süd-Ukrainische Pädagogische Universität, Ukraine

Prof. Alexander Brosius, Universität Dresden

Prof. Toshio Haga, Osaka Institute of technology, Japan

Prof. Hans Jürgen Maier, Universität Hannover

Prof. Andriy Milenin, AGH Krakau, Polen

Prof. Thomas Niendorf, Universität Kassel

Prof. Marion Merklein, Universität Erlangen-Nürnberg

Prof. Dmytro Orlov, Lund University, Schweden

Prof. Marco Paggi, Politecnico di Torino, Italien

Prof. Wolfgang Tillmann, TU Dortmund

Nationale Metallurgische Akademie der Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine

## Messen, Tagungen, Seminare, Vorträge

146th Annual Meeting and Exhibition TMS 2017, San Diego, USA, 26. Februar - 02. März 2017

GDA-Arbeitskreistreffen „Continuous Casting“, Xanten, Deutschland, 8.-9. März 2017

VDEh-Fachausschusssitzung „Werkzeugstähle“, Düsseldorf, Deutschland, 23. März 2017

Hannover Messe 2017, Hannover,

Deutschland, 24.-28. April 2017

Fachtagung 3D-Druck, Lüdenscheid, Deutschland, 03.-04. Mai 2017

11th International Scientific and Technical Conference "Plastic deformation of metals 2017", Dnipro, Ukraine, 22.-26. Mai 2017

EFB-Arbeitskreissitzung „Technologie“, Freiburg, Deutschland, 28. Juni 2017

FVA-Expertenkreissitzung „Additive Fertigung“, Frankfurt am Main, Deutschland, 05. Juli 2017

20th International Conference on Composite Structures ICCS20, Paris, Frankreich, 4.-7. September 2017

12th International Conference on Technology of Plasticity ICTP 2017, Cambridge, Großbritannien, 17.-22. September 2017

Werkstoffwoche 2017, Dresden, 27-29. September 2017

MS&T2017: Materials Science & Technology 2017, Pittsburgh, USA, 08.-12. Oktober 2017

PBA-Sitzung der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA) und Regulierte Elektroantriebe (GEA), Frankfurt am Main, Deutschland, 17. Oktober 2017

8th International Conference on Innovations in Thin Film Processing and Characterization ITFPC 2017, Nancy, Frankreich, 23.-27. Oktober 2017

DGM-Fortbildungsseminar „Einführung in die additive Fertigung“, Paderborn, Deutschland, 24.-26. Oktober 2017

2nd International Conference on Light Materials - Science and Technology LightMat2017, Bremen, Deutschland, 08.-10. November 2017

2. Tagung des DVM-Arbeitskreises „Additiv gefertigte Bauteile und Strukturen“ AM2017, Berlin, Deutschland, 09.-10. November 2017

Alloys for Additive Manufacturing Symposium AAMS2017, Dübendorf, Schweiz, 11.-12. November 2017

Informationstag und 50jähriges Jubiläum der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA), Würzburg, Deutschland, 29.-30. November 2017

## Funktionen

Ehrenmitglied der Akademie der Hochschulwissenschaften der Ukraine

Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V.

Mitglied im Deutschen Verband für Materialforschung und -prüfung e.V.

Mitglied im Wissenschaftlichen Arbeitskreis der Universitäts-Professoren der Werkstofftechnik

Mitglied im Zentrum für Festkörperchemie und neue Materialien

## PROF. DR.-ING. VOLKER SCHÖPPNER

### Referierte Publikationen

Schöppner, V.; Reinders, F.; Scharr, K.; Westhues, T.: "A New Sample Preparation

Method to Investigate Melting Phenomena within a Partly Filled Melting Zone of Co-Rotating Twin Screw". 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-32), Lyon, Frankreich, 25.-29. Juli, 2016

Schöppner, V.; Scharr, K.: „Abkühlvorgänge in der Thermoplastextrusion“. VDI-Wissensforum, „Extrusion thermoplastischer Kunststoffe“, Karlsruhe, 16.-17. November, 2016

Schöppner, V.; Scharr, K.; Westhues, T.: "Melting Phenomena and Sample Preparation Method Within a Partly Filled Melting Zone of Co-Rotating Twin Screw Extruders". Annual Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Conference Proceedings, 2016

Schöppner, V.; Scharr, K.; Kloke, P.: „Modellierung des Glasfaserlängenabbaus“. PolyMerTec, Merseburg, 2016

Schöppner, V.; Fischer, M.; Knoop, F.: "Characterization of different FDM materials". Inside 3D Printing Conference and Expo, Düsseldorf, 25.-26. Februar, 2016

Schöppner, V.; Fischer, M.; Seewald, O.: "Chemical Surface Treatment of Ultem 9085 Parts". Rapid.Tech 2016, Erfurt, 14.-16. Juni, 2016

Schöppner, V.; Fischer, M.: "Fatigue Behavior of FDM Parts Manufactured with Ultem 9085". 27th Solid Freeform Fabrication Symposium (SFF), Austin, USA, 8.-10. August, 2016

Schöppner, V.; Fischer, M.: "Fatigue Behaviour of Ultem 9085 Parts Manufactured by Fused Deposition Modeling". International Conference on Additive Technologies (iCAT), Nürnberg, 29.-30. November, 2016

Schöppner, V.; Knoop, F.; Kloke, A.: "Quality Improvement of FDM Parts by Parameter Optimization". 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-32), Lyon, Frankreich, 25.-29. Juli, 2016

Schöppner, V.; Knoop, F.; Lieneke, T.: "Reproducibility of the Dimensional Accuracy: Investigations for Fused Deposition Modeling". ASPE Summer Topical Meeting, Raleigh, USA, 28.-30. Juni, 2016

Schöppner, V.; Meilwes, P.: "Development of a method for a realistic and reproducible contamination of polymer melt filter". 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-32), Lyon, Frankreich, 25.-29. Juli, 2016

Schöppner, V.; Pohl, M.: "First insight into the High Speed Extrusion of Polycarbonate". 32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-32), Lyon, Frankreich, 25.-29. Juli, 2016

Schöppner, V.; Pohl, M.: „Fördervorgänge im Einschneckenextruder“. DER EINSCHNECKENEXTRUDER – VDI Wissensforum, Düsseldorf, 8.-9. März, 2016

Schöppner, V.; Reinders, F.; Trippe, J.: "Investigation of the Influence of Material and Pellet Shape on the Dissipation in the Solids Conveying Zone of Single-Screw Extruders Based on the Discrete Element Method (DEM)". 32nd International Conference of the

Polymer Processing Society (PPS-32), Lyon, Frankreich, 25.-29. Juli, 2016

Schöppner, V.; Trippe, J.: „Neue Erkenntnisse zur Feststoffförderung im Einschneckenextruder“. VDI-Seminar „Extrusionstechnik“, Köln, 21.-22. Juni, 2016

Schöppner, V.; Brockhaus, S.; Schadomsky, M.: „Steigerung der Wirtschaftlichkeit in der Kautschukverarbeitung durch die Entwicklung schnelllaufender Kautschuk-Extrusionsanlagen“. DKG-Jahrestagung 2016, Nürnberg, 01. Juni, 2016

Schöppner, V.; Fiebig, I.: "Investigation on Factors Influencing Fiber Orientation in Welding of Fiber Reinforced Thermoplastics". 69th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW), Melbourne, Australien, 10.-13. Juli, 2016

Schöppner, V.; Fiebig, I.; Lakemeyer, P.; Bates, P. J.; Zazoum, B.; Zak, G.; Duquesnay, D.: "Several Influences during Examinations of Laser Transmission Welding - Current Status". 69th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW), Melbourne, Australien, 10.-13. Juli, 2016

Schöppner, V.; Fiebig, I.: „Wirksame Faserverstärkung in der Schweißnaht beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen“. Sitzung des Fachausschusses 11 (Kunststofffügen) des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. (DVS), Düsseldorf, 05. April, 2016

Schöppner, V.; Fiebig, I.: „Wirksame Faserverstärkung in der Schweißnaht beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen“. Sitzung des Fachausschusses 11 (Kunststofffügen) des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. (DVS), Düsseldorf, 10. November, 2016

Schöppner, V.; Lakemeyer, P.: „Entwicklung eines Prozessprinzips zum Laserdurchstrahlenschweißen ohne Spannwerkzeug anhand eines Praxisbeispiels“. DVS-AGW 4.12 Sitzung Laserschweißen von Kunststoffen, Ludwigshafen, 2016

Schöppner, V.; Schadomsky, M.; Walter, J.: „Bestimmung der Mischgüte bei Kautschukstiftextrudern auf Basis experimenteller und simulativer Methoden.“, 25. Fachtagung Technomer, Chemnitz (Deutschland), 2017

Schöppner, V.; Scharr, K.: „Differenzierte Betrachtung der Energieeinträge in Feststoffförder- und Aufschmelzzonen gleichläufiger Doppelschneckenextruder.“ 43. Deutsche Compoundiertagung, Nürnberg (Deutschland), 2017

Schöppner, V.; Knoop, F.; Lieneke, T.: „Dimensional Tolerances for Additive Manufacturing: Fused Deposition Modeling.“ Inside 3D Printing Conference and Expo, Düsseldorf (Deutschland), 2017

Schöppner, V.; Walter, J.: "Distinction of Measurement - Related and Material - Related Scattering of the Young's Modulus in Thermoplastics while Measurement by Quasi - Static Tensile Testing." Europe - Africa

- Conference of the Polymere Processing Society, Dresden (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Scharr, K.; Weinlein, R.; Knieper, A.: „Energieeintrag in Feststoffförder- und Aufschmelzonen gleichläufiger Doppelschneckenextruder.“ 25. Fachtagung Technomer, Chemnitz (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Reinders, F.; Müller-Roosen, M.; Dill, S.; Kaya, A.: „Entwicklung einer umweltverträglichen und unbedecklichen flammgeschützten Polyethylen-Blasfolie.“ 25. Fachtagung Technomer, Chemnitz (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Fischer, M.: „Fatigue Behavior of FDM Parts Manufactured with Ultem 9085.“ JOM – The Journal of the Minerals, Metals & Materials Society (TMS), 69. Jg. Heft 3, 2017, S. 563-568, ISSN: 1047-4838
- Schöppner, V.; Trippe, J.: „Feststoff effizienter fördern.“ Kunststoffe, 107. Jg. Heft 2, 2017, S.47-52, ISSN: 1047-4838.
- Schöppner, V.; Meilwes, P.: „Filterverschmutzung berechenbar machen.“ Kunststoffe, 107. Jg. Heft 8, 2017, S.58-61, ISSN: 0023-5563.
- Schöppner, V.; Pohl, M.: „High Speed Extrusion of Modified Polycarbonate.“ 33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Cancún (Mexiko), 2017
- Schöppner, V.; Lakemeyer, P.; Wübbecke, A.; Geißler, S.; Schmidt, M.: „Investigation of Residual Stress in Laser Transmission Welding of Polypropylene.“ 70th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW), Shanghai (China), 2017
- Schöppner, V.; Resonnek, V.: „Investigation of the Barrel Temperature Profile on the Process behavior of single screw Extruders and Strategies to Determine the Optimal Temperature Control.“ 33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Cancún (Mexiko), 2017
- Schöppner, V.; Scharr, K.: „Investigation of the Temperature Development within the Solid Conveying Zone of The-Screw Extruder Based on the Discrete Element Method (DEM).“ Europe-Africa Conference of the Polymer Processing Society, Dresden (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Lakemeyer, P.: „Laser Transmission Welding of Automotive Head Lamps without Clamping Tool.“ In: Welding in the World, Onlineausgabe, 2017, S. 589-602, ISSN: 1878-6669.
- Schöppner, V.; Lakemeyer, P.; Bates, P.; Zazoum, B.; Zak, G.; Duquesnay, D.: „Matching of Laser Intensity Distribution for Laser Transmission Welding of Thermoplastics.“ Welding in the World, Onlineausgabe, 2017, S. 1247-1252, ISSN: 1878-6669.
- Schöppner, V.; Reinders, F.; Müller-Roosen, M.; Morandini, P.; Wolfring, M.; Terwolbeck, S.; Dill, S.: „Mehrschichtaufbau zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von ökologisch unbedenklichen Flammenschutzfolien.“ 25. Fachtagung Technomer, Chemnitz (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Trippe, J.: „Modeling of the Solid Throughput and Pressure Build-Up of Single Screw Smooth Barrel Extruders under Consideration of the Backpressure and High Screw Speeds.“ 33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Cancún (Mexiko), 2017
- Schöppner, V.; Meilwes, P.: „Modelling the Contamination Behaviour of Polymer Melt Filters.“ 33rd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Cancún (Mexiko), 2017
- Schöppner, V.; Reinders, F.: „Modelling the Monoaxial Stretching of Polypropylene Films by a Nonlinear Spring Dashpot.“ 75th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Anaheim (USA), 2017
- Schöppner, V.; Scharr, K.: „Phänomenorientierte Untersuchung der Feststoffförderzonen gleichläufiger Doppelschneckenextruder mithilfe der DEM-Simulation.“ Zeitschrift Kunststofftechnik / Journal of Plastics Technology, 13. Jg. Heft 3, 2017, S. 196-211; ISSN: 0023-5563
- Schöppner, V.; Fiebig, I.: „Potentiale zur Erhöhung der Schweißnahtfestigkeit faserverstärkter Thermoplaste, 25. Fachtagung Technomer, Chemnitz (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Knoop, F.; Lieneke, T.: „Reproduzierbarkeit der Maßhaltigkeit im Fused Deposition Modeling.“ RapidTech 2017, Erfurt (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Schadomsky, M.; Diekmann, C.; Schneider, M.: „Schnelllaufender Einschneckenextruder mit Direktantrieb.“ Kunststoffe, 107. Jg. Heft 10, 2017, S. 170-174, ISSN: 0023-5563
- Schöppner, V.; Scharr, K.: „Simulation von Doppelschneckenextrudern – Einblicke in das Gemeinschaftsforschungsprojekt SIGMA.“ 12. Würzburger Compoundiertage, Würzburg (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Lakemeyer, P.: „Simulation-Based Investigations of the Temperature Influence during Laser Transmission Welding of Thermoplastics.“ 70th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW), Shanghai (China), 2017
- Schöppner, V.; Lakemeyer, P.; Reinders, F.: „Simulation-Based Investigations of the Temperature Influence during Laser Transmission Welding of Thermoplastics.“ 75th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC), Anaheim (USA), 2017
- Schöppner, V.; Bayazian, H.; Reinders, F.; Goebel, C.: „Degradation of Bimodal Distribution Polypropylene and Polyethylene during the Extrusion Process.“ Europe – Africa Conference of the Polymer Processing Society, Dresden (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Schumacher, C.; Guntermann, J.: „Considering Machine- and Process-Specific Influences to Create Custom-Built Specimens for the Fused Deposition Modeling Process.“ 28th Annual International Solid Freeform Fabrication Proceedings (SFF) – An Additive Manufacturing Conference, Austin (USA), 2017
- Schöppner, V.; Knoop, F.: „Geometrical Accuracy of Holes and Cylinders Manufactured with Fused Deposition Modeling“, 28th Annual International Solid Freeform Fabrication Proceedings (SFF) – An Additive Manufacturing Conference, Austin (USA), 2017
- Schöppner, V.; Fiebig, I.; Lakemeyer, P.: „Opportunities in Welding of Fiber-Reinforced Thermoplastics for Different Weld Positions in Injection-Molded Parts“. 70th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW), Shanghai (China), 2017

## Nicht referierte Publikationen

- Schöppner, V.; Schadomsky, M.; Hopmann, Ch.; Lemke, F.: „Analyse des Mischverhaltens von Stiftextrudern mit simulativen und experimentellen Methoden“. KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe, 4/2016, Hüthig Verlag, 2016
- Schöppner, V.; Sporkmann, F.; Herken, T.: „Partikel und Schmelze im dynamischen Netz – Schnelle und praxisnahe CFD-Simulation von Extrusionsprozessen“. Zeitschrift „Kunststoffe“, Carl Hanser Verlag, S. 70-75, Ausgabe 11/2016
- Schöppner, V.; Meilwes, P.: „Realitätsnah und definiert verschmutzen“. Zeitschrift „Kunststoffe“, Carl Hanser Verlag, Ausgabe 08/2016
- Schöppner, V.; Brockhaus, S.; Penner, C.; Möckel, J.: „Auswirkungen von Betriebsparametern in der Heißluftvulkanisation“. Gummi Fasern Kunststoffe 69, S.410-413, Ausgabe 07/2016
- Schöppner, V.; Fiebig, I.: „Influence of the Initial Fiber Orientation on the Weld Strength in Welding of Glass Fiber Reinforced Thermoplastics“. International Journal of Polymer Science, Volume 2016, Article ID 7651345, 2016
- Schöppner, V.; Fiebig, I.: „Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen: Erhöhung der Wirksamkeit der Faserverstärkung in der Schweißnaht“. WAK-Jahresmagazin Kunststofftechnik, S. 120-126, 2016
- Schöppner, V.; Moritzer, E.; Lakemeyer, P.; Nordmeyer, T.: „Plasmaunterstütztes Fügen von Kunststoffen“. Joining Plastics, 10. Jg. Heft 2, S. 100-108, 2016
- Schöppner, V.; Evers, F.; Lakemeyer, P.: „The influence of welding processes on the weld strength of flame-retardant materials“. Welding in the World, 2016
- Schöppner, V.; Reinders, F.: „Modellierung des Reckprozesses von mono- und biaxial verstreckten Polypropylenfolien.“ Werkstoffwoche 2017, Dresden (Deutschland), 2017
- Schöppner, V.; Schumacher, C.; Guntermann, J.: „Beurteilung der Schweißnahtfestigkeiten verschiedener Kunststoffe im FDM-Prozess.“ Jahresmagazin Kunststofftechnik 2017, S. 108 – 114, ISSN: 1618 – 8367



## Aktuelle Forschungsprojekte

„Beanspruchungsorientiertes Prozessverständnis und -optimierung beim Kunststoffschweißen am Beispiel des Laserdurchstrahlschweißens“: Die Eigenschaften der Schweißnaht ergeben sich direkt aus der Morphologie, welche durch das jeweilige Temperaturprofil während der Schweißung erzeugt wird. Anhand des Laserdurchstrahlschweißens soll untersucht werden, welche Morphologie zu optimalen mechanischen Eigenschaften führt. Dazu werden mittels unterschiedlicher Laserwellenlängen und Schweißparametern diverse Temperaturprofile erzeugt. Anschließend werden die mechanischen Eigenschaften ausführlich bestimmt und mithilfe von optischen Prüfverfahren die Morphologie charakterisiert. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

„DMRC-Projekt Toleranzen“: Das Ziel dieses Projektes ist, ausführliche Kenntnisse über die Bauteilqualität von FDM-Bauteilen aus dem Material ABS zu erhalten. Dafür müssen nicht nur die mechanischen Festigkeitswerte untersucht werden, sondern auch die Einflussgrößen auf die Festigkeiten erarbeitet werden. Auch ist das Wissen über mögliche Oberflächennachbearbeitungsmethoden vonnöten, um erforderliche Anforderungen an die Oberfläche zu erfüllen. Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt ist die Maßgenauigkeit der gefertigten Bauteile, da in einigen Anwendungen eine sehr hohe Passgenauigkeit erforderlich ist. Förderinstitution: Land NRW, Direct Manufacturing Research Center DMRC

„Entwicklung von umweltverträglichen, unbedenklichen, anwendungsverbesserten Flammschutzmitteln für Polyethylen-Blasfolien bei Erhaltung der mechanischen Folieneigenschaften“: Im Bereich der Compoundiertechnik werden in einem aktuellen Forschungsprojekt halogenfreie und damit umweltfreundliche Flammschutzmittel für Folienanwendungen entwickelt. Die Herausforderung liegt hier bei der Verarbeitung von hochviskosen Polyethylen für die Blasfolienanwendung mit relativ hohen und scherpempfindlichen Füllstoffanteilen. Neben der Herstellung der neuen Materialien werden auch die mechanischen Eigenschaften der Compounds getestet und eine Brandprüfung durchgeführt. Förderinstitution: Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

“Fatigue Behavior of FDM and LS Parts”. In diesem Projekt werden dynamische Materialkennwerte für Laser Sintering (LS) - Bauteile aus dem Material Polyamid 12 (Typ PA 2200) sowie Fused Deposition Modeling (FDM) - Bauteile aus den Materialien Ultem 1010 und Ultem 9085 ermittelt. Weiterhin wird das Kriechverhalten von Ultem 1010 und Ultem 9085 sowie der Einfluss der chemischen Oberflächennachbehandlung auf die mechanischen Kennwerte der additiv hergestellten Polymerbauteile analysiert. Förderinstitution: Land NRW, Direct Manufacturing Research Center (DMRC)

„Gradierte Strukturen in amorphen Kunststoffen: Herstellung von

eigenverstärktem Polycarbonat“: Ziel des Projekts ist die Herstellung von eigenverstärkten Polycarbonatfolien mit hohen Festigkeiten und Schlagzähigkeiten. In vielen gereckten Materialien aus Polypropylen, Polyethylen und PET wird bereits eine Festigkeitssteigerung der teilkristallinen Phase durch Recken genutzt. Zur Herstellung von eigenverstärktem Polycarbonat soll genau das gleiche Prinzip wie bei der Herstellung eigenverstärkter teilkristalliner Kunststoffe genutzt werden. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG im Rahmen des Sonderforschungsbereichs Transregio 30

„Hochgeschwindigkeitsextrusion amorpher Polymere am Beispiel von Polycarbonat (PC) und Polymethylmethacrylat (PMMA)“: Ziel dieser Forschungsvorhaben ist es, durch die Ergründung der auftretenden physikalischen Phänomene ein grundlegendes Prozessverständnis hinsichtlich der Verarbeitung von PC und PMMA bei hohen Schneckenrehzahlen (2100min<sup>-1</sup> bzw. einer Umfangsgeschwindigkeit von 3,3m/s) zu entwickeln- und Regeln für eine optimale Prozessführung und Schneckenengeometrie abzuleiten.. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

„Materialabbau von Schmierfetten in Zentralschmieranlagen“: Schmierfette werden auf Grund ihrer besseren Abdichtung und guten Schmiereigenschaften in Zentralschmieranlagen eingesetzt. Durch Beanspruchung, wie Druck, Temperatur und hohen Scherkräften werden diese jedoch stark beschädigt und verlieren ihre Eigenschaften. Um dem entgegen zu wirken, werden ausgewählte Schmierfette hinsichtlich ihres Abbaus untersucht, charakterisiert und ein Modell zur Simulation erstellt. Förderinstitution: EUGEN WOERNER GmbH & Co. KG

„Materialentwicklung für das Fused Deposition Modeling“. Ziel dieses Projektes ist es die Anforderungen an Materialien und Halbzeuge, welche in strangablegenden 3D-Druckverfahren verarbeitet werden, zu untersuchen. Durch den Ausbau des Prozessverständnisses soll eine Wissensbasis erstellt werden, mit welcher die Materialvielfalt in strangablegenden 3D-Druckverfahren gesteigert werden kann. Dieses Projekt wird in Kooperation mit der ALBIS PLASTIC GmbH und im Rahmen des NRW Fortschrittskollegs „Leicht - Effizient - Mobil“ (FK LEM) durchgeführt. Als eines der sechs im Jahre 2014 eingerichteten Fortschrittskollegs wird das FK LEM vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung (MIWF) des Landes Nordrhein Westfalen gefördert. Förderinstitution: Albis Plastics GmbH, Land NRW

„Mischerauslegung bei hohen Scherraten/schnelllaufenden Extruderschnecken“: In diesem Projekt wird in Zusammenarbeit mit der esde Maschinentechnik GmbH eine spezielle Mischzone für schnelllaufende Einschnckenextruder entwickelt, so dass dieses Maschinenkonzept auf der Basis des dispersen Aufschmelzens unabhängig von der Geometrie und dem Materialtyp des zu verarbeitenden Polymers materialschonend

qualitativ hochwertige Schmelze bereitstellt. Förderinstitution: Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

„Modellierung der Einzugszone von Einschnckenextrudern im Hochgeschwindigkeitsbereich unter Berücksichtigung des Druckaufbaus“: Feststoffförderung ist ein wichtiger Teilprozess der Kunststoffextrusion. Deren genauere Untersuchung und Modellierung unter Berücksichtigung des Druckaufbaus bei hohen Schneckenumfangsgeschwindigkeiten ist Ziel dieses Forschungsantrags. Dazu werden umfangreiche Messungen und Diskrete Elemente Simulationen entwickelt, durchgeführt und ausgewertet. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

„Numerische Simulation teilgefüllter Kanäle in der Doppelschnckenextrusion“: Ziel des Projektes ist es, durch die Zusammenarbeit der Kooperationspartner KTP und IANUS die dreidimensionale Strömungssimulation von Teilschmelzen in strukturviskosen Fluiden zu ermöglichen. Im Speziellen werden Informationen zur Position und Geschwindigkeit der Partikel entwickelt. Aus den Berechnungen lassen sich auch Größen wie z. B. die Rotation oder ggf. Kollision der Partikel und die thermodynamischen Einflüsse beim Aufschmelzen im Verlauf der Strömung ableiten. Förderinstitution: Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

„Untersuchung des Einflusses der Zylindertemperaturführung auf das Prozessverhalten von Einschnckenextrudern und Auslegung einer geeigneten Zylindertemperaturregelung“: Die Produktqualität von Kunststoffherzeugnissen hängt nicht nur von der chemischen Zusammensetzung der Ausgangspolymere, sondern auch von den Bedingungen bei der Aufbereitung und Verarbeitung des Materials ab. Hierbei beeinflusst die Temperaturführung die Materialeigenschaften und die Wirtschaftlichkeit des Prozesses enorm. Dabei müssen sich Anlagenbetreiber großen Herausforderungen stellen, die verlangte Schmelzequalität, bei gleichzeitig hohen Durchsätzen, zu halten. Daher ist das Ziel dieses Forschungsvorhabens die Erarbeitung einer Strategie für die automatisierungsfähige Suche einer optimalen Zylinderwandtemperatureinstellung für Einschnckenextruder. Förderinstitut: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

„Untersuchung material- und granulatformabhängiger Einflüsse auf die Dissipation in der Feststoffförderung von Einschnckenextrudern“: Bei der Modellierung des Prozessverhaltens von Schnckenmaschinen nimmt die Betrachtung der Granulatform und -größe eine eher untergeordnete Rolle ein und wird nur bei der Auslegung von Nutbuchsen betrachtet. Die Granulateigenschaften haben aber großen Einfluss auf das Strömungs- und Dissipationsverhalten des Materials im Schnckenkanal. Diese Einflüsse detailliert zu untersuchen und zu modellieren ist Ziel dieses Forschungsvorhabens. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG



„Untersuchung von Aufschmelzzonen für das wirtschaftliche Compoundieren auf gleichläufigen Doppelschneckenextrudern“: Ziel des Projektes ist die Modellierung des initialen Aufschmelzen von polymeren Materialien auf dichtkämmernden gleichläufigen Doppelschneckenextrudern, um innerhalb eines Aufschmelztools den Energieeintrag zwischen Feststoff- und Schmelzeförderung berechenbar zu machen. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), Forschungs-Gesellschaft Verfahrens-Technik e.V. (GVT)

„Entwicklung von Dünnschichtthermoelementen zur Inline-Schmelztemperaturmessung am Beispiel der Folienherstellung“ Lokale Temperaturunterschiede in der Schmelze führen zu unerwünschten Viskositätsunterschieden, die den Produktionsprozess stören und erhebliche Qualitätsmängel hervorrufen. Daher ist die Messung der auftretenden Temperaturen während der Extrusion im Werkzeug erforderlich um auf Veränderungen unmittelbar zu reagieren. Zu diesem Zweck ist als Projektziel die Entwicklung von Dünnschichtthermoelementen unter Berücksichtigung einer konturfolgenden Integration in das Extrusionswerkzeug ohne Schmelzeflussstörungen definiert worden. Das Projekt wird in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Werkstofftechnologie (LWT, TU Dortmund) durchgeführt. Forschungsinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)

„Verifizierung des erzielbaren Aufreinigungsgrades von metallischen Polyesterschmelzefiltern sowie des Verschmutzungsverhaltens zur Validierung des vom Projektpartner konzipierten Reinigungsprozesses“: Die übergeordnete Gesamtzielsetzung des Projektes betrifft die „Wissenschaftliche und messtechnische Begleitung des vom Projektpartner zu entwickelnden zweistufigen Verfahrens zur flexiblen Reinigung von Polyesterschmelzefiltern, wobei die in Abhängigkeit verschiedener Prozessparameter des Projektpartners erzielbaren Aufreinigungsgrade sowie die zugehörige evtl. Vorschädigung des Filters ermittelt werden“. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF, Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand ZIM

„Wirksame Faserverstärkung in der Schweißnaht beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen“: Beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen sind die Fasern in der Schweißnaht quer zur Fügeichtung ausgerichtet. Faserverstärkung von Thermoplasten ist jedoch nur dann wirksam, wenn die Fasern in Belastungsrichtung, d.h. in Fügeichtung, orientiert sind. Um die Schweißfaktoren beim Schweißen von faserverstärkten Thermoplasten deutlich zu erhöhen, indem ein Ineinanderragen der Fasern in den jeweils anderen Fügepartner realisiert wird, werden in dem Forschungsvorhaben unterschiedliche Ansätze untersucht. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen

(AiF), Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS)

„Verbesserung der zeitlichen Prozessstabilität und der Homogenität des Extrudats bei schnelllaufenden Kautschukextrusionsprozessen“: Die Restriktion einer Durchsatzsteigerung bei der Kautschukextrusion liegt nicht mehr in dem Erreichen einer kritischen Massetemperatur, sondern viel mehr in der mangelhaften Homogenität der Schmelze sowie der geringen zeitlichen Prozessstabilität. Forschungsziel in diesem Projekt ist es, die Homogenität des Extrudats sowie die zeitliche Prozessstabilität zu verbessern. Mit Hilfe computergestützter Strömungssimulationen sollen neue Erkenntnisse über den Kautschukextrusionsprozess gewonnen werden. Auf Basis der Simulationsergebnisse erfolgt eine geeignete Schneekenauslegung. Durch den Einsatz geeigneter Zylinderbeschichtungen werden Slip-Stick-Effekte in Werkzeugnähe verringert, was zu einer Stabilisierung des Gegendrucks führt. Forschungsinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF, Deutsche Kautschukgesellschaft DKG

„Simulation von Mischelementen“: Eine thermisch und stofflich homogene Kautschukschmelze stellt die Grundlage für qualitativ hochwertige Extrusionsprodukte dar. Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Angewandte Mathematik und Numerik (LS3, TU Dortmund) steht in diesem Projekt daher die Steigerung der Mischwirkung im Kautschukextruder auf Basis experimenteller und simulativer Methoden unter besonderer Berücksichtigung der viskoelastischen Materialmodellierung im Fokus. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF, Deutsche Kautschukgesellschaft DKG

„Entwicklung einer Software für die automatisierte dreidimensionale Berechnung von strukturviskosen faserverstärkten Polymerschmelzen“: Ziel des Projektes ist es, durch die Zusammenarbeit der Kooperationspartner KTP und IANUS eine Software zu entwickeln, mit der es möglich ist dreidimensionale Strömungssimulationen von fasergefüllten Polymerschmelzen vollautomatisiert durchzuführen. Insbesondere sollen neue Modelle zum Fließverhalten und zum Bruchverhalten der Fasern während der Verarbeitung entwickelt werden. Mithilfe der Berechnungen lassen sich Aussagen zur Faserinteraktion in der Polymerschmelze treffen. Förderinstitution: Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM), Kooperationsprojekt (ZF) mit IANUS Simulations GmbH

„Entwicklung und Optimierung von additiv hergestellten Werkzeugkomponenten für die HGU“: Mittels Hochgeschwindigkeitsumformung sollen neue, innovative Berstscheiben hergestellt werden. Zu diesem Zweck werden additive Fertigungsverfahren eingesetzt, um Werkzeugkomponenten wie z.B. die Umformmatrize herzustellen. Dabei gilt es verfahrenstechnische Herausforderungen zu lösen, damit im FDM-Verfahren hergestellte Matrizen in der HGU

eingesetzt werden können. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

„Neue Wave-Schneckenkonzepte in High-Speed Extrudern“: Ziel des Projektes ist die mathematische Beschreibung des Druck-Durchsatz- und des Aufschmelzverhaltens von Wave- und Energy-Transfer-Schnecken. Aufgrund der feststoffbettzerbrechenden Eigenschaft dieser Schneckenkonzepte kommt es zu einem frühzeitigen dispersen Aufschmelzen, wodurch den Schnecken eine hohe Aufschmelzleistung bei verminderter Schmelztemperatur zugeschrieben wird, was besonders für die Hochgeschwindigkeitsextrusion relevant ist. Dies gilt es anhand von Laboruntersuchungen und CFD-Simulationen verschiedener Wellengeometrien zu überprüfen und anschließend zu modellieren, sodass Gestaltungskonzepte für feststoffbettzerbrechende Schnecken erstellt werden können. Förderinstitut: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), im Lead-Agency-Verfahren mit der Johannes Kepler Universität Linz

„Simulation und Modellierung des Druckverlustes industrieller Polymerschmelzefilter in Abhängigkeit verschiedener Prozessbedingungen sowie deren Verschmutzung“ Ziel des Projektes ist die simulative Abbildung des Strömungszustandes, sowie des Druckverlustes industrieller Polymerschmelzefilter. Dazu soll der Druckverlust in Filtermedien mittels CFD-Simulationen abgebildet und auf für Kunststoffe typisches strukturviskoses Materialverhalten erweitert werden. Die Ergebnisse sollen mit experimentellen Daten validiert werden. Hierauf aufbauend soll auch untersucht werden, inwieweit eine simulative Abbildung des Verschmutzungsverhaltens eines Schmelzefilters mit einer Kombination aus CFD-Strömungssimulation und DEM-Partikelsimulation erfolgen kann. Förderinstitut: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

„Pyrometerbasierte Prozessregelung beim Laserdurchstrahlenschweißen zur Online-Prozesskontrolle und Verbesserung der Schweißnahtqualität“: Zur Verbesserung der Schweißnahtqualität beim quasisisultanen Laserdurchstrahlenschweißen wird ein Pyrometer in einen 3D-Scankopf integriert. Durch das Pyrometer kann online die Schweißnahttemperatur gemessen werden. Die Temperatur dient zum einen als Eingangssignal für einen Regelalgorithmus und zum anderen als Bewertungsgröße für eine 100%-Prozesskontrolle. Das entwickelte Lasersystem sowie der Regelalgorithmus werden in Rahmen des Projekts an unterschiedlichen Bauteilgeometrien auf ihre volle Funktionsfähigkeit untersucht. Förderinstitution: ARGES GmbH, Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

„Entwicklung von Scale-Up Regeln für kaltgefüllte Kautschukstiftextruder“: Die Verarbeitung von Kautschuk mit dem Extruder stellt einen großen Bereich in der Kautschukindustrie da. Vor allem

der kaltgefütterte Kautschukstiftextruder ist für die thermische Homogenität der Kautschukmischungen ein wichtiger Bestandteil für die Herstellung von hochwertigen Kautschukprodukten. Die Entwicklung von Scale-Up Regeln soll die Durchführung von kosten- und materialintensiven experimentellen Untersuchungen auf industriellen Anlagen minimieren und auf Laborextruder beschränken. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)

„Wechseldehnungsschweißen – Entwicklung einer Fügetechnologie für 3D-Geometrien“: Fügeiteile für das Vibrationsschweißen müssen in mindestens einer möglichen Schwingrichtung gleichbleibende Fügenahthöhen aufweisen. Liegen Winkel größer als 20° oder gar Stufen in Schwingrichtung vor, ist in diesen Bereichen aufgrund eines Abhebens der Fügeiteile voneinander keine Energieeinbringung durch Scherung möglich. Forschungsziel ist die Weiterentwicklung des Vibrationsschweißens mit Energieeinbringung über makroskopische Dehnungsdissipation, bei dem ein vorplastifizierter Schmelzefilm durch Scherung und Dehnung weiter erwärmt wird, wobei kleine Amplituden gewählt werden, um einen Schmelzeabriss zu vermeiden. Dadurch soll die Gestaltungsfreiheit hinsichtlich der Nahtgeometrie erhöht werden. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS

## Messen/Tagungen/Seminare

„Projektbegleitendes Ausschusstreffen“, Wirksame Faserverstärkung in der Schweißnaht beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen; Paderborn, 13. Januar 2016

„Anwendertreffen des Gemeinschaftsforschungsprojektes SIGMA 11“, Paderborn, 25. Februar 2016

“Inside 3D Printing Conference and Expo”, Düsseldorf, 25.-26. Februar 2016

„SIGMA Schulung“, SIGMA Firma BBE; Remscheid, 05.-06. März 2016

„VDI Wissensforum“, Der Einschneckenextruder; Düsseldorf, 8.-9. März 2016

„SIGMA Schulung“, SIGMA KU Leuven; Paderborn, 23. März 2016

„Sitzung des GVT-Arbeitskreises 5 Hochviskostechnik“, Stand des Forschungsvorhabens Wirtschaftlich Compoundieren Ein Bericht der Projektleiter; Butzbach, 12. April 2016

„SIGMA Schulung“, SIGMA Firma KraussMaffei Berstorff; Hannover, 25.-26. April 2016

„Ehemaligentreffen“, Paderborn, 26. April 2016

„Fördervereinstreffen der Kunststofftechnik Paderborn“, Paderborn, 26. April 2016

„SIGMA Schulung“, SIGMA Firma Leistritz;

Nürnberg, 27.-28. April 2016

„SIGMA Schulung“, SIGMA Firma Brückner; Siegsdorf, 27.-28. April 2016

“Annual Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC)”, Indianapolis, 23.-25. Mai 2016

„DKG-Jahrestagung 2016“, Nürnberg, 01. Juni 2016

“Rapid.Tech 2016“, Erfurt, 14.-16. Juni 2016

„Anwendertreffen des Gemeinschaftsforschungsprojektes REX 14/PSI 12“, Paderborn, 15. Juni 2016

„PolyMerTec“, Merseburg, 15.-17. Juni 2016

“ASPE Summer Topical Meeting”, Raleigh, 28.-30. Juni 2016

„Schulung Yizumi“, Spritzgießen; Paderborn, 05.-15. Juli 2016

“69th Annual Assembly of the International Institute of Welding (IIW)”, Melbourne, 10.-13. Juli 2016

“32nd International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-32)”, Lyon, 25.-29. Juli 2016

„Projektbegleitendes Ausschusstreffen“, Wirksame Faserverstärkung in der Schweißnaht beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen; Paderborn, 27. Juli 2016

“27th Solid Freeform Fabrication Symposium (SFF)”, Austin, 08.-10. August 2016

„SIGMA Schulung“, SIGMA Firma Procter & Gamble; Cincinnati Ohio, 29.-31. August 2016

„Projektbegleitendes Ausschusstreffen“, Wirtschaftliches Compoundieren durch optimierten Energieeintrag in der Aufschmelzzone gleichläufiger Doppelschneckenextruder; Paderborn, 12. September 2016

“Schulung HELLA KGaA Hueck & Co.”, Design of Experiments (DoE); Paderborn, 05.-06. Oktober 2016

„Schulung Ningbo Shuangma Machinery Industry Co.”, Paderborn, 10.-21. Oktober 2016

„Haus der Technik – Workshop“, 3D-Drucken in der Praxis, Von der Konstruktion zum fertigen Teil; Paderborn, 19.-20. Oktober 2016

„DGM-Fortbildungspraktikum“, Einführung in die additive Fertigung; Paderborn, 25.-27. Oktober 2016

„VDI Wissensforum“, Extrusion thermoplastischer Kunststoffe; Karlsruhe, 16.-17. November 2016

„Projektbegleitendes Ausschusstreffen“, Scale Up von Kautschukstiftextrudern; Paderborn, 18. November 2016

„Projektbegleitendes Ausschusstreffen“, Simulation von Mischelementen; Paderborn, 18. November 2016

„Sitzung des GVT-Arbeitskreises

5 Hochviskostechnik“, Stand des Forschungsvorhabens Wirtschaftlich Compoundieren Ein Bericht der Projektleiter; Glückstadt, 18. November 2016

„REX Schulung“, REX Firma Mondy; Gronau, 29.-30. November 2016

“International Conference on Additive Technologies (iCAT)”, Nürnberg, 29.-30. November 2016

„Schulung Böllhoff“, Kautschuktechnologie und -prüfung; Paderborn, 01.-02. Dezember 2016

„VDI Wissensforum“, Schweißen von Kunststoffen; Paderborn, 07.-08. Dezember 2016

„REX Schulung“, REX Firma KraussMaffei; München, 12.-14. Dezember 2016

“ 2. Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) zum AiF-Projekt 18487 N”, Paderborn, 02. Februar 2017

„Anwendertreffen des Gemeinschaftsforschungsprojektes SIGMA 11“, Paderborn, 8. Februar 2017

„3. Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) zum AiF-Projekt 18934 N/1“, Darmstadt, 27. Februar 2017

“DIK-Seminar „Extrusion - Grundlagen und Praxis“, Hannover, 01.-02. März 2017

„VDI-Wissensforum „Der Einschneckenextruder“, Ratingen 07.-08. März 2017

“DVS Plenarsitzung AG W4“, Würzburg, 10. Mai 2017

“DGO-Tagung: 39. Ulmer Gespräch - Forum für Oberflächentechnik“, Neu-Ulm, 18. Mai 2017

„Innovationstag Mittelstand 2017 (ZIM - Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand)“, Berlin, 18. Mai 2017

„DVS-Sitzung FA 11 Kunststofffügen“, Düsseldorf, 23. Mai 2017

„4. Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) zum AiF-Projekt 18702 N“, Paderborn, 01. Juni 2017

„BASF-Projekttreffen“, Ludwigshafen, 08. Juni 2017

„KIMW-Seminar „Schweißen von Kunststoffen“, Lüdenscheid, 13. Juni 2017

„VDI-Fachtagung „Extrusionstechnik 2017“, Köln, 21. Juni 2017

„DKG-Jahrestagung 2017“, Nürnberg, 21. Juni 2017

„Anwendertreffen des Gemeinschaftsforschungsprojektes REX 14/PSI 12“, Paderborn, 4. Juli 2017

„PSI-Schulung“ Wittmann Battenfeld, Paderborn, 05. Juli 2017

„4. Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) zum AiF-Projekt 18934 N/1“, Paderborn, 06. Juli 2017

„2. Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) zum AiF-Projekt 18485 N“,

Paderborn, 20. Juli 2017

„ 2. Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) zum AiF-Projekt 19129 N“, Paderborn, 17. August 2017

„ VOSS-Schulung“, Paderborn, 28.-29. August 2017

„REX-Schulung“ Battenfeld Cincinnati, Paderborn, 29. September 2017

„KLN-Schulung“, Paderborn, 18. – 20. Oktober 2017

„REX-Schulung“ Breyer, Singen, 11.- 12. November 2017

„REX-Schulung“ Windmüller&Hölscher, Paderborn, 13.-14. November 2017

„VDI-Wissensforum „Schweißen von Kunststoffen“, Paderborn, 15. November 2017

„VDI-Wissensforum „Extrusion thermoplastischer Kunststoffe“, Frankfurt a.M., 22. November 2017

„5. Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) zum AiF-Projekt 18702 N“, Paderborn, 07. Dezember 2017

## Wissenschaftliche Kooperationen

Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V. (DIK), Hannover (Schnelllaufender Kautschukextruder)

Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), Aachen (Mischverhalten von Kautschukstiftextrudern)

Bayerisches Laserzentrum (blz), Erlangen (Laserschweißen)

## Funktionen

Dekan der Fakultät Maschinenbau

Mitglied der Polymer Processing Society (PPS)

Mitglied des DVS-AGW 4

German Delegate und Chairman der Kommission XVI Kunststofffügen und Kleben des „International Institute of Welding“ (IIW)

Mitglied des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kunststofftechnik

## PROF. DR. RER. NAT. THOMAS

### TRÖSTER

#### Referierte Publikationen

Lauter, C.; Reuter, C.; Wu, S.; Tröster, T.: „Large-Scale Production of High-Performance Fiber-Metal-Laminates by Prepreg-Press-Technology“. 18th International Conference on Advanced Mechanical Engineering and Spacecraft Technologies, World Academy of Science, Engineering and Technology, London, 23. - 24. Mai 2016, S. 2757-2762

Lauter, C.; Reuter, C.; Wu, S.; Tröster, T.: „Large-Scale Production of High-Performance Fiber-Metal-Laminates by Prepreg-Press-Technology“. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol: 10, No: 5, S. 875-880, scholar.waset.org/1999.8/10004518, 2016

Bobbert, M.; Augenthaler, F.; Wang, Z.; Tröster, T.; Meschut, G.: „Novel process approach for in-situ insertion of functional elements in RTM-applications“. Journal of Materials Science Research, Vol. 6, No.1, p. 1-9, 2016.

Koch, S. F.; Barfuss, D.; Bobbert, M.; Gross, L.; Grützner, R.; Riemer, M.; Stefaniak, D.; Wang, Z.: „Intrinsic Hybrid Composites for Lightweight Structures: New Process Chain Approaches“. Advanced Materials Research, V. 1140, p. 239-246, 2016.

Wang, Z.; Bobbert, M.; Dammann, C.; Zinn, C.; Lauter, C.; Mahnken, R.; Meschut, G.; Schaper, M.; Tröster, T.: „Influences of interface and surface pre-treatment on the mechanical properties of metal-CFRP hybrid structures manufactured by resin transfer moulding“. International Journal of Automotive Composite, 2016

Wang, Z.; Lauter, C.; Sanitther, B.; Camberg, A.; Tröster, T.: „Manufacturing and investigation of steel-CFRP hybrid pillar structures for automotive applications by intrinsic resin transfer moulding technology“. International Journal of Automotive Composite, 2016

Wang, Z.; Riemer, M.; Koch, S. F.; Barfuss, D.; Grützner, R.; Augenthaler, F.; Schwennen, J.: „Intrinsic Hybrid Composites for Lightweight Structures: Tooling Technologies“. Advanced Materials Research, V. 1140, p. 247-254, 2016.

Zinn, C.; Schaper, M.; Serna Gonzalez, J.; Meiners, D.; Wang, Z.; Tröster, T.; Pottmeyer, F.; Weidenmann, K. A.: „Shear Edge Tests: A benchmark in investigating the influence of different surface pre-treatment methods on the shear stress of metal-CFRP hybrids manufactured by RTM process“. International Journal of Automotive Composite, 2016

Bobbert, M.; Dammann, C.; Wang, Z.; Zinn, C.; Mahnken R.; Meschut, G.; Schaper, M.; Tröster, T.: „Intrinsische Herstellung hybrider Strukturkomponenten in einen modifizierte RTM-Prozess“. Faszination hybrider Leichtbau 2016 - Beiträge zur gleichnamigen Tagung, ISBN: 978-937655-40-6, Wolfsburg, 2016.

Reuter, C; Tröster, T.: „Crashworthiness and numerical simulation of hybrid aluminium-CFRP tubes under axial impact“. Thin-Walled Structures 117 (2017), S.1-9. DOI: 10.1016/j.tws.2017.03.034

Reuter, C; Sauerland, K.-H.; Tröster, T.: „Experimental and numerical crushing analysis of circular CFRP tubes under axial impact loading“. Composite Structures 154 (2017), S.33-44. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.04.052

Weiß-Borkowski, N.; Lian, J.; Marten, T.; Tröster, T.; Münstermann, S.; Bleck, W.: „Forming Limit Curves Determined In High-Speed Nakajima Tests And Predicted By A Strain Rate Sensitive Model“. Proceedings of The 20th International ESAFORM Conference On Material Forming (ESAFORM 2017), AIP Conference Proceedings 1896, 16. Oktober 2017, S. 020004-1-020004-6, ISBN: 978-0-7354-1580-5

Weiß-Borkowski, N.; Marten, T.; Tröster, T. Schulz-Beenken, A.: „Analysis of the Forming Behaviour of Transition Areas of Partial Press-Hardened Steel at High Strain-Rates“. Proceedings HOT SHEET METAL FORMING OF HIGH-PERFORMANCE STEEL, 4. Juni 2017, S. 767-774, ISBN: 978-1-935117-66-7

Schweizer, S.; Becker-Staines, A.; Tröster, T.: „Separation of Hybrid Structures for the Reclaim of their Single Components“. Key Engineering Materials (21st Symposium on Composites), Vol. 742, pp. 568-575, 2017

Ahlers, D.; Koppa, P.; Hengsbach, F.; Gloetter, P.; Altmann, A.; Schaper, M.; Tröster, T.: „Increasing process speed in the laser melting process of Ti6Al4V and the reduction of pores during hot isostatic pressing“. 28th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium 2017, SFF Conference proceedings – in progress Austin (Texas), USA, November/Dezember 2017

#### Nichtreferierte Publikationen

Schweizer, S.; Tröster, T.: „Recyclingkonzepte für hybride Strukturen“. Carbon Composites Magazin, Ausgabe 2/2016, S. 23

Weiß-Borkowski, N.: „Analyse des Verformungsverhaltens von Übergangszonen partiell pressgehärteter Strukturen“. Dissertation in der Schriftenreihe Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen, Shaker Verlag, Band 2017/22, ISBN:978-3-8440-5013-4

Marten, T.: „Erweiterung des Portfolios presshärterbarer Stähle durch gezielte Werkstoff- und Prozessmodifikationen“. Dissertation in der Schriftenreihe Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen, Shaker Verlag, Band 2017/27, ISBN:978-3-8440-5518-4

#### Patente

Pöhler, S.; Tröster, T.; Budde, C.; Moritzer, E.; Graefe, J.; Franzke, A.; Körner, M.; Mirau, A.; Seibt, O.: DE 10 2014 112 090 A1, Achsträger für ein Kraftfahrzeug sowie Verfahren zur Herstellung eines Achsträgers, 25. Februar 2016

Tröster, T.; Reuter, C.; Wang, Z.; Lauter, C.; Marten, T.: 10 2016 120 864.7, Herstellung eines Faser-Kunststoff-Verbund aufweisenden Bauteils, 02. November 2016

#### Vorträge

Wang, Z.; Tröster, T.: „Parameterstudien an intrinsisch hergestellten Metall-FVK-Hybridstrukturen mittels RTM-Verfahren“. EuroHybrid, Kaiserslautern, 20.-21. April 2016

Zinn, C.; Bobbert, M.; Dammann, C.; Wang, Z.; Schaper, M.; Meschut, G.; Mahnken, R.; Tröster, T.: „Laserbehandlung intrinsisch gefertigter Hybride - strukturelle, mechanische und korrosive Eigenschaften“. EuroHybrid, Kaiserslautern, 20.-21. April 2016

Lauter, C.; Reuter, C.; Wu, S.; Tröster, T.: „Large-Scale Production of High-Performance Fiber-Metal-Laminates by Prepreg-Press-Technology“. 18th International Conference on Advanced Mechanical Engineering and



Spacecraft Technologies, World Academy of Science, Engineering and Technology, London, 23.-24. Mai 2016, S. 2757–2762

Bobbert, M.; Dammann, C.; Wang, Z.; Zinn, C.; Mahnken R.; Meschut, G.; Schaper, M.; Tröster, T.: „Intrinsische Herstellung hybrider Strukturkomponenten in einen modifizierte RTM-Prozess“. Faszination hybrider Leichtbau 2016, Wolfsburg, 24.–25. Mai 2016.

Striewe, J.; Reuter, C.; Oberkönig, C.; Lauter, C.; Tröster, T.: „Experimentelle Untersuchung und Analyse des Energieabsorptionsverhaltens axial belasteter Faserverbundkunststoffe“. Polymertec16, Merseburg, 15.-17. Juni 2016

Wang, Z.; Riemer, M.; Koch, S. F.; Barfuss, D.; Grütznier, R.; Augenthaler, F.; Schwennen, J.: „Intrinsic Hybrid Composites for Lightweight Structures: Tooling Technologies“. WGP-Jahreskongress, Hamburg, 05.-06. September 2016

Striewe, J.; Lauter, C.; Reuter, C.; Tröster, T.: „Manufacturing and Crashworthiness of Fabric Reinforced Thermoplastic Composites“. 19th International Conference on Composite Structures, Porto, 05.-09. September 2016

Striewe, J.; Reuter, C.; Lauter, C.; Tröster, T.: „Innovative largescale Production Process for multilayered Sheet-Metal-FRP-Structures“. 19th International Conference on Composite Structures, Porto, 05.-09. September 2016

Weiß-Borkowski, N.; Marten, T.; Tröster, T.: „Forming behaviour of different microstructures in partial presshardened steel“. Materials Science and Engineering, Darmstadt, 27.-29. September 2016

Wang, Z.; Lauter, C.; Löseke, J.; Tröster, T.: „CarS: Carbon Fiber Reinforced Steel for Structural Automotive Applications“. International Conference on Automotive Composites (ICAUTO 2016), Lissabon Portugal, 21.–23. September 2016

Wang, Z.; Kutz, P.; Tröster, T.; Kordisch, T.: „Herstellung und computertomographische Untersuchung von hybriden Strukturen aus Metall und Faserverbundkunststoffen“. 15. Bielefelder Werkstofftag, 6. April 2017, Bielefeld

Weiß-Borkowski, N.; Camberg, A.; Tröster, T.; Marten, T.; Gese, H.; Richter, H.: „Influence of strain rate on the instability in high speed cupping tests – Investigation on dual phase steel and numerical validation by CRACH“. 4th MATFEM Conference, Schloss Hohenkammer, 25. April 2017

Weiß-Borkowski, N.; Lian, J.; Marten, T.; Tröster, T.; Münstermann, S.; Bleck, W.: „Forming Limit Curves Determined In High-Speed Nakajima Tests And Predicted By A Strain Rate Sensitive Model“. 20th Conference on Metal Forming, 26.-28. April 2017, Dublin, Irland

Weiß-Borkowski, N.; Marten, T.; Tröster, T. Schulz-Beenken, A.: „Analysis of the Forming Behaviour of Transition Areas of Partial Press-Hardened Steel at High Strain-Rates“. The 6th International Conference on HOT SHEET METAL FORMING OF HIGH-PERFORMANCE

STEEL, CHS2 2017, Atlanta, USA, 4.-7. Juni 2017

Ahlers, D., Tröster, T.: „Materialkombinationen in der additive Fertigung“. Rapid.Tech 2017 – Fachforum Luftfahrt, Erfurt, 22. Juni 2017

Ahlers, D.; Tröster, T.: „Aspekte der Produktentwicklung in der additiven Fertigung“. Technikforum: „Design, Konstruktion 3D Druck: Der Weg zum fertigen Bauteil“, Technologie Centrum Westbayern (TCW), Nördlingen, 04. Juli 2017

Schweizer, S.; Becker-Staines, A.; Tröster, T.: „Separation of Hybrid Structures for the Reclaim of their Single Components“. 21st Symposium on Composites, Bremen, 5.-7. Juli 2017

Ahlers, D.; Tröster, T.: „Approve of porostiy for increasing process speed in the laser melting process of Ti6Al4V“. 28th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium 2017, Austin (Texas), USA, 7.-9. August 2017

Wang, Z.; Zinn, C.; Schaper, M.; Tröster, T.: „Influence of interface design on the mechanical and corrosion properties of metal-CFRP hybrid structures manufactured by resin transfer moulding“. 20th International Conference on Composite Structures (ICCS20), Paris, Frankreich, 4.-7. September 2017

Kutz, P.; Wang, Z.; Ellouz, M.; Kordisch, T.; Tröster, T.: „Computed Tomography Examination of Hybrid Components after Dynamic 3-Point Bending Test“. 2nd Conference & Exhibition on Light Materials, Bremen, 8.-10. November 2017

## Seminare

„Hybridleichtbau Denkschule 2016 - Effizienter Leichtbau vor dem Hintergrund großer gesellschaftlicher Herausforderungen“, Erwitte, 27.-28. September 2016

„Denkschule 2017 – Leichtbau für nachhaltigen Klimaschutz“, Paderborn, 10. Oktober 2017

## Forschungsprojekte

„Entwicklung eines eingelassenen Leichtbau-Caravanschamiers; Entwicklung der Kinematik und der Werkstoffkonzepte“: Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines eingelassenem wasserdichten Schamiers. Konstruktiv ist das Scharnier so zu entwickeln, dass es von der Innen- wie Außenseite nicht sichtbar ist. Als Randbedingung soll das Scharnier durch den Einsatz innovativer Werkstoffe mit dem konstruktiv geringst möglichen Raumbedarf bei gleichzeitig geringst möglichem Gewicht entwickelt werden. Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

„NRW Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil“: Energie- und kosteneffizienter Extremleichtbau mit Hybridwerkstoffen“: Im Rahmen des vom Land NRW geförderten Fortschrittskollegs forschen insgesamt 13 Lehrstühle interdisziplinär und unter Einbeziehung technologischer und gesellschaftlicher Aspekte am Produktlebenszyklus von Hybridwerkstoffen

und -strukturen. Am Lehrstuhl für Leichtbau im Automobil wird aktuell das Teilprojekt „Identifikation und Konzeptionierung potentieller Hybridstrukturen für Leichtbau-Konstruktionen unter Berücksichtigung von Life Cycle Assessments“ bearbeitet. Diese sogenannte Ökobilanz soll z. B. genutzt werden, um die Identifikation zukunftsorientierter Werkstoffkombinationen zu ermöglichen. Förderinstitution: Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

„Entwicklung von Maschinenmessern mit selbstschärfenden Eigenschaften; Entwicklung partieller Erwärmungsverfahren und Validierung der resultierenden Bauteileigenschaften“: Ziel des Forschungsvorhabens sind Maschinenmesser mit deutlich verbesserten Gebrauchseigenschaften zu entwickeln. Ein wesentlicher Forschungsschwerpunkt liegt dabei auf einer erhöhten Verschleißbeständigkeit (+ 50%) der Bauteile, wodurch insbesondere längere Standzeiten aber auch bessere Einsatzzeigenschaften hinsichtlich Schneidengeometrie bzw. des daraus resultierenden Energieeinsatzes im Betrieb, sowie ein verbessertes Arbeits-/ Schnittergebnis realisiert werden sollen. Erzielt werden soll dieses im Wesentlichen durch den Einsatz neuartiger Werkstoffe gepaart mit innovativen Fertigungsverfahren. Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

„KMU-innovativ-Verbundvorhaben Ressourceneffizienz: TuWahS „Trennen und Wiederverwerten automobilier hybrider Strukturen“ Teilvorhaben 1: Projektleitung, Herstellung der Hybridstrukturen, sowie Werkstoffanalysen und Erstellung von Gesamtrecyclingkonzepten“: In dem Projekt TuWahS soll ein Verfahren zum Trennen und Wiederverwerten hybrider Stahl-FVK-Strukturen entwickelt werden. Hierbei wird gezielt Wärme in hybride Bauteile eingebracht, wodurch die Adhäsion zwischen Metall und FVK so stark geschädigt wird, dass zwei artenreine Einzelstrukturen vorliegen oder der Verbund leicht zu lösen ist. Durch einen nachfolgenden Pyrolyseprozess können z.B. wertvolle Kohlenstofffasern aus der FVK Matrix zurückgewonnen werden. Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

„Intrinsische Herstellung hybrider Strukturkomponenten in einem modifizierten RTM-Prozess“: Im Rahmen des DFG-Projektes soll ein neuer Resin-Transfer-Moulding(RTM)-Prozess zur intrinsischen Herstellung hybrider Leichtbaukomponenten entwickelt werden. Der zentrale Ansatz ergibt sich aus dem simultanen Einlegen einer Metall- und trockenen Faserkomponente in die Werkzeugkavität. Nach der anschließenden Harzinjektion wird gleichzeitig sowohl die Faserverbundkomponente (FVK) ausgehärtet als auch die Verbindung zum Metall durch das Harz und damit eine Hybridstruktur hergestellt. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

“Dimensional tolerances for Additive Manufacturing (D-TAM)“: Im Rahmen des Projektes werden Maßtoleranzen für additive



Fertigungsverfahren ermittelt, wobei die Verfahren Selective Laser Sintering, Selective Laser Melting und Fused Deposition Modeling betrachtet werden. Darüber hinaus wird untersucht, inwieweit Maßabweichungen und die daraus ableitbaren Maßtoleranzen für die jeweiligen Fertigungsverfahren minimiert werden können. Das Projekt wird gemeinschaftlich mit den Gruppen KAT, PVT und KTP bearbeitet. Förderinstitution: Industrieprojekt, Land NRW

„Innovative SLM materials“: Das Projekt „Innovative SLM materials“ in Kooperation mit dem DMRC beschäftigt sich mit der Entwicklung neuer Materialien für den SLM Prozess. Dieses Fertigungsverfahren eröffnet neue Möglichkeiten unterschiedlichste Materialien, die durch konventionelle Verfahren nicht verarbeitet werden können, zu verbinden. Das Ziel ist es Materialkombinationen zu untersuchen, deren Einzelkomponenten im starken Gegensatz zueinander stehen um somit möglichst viele der gewünschten neuen Eigenschaftskombinationen zu erhalten. Förderinstitution: Industrieprojekt, Land NRW

„Qualifizierung eines neuen Cu-St Werkstoffsystems für den Einsatz in Fahrwerkskomponenten“: Die Einbindung einer erhöhten Cu-Konzentration in der Stahlmatrix (traditionell wird dieses vermieden) führt bei richtiger Ausführung zu völlig neuartigen Werkstoffeigenschaften, welche im vorliegenden Projekt nähergehend untersucht werden. Durch diese Potentialanalyse lässt sich der Einsatz in Fahrwerkskomponenten qualifizieren und ggfls. eine Substitution der klassischen Fahrwerksmaterialien durch diese interessante Werkstoffklasse erreichen. Förderinstitution: Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA)

„Entwicklung eines automatischen Öffnungs- und Schließsystems für Heckklappen von Cabrioletts; Entwicklung der topologischen Struktur des Scharniers und Analytik“: Bei hochpreisigen Pkws gehören bestimmte Komfortfunktionen wie z.B. eine selbstöffnende und selbstschließende Heckklappe zum Standard. Bekannt sind Systeme bereits bei Fahrzeugen der oberen Mittelklasse, welche sich durch ein großzügiges Platzangebot im Heckbereich bei gleichzeitig ausreichend Bauraum für die Unterbringung von zusätzlichen Komfortsystemen auszeichnen. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines automatischen Öffnungs- und Schließsystems für Heckklappen von Cabriolet, welches voll Funktionsfähig im Fahrzeugheck integriert ist, ohne bereits vorhandene Systeme zu beeinträchtigen oder das Kofferraumvolumen zu verringern. Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

„LHybS – Leichtbau mit Hybridsystemen“: Forschungsgegenstand des LHybS-Projektes ist die Entwicklung eines neuartigen Hybridwerkstoffes, der ein innovativer „Top-Down“ Ansatz zu Grunde liegt. Das dickenabhängige Eigenschaftsprofil des zu

entwickelnden Werkstoffes leitet sich dabei aus Gesamtfahrzeugsimulationen ab und berücksichtigt neben den rein mechanischen Ansprüchen alle Anforderungen, die sich aus dem Einsatz des Werkstoffes für ein gewähltes Bauteil ergeben. Projektziel ist es ein leichtes hybrides Halbzeug herzustellen, welches sich ähnlich handhaben lässt wie die aktuell im Karosseriebau zum Einsatz kommenden Werkstoffe. Förderinstitution: NeueWerkstoffe.NRW

„Eigenschaftsoptimierte Holzverbundwerkstoffe für den ökologischen Leichtbau von Automobilen“: Der Lehrstuhl hat sich der Aufgabe angenommen, den nachwachsenden Rohstoff Holz für den gezielten Einsatz in Fahrzeugstrukturen zu optimieren. Seit April 2016 bearbeitet das LiA zusammen mit fünf Industriepartnern das Forschungsprojekt „Eigenschaftsoptimierte Holzverbundwerkstoffe für den ökologischen Leichtbau von Automobilen“, kurz „EHO LA“. Förderinstitution: NeueWerkstoffe.NRW

„Großenserientaugliche induktive Platinenerwärmung für den Warmformprozess“: Die induktive Erwärmung von Platinen für den Warmformprozess gilt als vielversprechende Alternative zu Ofenprozess, mit dem Problem der homogenen Erwärmung komplex geformter Bauteile. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Induktionsprozesses, der die Fertigung realitätsnaher Serienbauteile ermöglicht. Zusätzlich zu prozesstechnischen und werkstofftechnischen Untersuchungen soll auch eine wirtschaftliche Betrachtung erfolgen, um das Potential gegenüber dem Ofenprozess abzuschätzen. Förderinstitution: Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA)

„Additive Leichtbaustrukturen für Flugzeugkomponenten“: In diesem Projekt werden die Vorteile der additiven Fertigung gegenüber der konventionellen Fertigung von Flugzeugkomponenten untersucht und quantifiziert. Die Hauptziele sind die Reduzierung von Kosten, Gewicht und Zeit im Vergleich zu herkömmlich hergestellten Bauteilen. Zudem werden Kennzahlen für Voll-, Gitter- und Hybrid-Materialien ermittelt. Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

„Entwicklung eines Greifersystems für die automatisierte Fertigung von FVK-Metall Hybridbauteilen; Entwicklung eines thermo-mechanisch gekoppelten Eigenschaftsprofils und Technologieentwicklung“: Im Rahmen dieses Projektes wird eine Greifertechnologie entwickelt, die das Vorformen und Beheizen automatisiert und in einem Prozessschritt zusammenfasst. Dadurch soll die Gesamtprozesszeit bis zu 40% reduziert werden. Das Projektziel ist explizit nicht die Entwicklung eines Sondergreifers, der lediglich für einen Spezialanwendungsfall genutzt werden kann, sondern die Entwicklung von Einzelkomponenten, die gleich eines hochinnovativen Baukastenprinzips für artverwandte Einsatzbereiche eingesetzt werden können. Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

„Intrinsische Herstellung hybrider Strukturkomponenten in einem modifizierten RTM-Prozess“: Im Rahmen der ersten Förderperiode wurde ein neues intrinsisches Herstellungskonzept auf Basis eines RTM-Prozesses für Hybridstrukturen untersucht. Dabei konnte prinzipiell gezeigt werden, dass mit diesem Ansatz hybride Bauteile hergestellt werden können. Eine Übertragung insbesondere auf bauteilnahe Beanspruchungen wird im Rahmen der zweiten Förderperiode untersucht. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

„Effizientes Herstellungsverfahren für wärmspannungsarme Hybridbauteile durch einen Prozesstemperaturgradienten in Dickenrichtung (EffHy)“: Im Rahmen des Projektes EffHy wird ein innovatives Fertigungsverfahren zur Herstellung von eigenspannungsarmen Hybridwerkstoffen entwickelt. Mit Hilfe eines partiell temperierbaren Werkzeuges für den Prepreg-Pressprozess wird die Differenz der Wärmedehnungen zwischen Metallen und faserverstärkten Kunststoffen bestmöglich ausgeglichen. Auf diese Weise können Hybridwerkstoffe mit geringen thermischen Eigenspannungen und sehr guten mechanischen Eigenschaften in großen Stückzahlen effizient hergestellt werden. Förderinstitution: Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)

„Analyse und Optimierung des Korrosions- und Alterungsverhaltens von hybriden Strukturen aus Metallen und CFK“: Das Forschungsprojekt widmet sich der Analyse und Optimierung des Korrosions- und Alterungsverhaltens von hybriden Strukturen aus Metallen und kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff. Durch den Einsatz neuartiger Beschichtungen des Metallsubstrats wird dabei zum einen die Adhäsion zwischen den artfremden Werkstoffen gesteigert und zugleich das elektrochemische Verhalten adressiert. Im Vordergrund stehen Grenzschichtsysteme auf Basis von ZnO-Nanostäbchen mit optionalen organischen Haftvermittlern. Förderinstitution: Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB)

„Warmformprozessintegrierte Oberflächenstrukturierung für Hybridkomponenten (HotStruc)“: In diesem Projekt sollen Möglichkeiten gefunden werden in den Warmumformprozess hochfester Stähle eine Oberflächenstrukturierung einzubringen um anschließend eine verbesserte Anbindung von faserverstärkten Kunststoffen zu erreichen. Die Strukturierungen entstehen durch das entsprechende Warmumformwerkzeug, wodurch im Vergleich zu anderen Strukturierungsverfahren ein zusätzlicher Arbeitsschritt entfällt. Das Forschungsprojekt wird Kooperation mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) der TU Braunschweig durchgeführt. Förderinstitution: Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)

„Verbundprojekt: Mehrzieloptimierte und durchgängig automatisierte Bauteilentwicklung für additive Fertigungsverfahren im Produktentstehungsprozess

(OptiAMix); Teilprojekt: Methoden zur Teileauswahl, -optimierung, -markierung und Digitalisierung; Ermittlung von Konstruktionsregeln und Kennwerten“: Das übergeordnete Ziel des Projektes besteht in der mehrzieloptimierten und durchgängigen, automatisierten Bauteilentwicklung für additive Fertigungsverfahren im gesamten Produktentstehungsprozess. Es handelt sich um ein vom BMBF mit 2,54 Mio. Euro gefördertes Projekt. Im Rahmen des Projektes bearbeitet das LiA die experimentellen Untersuchungen und die mechanische Charakterisierung zu den prozess-induzierten Defekten beim Selective Laser Melting. Förderinstitution: Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)

“High Temperature Processing of Metallic SLM Powders“: Ziel in dem ist die Verarbeitung von metallischen Pulverlegierungen bei hohen Plattformtemperaturen. Dazu wird die Entstehung von Rissen während der Herstellung bei unterschiedlichen Plattformtemperaturen untersucht. Im Rahmen des Projektes bearbeitet das LiA die dazugehörigen Parameterstudien und die Fertigung von Probenkörpern zur mechanischen Untersuchung. Förderinstitution: Industrieprojekt

“Influence of different powder properties on the material characteristics“: Ziel in dem Projekt ist die Untersuchung der Auswirkungen von veränderten Partikelgrößenverteilungen und Sauerstoffanteilen im Pulver auf die mechanischen Eigenschaften von additiv hergestellten Komponenten. Im Rahmen des Projektes bearbeitet das LiA Teile der mechanischen Charakterisierung sowie die Probenkörperherstellung. Förderinstitution: Industrieprojekt

## Kooperationen

Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT), TU Dortmund, Deutschland

Institut für Elektroprozessentechnik (ETB), Leibniz Universität Hannover, Deutschland

Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), RWTH Aachen, Deutschland

Institut für Textiltechnik (ITA), RWTH Aachen, Deutschland

Institut für Werkstoff-Forschung, Experimentelle und Numerische Methoden, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR), Deutschland

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF), Tu Braunschweig, Deutschland

Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC), TU München, Deutschland

Adam Opel AG, Deutschland

Benteler Automobiltechnik GmbH, Deutschland

BMW AG, Deutschland

Bond-Laminates GmbH, Deutschland

Daimler AG, Deutschland

Evonik Industries AG, Deutschland

Adient Engineering and IP GmbH, Deutschland

LANXESS Deutschland GmbH, Deutschland

MATFEM, Partnerschaft Dr. Gese & Oberhofer, Deutschland

Melos GmbH, Deutschland

nolax AG, Schweiz

Quadrant Plastic Composites GmbH, Deutschland

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Deutschland

ThyssenKrupp Steel Europe AG, Deutschland

voestalpine Stahl GmbH, Deutschland

Volkswagen AG, Deutschland

## Preise / Auszeichnungen

„Preisträger in der Kategorie „Fortschritt durch Transfer“ des Hochschulwettbewerbs ZukunftErfindenNRW 2016“: Simon Pöhler, Prof. Dr. rer. nat. Thomas Tröster, Christopher Budde, Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer. Der erfolgreiche Wissens- und Technologietransfer von der Wissenschaft in die Wirtschaft in Form einer Kooperation und enger Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Unternehmen hat die Jury des Hochschulwettbewerbs ZukunftErfindenNRW 2016 überzeugt. Die Erfindung ist ein herausragendes Beispiel dafür, wie die drängenden Fragen unserer Zeit, etwa die Zukunft der Mobilität oder der Umgang mit dem Klimawandel, technologisch beantwortet werden können, so die Begründung der Jury. 22. Februar 2017, Düsseldorf, Deutschland

## Funktionen

Prof. Dr. rer. nat. Thomas Tröster: Gutachter bei der AVIF; Gutachter beim BMBF, in der Fördermaßnahme VIP+; Vorsitzender des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH); Mitglied im Fakultätsrat



## IMPRESSUM

Herausgeber:

Universität Paderborn

Koordination und Realisierung:

Dr. Silvia Dohmeier-Fischer

Fotos:

Universität Paderborn,  
ggf. gesonderte Angabe

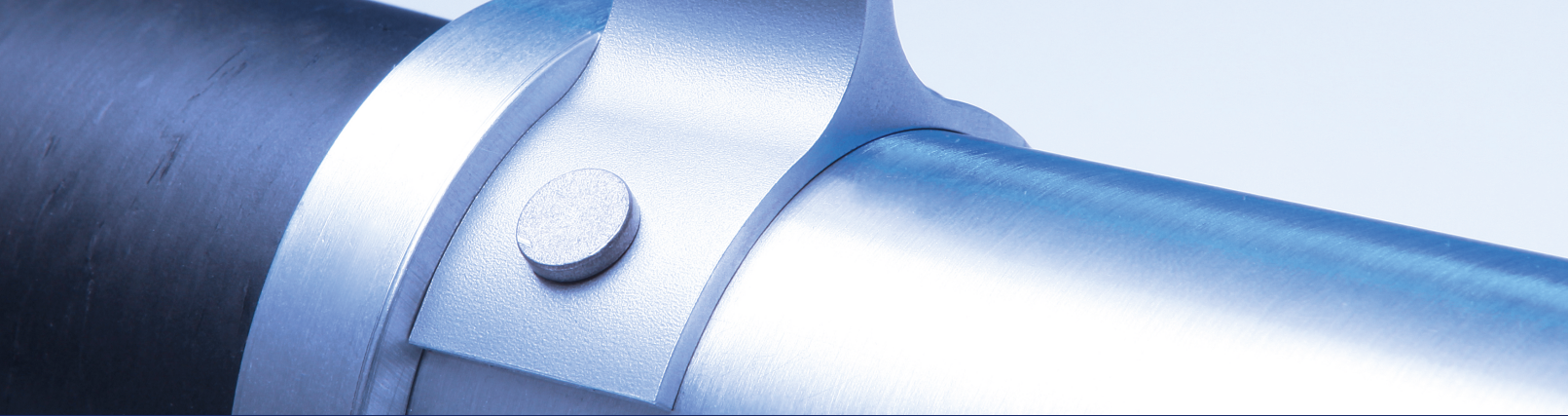
Berichtszeitraum: 2016/2017

ILH Insight

ISSN-Print 2366-4061

ISSN-Online 2366-407X





Institut für Leichtbau mit Hbridsystemen (ILH)

Warburger Str. 100  
33098 Paderborn

Telefon +49 (0)5251/60-3937  
Web [ilh.uni-paderborn.de](http://ilh.uni-paderborn.de)

ILH Insight  
ISSN-Print 2366-4061  
ISSN-Online 2366-407X



UNIVERSITÄT PADERBORN  
*Die Universität der Informationsgesellschaft*



ILH  
INSTITUT FÜR  
LEICHTBAU MIT  
HYBRIDSYSTEMEN