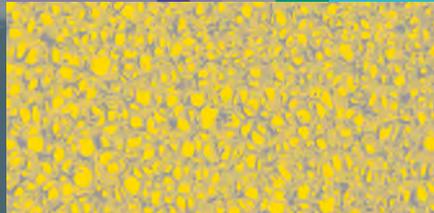
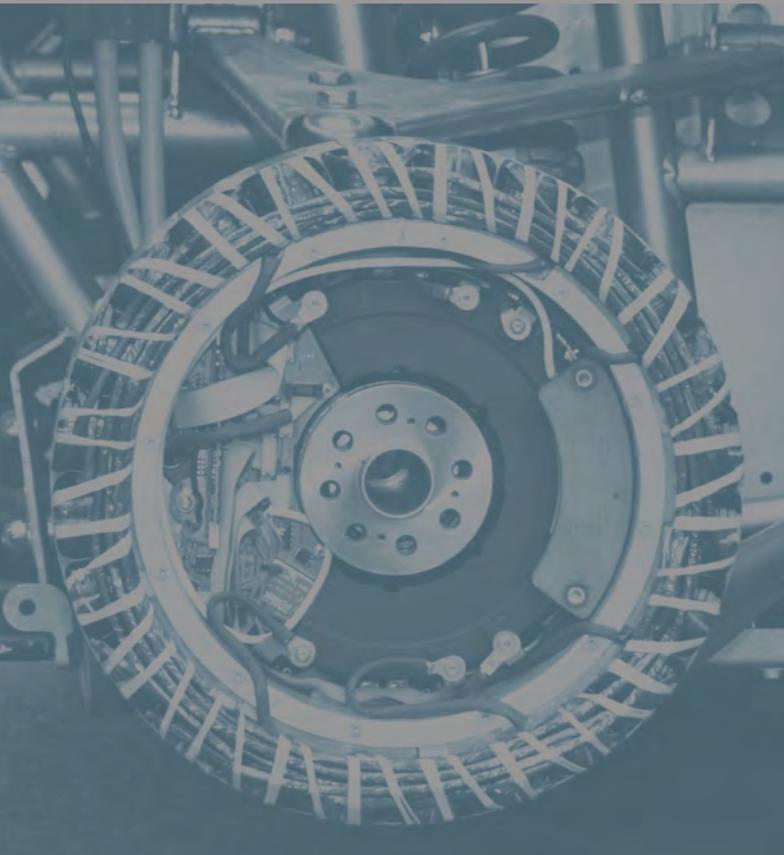




Fraunhofer

IFAM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM



JAHRESBERICHT
2012/2013

JAHRESBERICHT
2012/2013

VORWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Geschäftsfreunde und Kooperationspartner,
liebe Förderer des Fraunhofer IFAM,

unsere Bilanz ist positiv – wir blicken wiederum auf ein sehr erfolgreiches Geschäftsjahr zurück. 2011 hatten wir die besten Zahlen unserer mehr als 40-jährigen Geschichte erreicht; 2012 haben wir nahtlos daran angeknüpft. Als eines der größten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft beschäftigt das Fraunhofer IFAM mittlerweile weit mehr als 500 hochqualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Stammsitz in Bremen sowie in Dresden, Oldenburg und Stade. Das Institut ist in diesen Städten somit ein wichtiger Arbeitgeber im Hochtechnologie-Bereich.

Die wichtigste Voraussetzung für eine ertragreiche Tätigkeit ist, dass wir unseren Kunden stets ein attraktives und zeitgemäßes Leistungsspektrum anbieten. Darum haben wir 2012 einen Strategieprozess durchlaufen, in den sämtliche Bereiche und Standorte einbezogen wurden. Wir wollen unsere Ressourcen und Kompetenzen noch besser auf die mittel- und langfristigen Bedürfnisse der Industrie ausrichten und damit unsere Stärken ausbauen. Die internen Faktoren unserer Arbeiten werden künftig noch intensiver mit den externen Gegebenheiten abgeglichen; das macht uns flexibler, schneller und effizienter. Infolge des Strategieprozesses ergeben sich einige neue Weichenstellungen für das Institut. Diese haben wir unabhängigen Auditoren aus Wirtschaft und Wissenschaft präsentiert. Ihre Rückmeldungen sind durchgängig positiv: Wir sind für die Herausforderungen der kommenden Jahre gut aufgestellt. Ein Ergebnis des Strategieprozesses ist die noch engere Zusammenarbeit unserer einzelnen Fachbereiche und Standorte, um Synergien zu erzielen und neue Ideen zu generieren. Das Fraunhofer IFAM ist mit seinen sieben Kernkompetenzen weit mehr als nur die Summe seiner Einzelteile.

Weiter gestärkt wurde die enge Zusammenarbeit mit den Universitäten in Bremen und Dresden, wobei das Fraunhofer IFAM

¹ Die Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse und Prof. Dr. Bernd Mayer (von links).



wichtige Beiträge zum Erfolg beider Exzellenz-Universitäten leisten konnte. Wir freuen uns, dass neben weiteren Wissenschaftlern des Instituts nun auch Dr. Andreas Hartwig als Professor für Makromolekulare Chemie an der Exzellenz-Universität Bremen lehrt.

Eines der Schwerpunktthemen 2012 war erneut die Elektromobilität. Die erfolgreiche Zusammenarbeit zahlreicher Fraunhofer-Institute in der »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität« (FSEM) wird in einem weiteren dreijährigen Programm fortgesetzt. Dabei liegt nun auch die strategische und technologische Gesamtkoordination in den Händen des Fraunhofer IFAM. Ein Ziel von FSEM II ist die Intensivierung der Kooperation mit Industrieunternehmen; die gute Vernetzung des Fraunhofer IFAM mit der Automobilbranche ist eine ausgezeichnete Grundlage dafür. Unser Institut beschäftigt sich im Rahmen von FSEM II vor allem mit der Komponentenentwicklung für den elektrischen Antriebsstrang. Dieses Forschungsthema ist ein kennzeichnendes Beispiel für den raschen Kompetenzaufbau innerhalb des Fraunhofer IFAM über alle Bereiche und Standorte hinweg. Dies schließt u. a. die Gießereitechnologie, die Oberflächentechnik für Isolationsbeschichtungen, die Funktionswerkstoffe zur Energiespeicherung, die Projektgruppe »Elektrische Energiespeicher« in Oldenburg sowie den Institutsteil Dresden ein, der gemeinsam mit Partnern an der thermochemischen Wasserstoffspeicherung für Brennstoffzellen und Verbrennungsmotoren forscht.

In diesem Zusammenhang seien auch mehrere neu gestartete Projekte genannt, in denen Produktionstechnologien für die serienflexible Herstellung von Stator- und Rotorpaketen von E-Antrieben bzw. Serienprozesse für die Produktion von Elektrofahrzeugen entwickelt werden.

Auch in der europäischen Luftfahrt geht es weiter: Unsere erfolgreichen Forschungsaktivitäten zur nachhaltigen Stärkung der Umweltverträglichkeit und Wettbewerbsfähigkeit trugen dazu bei, 2012 ein Projekt »CleanSky II« zu initiieren, das 2014 starten und in dem Fraunhofer einer der Kernpartner sein wird.

Große Fortschritte macht die Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM in Stade. Im Forschungszentrum CFK Nord wurden mehrere Spezialanlagen für Roboter-gestützte Prozesse konzipiert, aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Automatisierung des Einrichtens, Präzisionsbearbeitens und Fügens von FVK-Großstrukturen beginnt – ein Schritt in Richtung der zukünftig automatisierten Montage von XXL-Bauteilen, z. B. im Luftfahrt- und Windenergiesektor.

Weitere bedeutsame Projekte hätten es verdient, an dieser Stelle herausgehoben zu werden. Allen gemein sind das große Engagement und die beeindruckende Leidenschaft, mit denen unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in diesen Vorhaben arbeiten. Ihnen gilt unser besonderer Dank. Umso mehr freut es uns, wenn Einsatz und Ideenreichtum der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durch Preise ausgezeichnet werden, an dieser Stelle seien stellvertretend genannt der Joseph-von-Fraunhofer-Preis für bahnbrechende Entwicklungen bei Atmosphärendruck-Plasmaprozessen sowie der AVK-Innovationspreis für die tiefziehfähige Trennfolie Flex^{Plas}®.

Unsere F&E-Leistungen werden verstärkt nachgefragt. Um zukünftig nicht nur hinsichtlich der technischen, sondern auch der räumlichen Kapazitäten schnell und flexibel agieren zu können, begannen vor Kurzem die Arbeiten für einen Erweiterungsbau in Bremen.

Im Folgenden erfahren Sie beispielhaft für die sieben Kernkompetenzen, mit welchen Zielen und Herausforderungen sich unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigen – und wie ihre Antworten aussehen.

Viel Freude beim Lesen wünschen

Handwritten signature of Matthias Busse in black ink.

Matthias Busse

Handwritten signature of Bernd Mayer in black ink.

Bernd Mayer

INHALT

VORWORT

2

DAS INSTITUT IM PROFIL

Das Institut im Profil	6
Kurzporträt und Organigramm	8
Das Institut in Zahlen	9
Betriebs- und Investitionshaushalt	10
Erträge Betriebshaushalt	10
Personalentwicklung	11
Das Kuratorium des Instituts	13
Die Fraunhofer-Gesellschaft	14
VERBÜNDE ALLIANZEN ACADEMY	
Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS	16
Fraunhofer-Allianzen	18
Fraunhofer Academy	19
KOMPETENZEN UND KNOW-HOW	
Formgebung und Funktionswerkstoffe	20
Klebtechnik und Oberflächen	24
ARBEITSGEBIETE UND ANSPRECHPARTNER	28
AUSSTATTUNG	
Formgebung und Funktionswerkstoffe	34
Klebtechnik und Oberflächen	36
QUALITÄTSMANAGEMENT	39

STRATEGISCHE PLANUNG

Strategische Planung – »Der Weg ist das Ziel«	40
---	----

METALLISCHE SINTER-, VERBUND- UND ZELLULARE WERKSTOFFE

Kernkompetenz	42
Elektromobilität: Mehr Reichweite durch weniger Gewicht	44
Energie aus Abwärme – thermoelektrische Materialien für industrielle Anwendungen	48
Hochleistungs-Energiespeicher für die Herausforderungen der Energiewende	52

PULVERTECHNOLOGIE

Kernkompetenz	56
Magnetische Kräfte: Hart- und weichmagnetische Materialien für Elektromobilität und alternative Energietechniken	58
Intelligente Strukturen für Robotersysteme	61

GIESSEREITECHNOLOGIE

Kernkompetenz	64
Gießtechnisch verbunden: Hybride CFK-Aluminium-Fügeverbindung für den Leichtbau	66

KLEBTECHNIK

Kernkompetenz	70
Leitfaden »Kleben – aber richtig«	72
Kleben im Ingenieurholzbau	75
Schwingfestigkeitsauslegung von geklebten Fahrzeug-Stahlbauteilen unter Belastung mit variablen Amplituden	78



OBERFLÄCHENTECHNIK

Kernkompetenz	82
Größere Reichweite und CO ₂ -Einsparung für Automobile durch Reduzierung von Reibung und Verschleiß	84
Maßgeschneiderte UV-Lacke aus dem Fraunhofer IFAM	88
Entwicklung neuartiger polymerer Korrosionsinhibitoren für Aluminium- und Stahlanwendungen	92

FASERVERBUNDWERKSTOFFE

Kernkompetenz	96
Automatisierte FVK-Großstrukturmontage – Fraunhofer FFM entwickelt grundlegende Verfahren und Anlagen	98
Bahnbrechende Entwicklung: Mit Flex ^{PLAS®} lassen sich große Faserverbundbauteile ohne Trennmittel herstellen	107

ELEKTRISCHE KOMponentEN UND SYSTEME

Kernkompetenz	110
Gegossene Spulen für elektrische Maschinen	112
Elektromobilität – Wissensvorsprung durch Weiterbildung	116

INTERNATIONALISIERUNG

Internationalisierung – Brasilien und China im Fokus	118
--	-----

MENSCHEN UND MOMENTE

Stellvertretender Institutsleiter Andreas Hartwig zum Professor der Universität Bremen ernannt	122
Funktionale Schichten aus der Plasmadüse ausgezeichnet: Joseph-von-Fraunhofer-Preis für Dr. Jörg Ihde und Dr. Uwe Lommatzsch	123
AVK-Innovationspreis 2012 für Flex ^{PLAS®} -Trennfolie an Dr. Gregor Graßl und Dr. Matthias Ott	124
SURFAIR Award for Innovation an Dr. Malte Burchardt und Dr. Malte Kleemeier für Beizklebebänder zur lokalen Vorbehandlung von Aluminium	125
Effizienter Korrosionsschutz – Andreas Brinkmann mit Dr. Klaus Seppeler Stiftungspreis prämiert	126
Fabian Peters mit »DRIVE-E-Studienpreis« geehrt	127

NAMEN | DATEN | EREIGNISSE

Überblick	128
INHALT	131
Konferenzen Tagungen Workshops	132
Wissenschaftliche Veröffentlichungen	133
Patente	155
Ehrungen und Preise	156
IMPRESSUM	157

DAS INSTITUT IM PROFIL

Das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM leistet aktive Forschungs- und Entwicklungsarbeit in zwei Institutsbereichen.

Formgebung und Funktionswerkstoffe

Der Institutsbereich Formgebung und Funktionswerkstoffe konzentriert sich an den Standorten Bremen, Dresden und Oldenburg auf maßgeschneiderte Werkstofflösungen mit optimierten Fertigungsverfahren und Prozessen.

Das Spektrum der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten reicht vom Werkstoff über Formgebung bis hin zur Funktionalisierung von Bauteilen und Systemen. Daraus resultieren kundenspezifische Lösungen, die vor allem aus der Automobilindustrie, der Medizintechnik, der Luft- und Raumfahrt, der Umwelt- und Energietechnik, dem Maschinen- und Anlagenbau und der Elektronikindustrie nachgefragt werden.

In der Formgebung stehen Entwicklungen zur wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Fertigung von immer komplexer werdenden Präzisionsbauteilen und Komponenten im Fokus. Aufbauend vor allem auf den Kernkompetenzen Pulvertechnologie und Gießereitechnologie wird daran gearbeitet, die Funktionsdichte in Bauteilen zu steigern. Das Angebot umfasst neben der Auslegung der Bauteile und der Simulation der Formgebungsprozesse die fertigungstechnische Umsetzung und die zugehörige Schulung des Personals der Unternehmen.

Bei den Funktionswerkstoffen stehen Entwicklungen zur Verbesserung bzw. Erweiterung von Materialeigenschaften und der Verarbeitung der Werkstoffe im Mittelpunkt. Die Funktionswerkstoffe können sowohl im Fertigungsprozess direkt in das Bauteil integriert als auch auf Oberflächen appliziert werden. Sie verleihen dem Bauteil zusätzliche oder ganz neue Eigenschaften, wie beispielsweise elektrische oder sensorische Funktionen.

In der Kernkompetenz Sinter-, Verbund- und zelluläre Werkstoffe geht es neben der Entwicklung und Qualifizierung dieser Werkstoffe um pulvermetallurgische Verfahren und Sinter Techniken. Biomaterialien, Leichtmetalle und Funktionswerkstoffe zur Energiespeicherung und -umwandlung runden das Portfolio ab.

Die Kernkompetenz Elektrische Komponenten und Systeme kennzeichnet den ganzheitlichen Ansatz insbesondere mit Blick auf Elektromobilität. Sie umfasst die Entwicklung von elektrischen Energiespeichern (Batterien und Wasserstoffspeicher), die Entwicklung elektrischer Antriebstechnik wie auch das Prüfen, Testen, Bewerten und Optimieren des Gesamtsystems. In der Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg wird zudem die Basis für neue Fahrzeug- und Verkehrskonzepte gelegt.

Klebtechnik und Oberflächen

An den Standorten Bremen und Stade bietet der Institutsbereich Klebtechnik und Oberflächen der Wirtschaft qualifizierte Entwicklungen für die Klebtechnik, Oberflächen- und Lacktechnik sowie die Faserverbundtechnologie an.

Die Leistungen werden von vielen industriellen Partnern aus sehr unterschiedlichen Branchen nachgefragt. Die wichtigsten Märkte und Kunden sind zurzeit der gesamte Transportmittelbau – Luft, Straße, Schiene, Wasser – sowie dessen Zulieferer, die Energietechnik, die Medizin- und Mikrosystemtechnik, die Verpackungs-, Textil- und Elektroindustrie sowie die Baubranche.

Die Kernkompetenz Klebtechnik umfasst die FuE-Schwerpunkte Materialentwicklung (Klebstoffformulierungen, bioinspirierte Materialien), Materialcharakterisierung (Kennwertermittlung, Analytik), Klebtechnische Fertigung (Applikationsverfahren, Prozessentwicklung, Automatisierung, Simula-



Forschen

Entwickeln

Anwenden

tion), Berechnung und numerische Simulation von Strukturen, Werkstoff- und Bauteilprüfung sowie die Anerkannte Stelle des Eisenbahn-Bundesamtes nach DIN 6701.

Die Kernkompetenz Oberflächentechnik beinhaltet die FuE-Felder Plasmatechnik (Atmosphärendruck- und Niederdruck-Plasmatechnik, VUV-Excimer-Technik), Lacktechnik (Beschichtungsstoffe, Funktionsbeschichtungen und deren Anwendungs- und Verfahrenstechnik) sowie Adhäsions- und Grenzflächenforschung (Oberflächen- und Nanostrukturanalytik, Computational Chemistry, Elektrochemie, Qualitätssicherung Oberfläche).

Sämtliche Kompetenzen der Klebtechnik sowie der Oberflächen- und Lacktechnik forcieren zudem die FuE-Aktivitäten in der Faserverbundtechnologie. In dieser Kernkompetenz wird entlang der werkstofflichen Prozesskette die Entwicklung von Matrixharzen, die Faser-Matrix-Haftung sowie die Be- und Verarbeitung von Faserverbundkunststoffen bearbeitet. Dimensionierungen von Verbindungen, Prozessentwicklung und das automatisierte Fügen und Montieren großer Strukturen – inklusive Präzisionsbearbeitung und Anlagentechnik, Messtechnik sowie Robotik – vervollständigen das Portfolio.

Das Klebtechnische Zentrum und das Kunststoff-Kompetenzzentrum ergänzen die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durch die zertifizierende Weiterbildung in den Bereichen Klebtechnik und Faserverbundtechnologie. Das Personalqualifizierungskonzept des Klebtechnischen Zentrums wird in deutscher und englischer Sprache weltweit angeboten, bei Bedarf auch maßgeschneidert für multinational tätige Unternehmen.

Kompetenznetzwerk am Fraunhofer IFAM

Formgebung und Funktionswerkstoffe

- Biomaterial-Technologie
- Elektrische Energiespeicher
- Elektrische Systeme
- Funktionsstrukturen
- Gießereitechnologie und Komponentenentwicklung
- Materialographie und Analytik
- Pulvertechnologie
- Sinter- und Verbundwerkstoffe
- Thermisches Management
- Wasserstofftechnologie
- Zelluläre metallische Werkstoffe

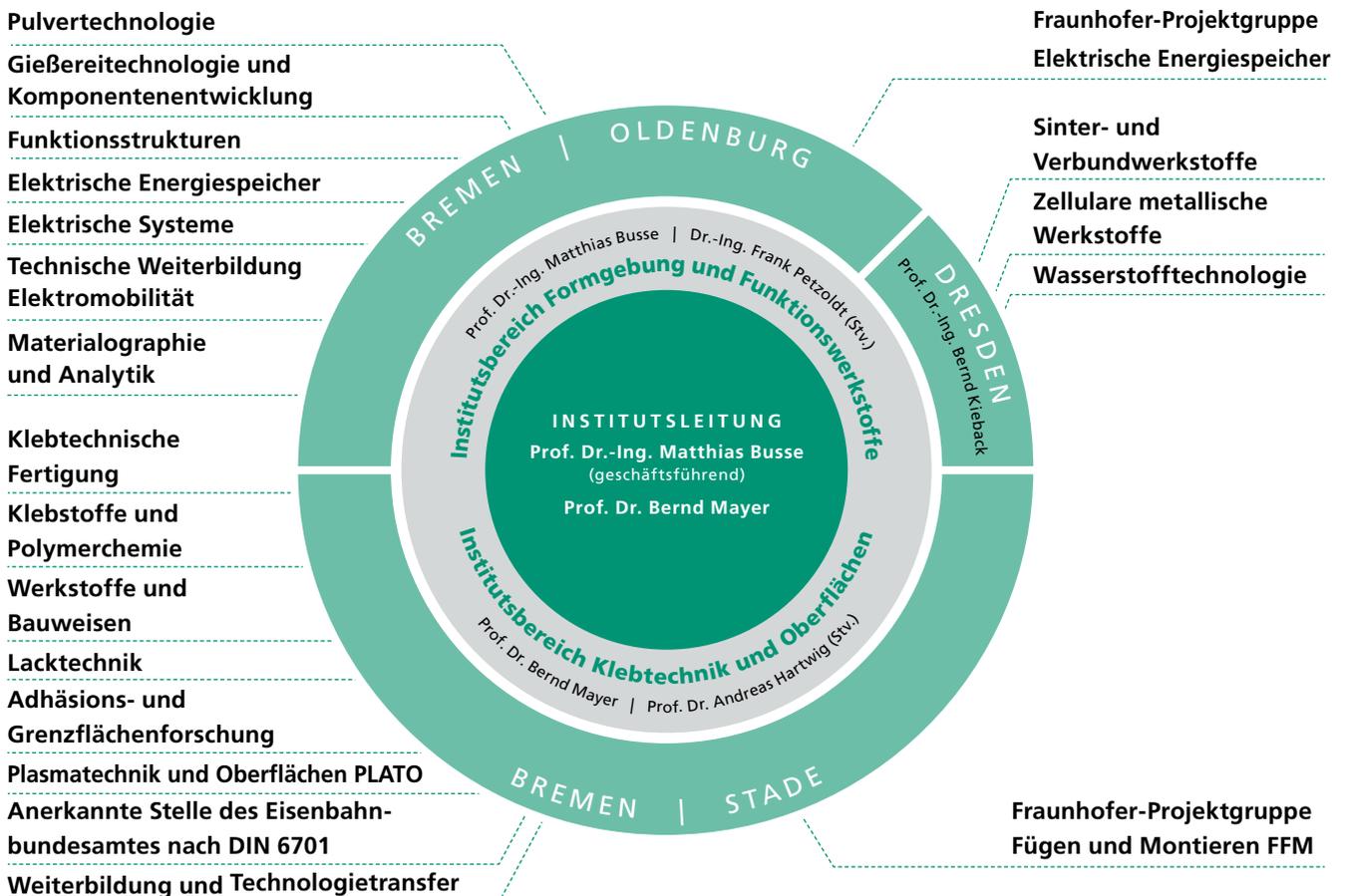
Klebtechnik und Oberflächen

- Anerkannte Stelle des Eisenbahn-Bundesamtes nach DIN 6701
- Adhäsions- und Grenzflächenforschung
- Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM
- Klebstoffe und Polymerchemie
- Klebtechnische Fertigung
- Lacktechnik
- Plasmatechnik und Oberflächen PLATO
- Prozessreviews
- Weiterbildung und Technologietransfer
- Werkstoffe und Bauweisen

KURZPORTRÄT UND ORGANIGRAMM

Das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM wurde 1968 als Arbeitsgruppe für angewandte Materialforschung gegründet und 1974 als Institut in die Fraunhofer-Gesellschaft eingegliedert. Als Vertragsforschungsinstitut mit neuen Schwerpunkten und systematischer Erweiterung entstand eine enge Kooperation mit der Universität Bremen. Die Institutsleiter wurden auf Lehrstühle im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen berufen. Das Institut hat Standorte in Bremen und Dresden sowie Fraunhofer-Projektgruppen in Oldenburg und Stade.

Seit 2003 leitet Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse als geschäftsführender Institutsleiter den Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe. Prof. Dr. Bernd Mayer leitet seit 2010 als Mitglied der Institutsleitung den Bereich Klebtechnik und Oberflächen. In den beiden Institutsbereichen Formgebung und Funktionswerkstoffe sowie Klebtechnik und Oberflächen zählt das Institut als neutrale, unabhängige Einrichtung zu den größten in Europa. 2012 betrug der Gesamthaushalt des Fraunhofer IFAM 42,3 Millionen Euro, beschäftigt waren 569 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.



DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Der Gesamthaushalt des Fraunhofer IFAM (Aufwendungen und Investitionen) im Jahr 2012 setzte sich zusammen aus den Haushalten der beiden Institutsbereiche Formgebung und Funktionswerkstoffe sowie Klebtechnik und Oberflächen.

Haushalt

Der vorläufige Gesamthaushalt belief sich auf insgesamt 42,3 Millionen Euro. Die einzelnen Institutsteile erreichten nachstehende Ergebnisse:

Formgebung und Funktionswerkstoffe Bremen

Betriebshaushalt (BHH)	10,0 Mio €
eigene Erträge (BHH) davon	7,7 Mio €
Wirtschaftserträge	4,2 Mio €
Bund/Land/EU/Sonstige	3,5 Mio €
Investitionshaushalt (IHH)	2,4 Mio €

Formgebung und Funktionswerkstoffe Dresden

Betriebshaushalt (BHH)	4,6 Mio €
eigene Erträge (BHH) davon	4,1 Mio €
Wirtschaftserträge	1,5 Mio €
Bund/Land/EU/Sonstige	2,6 Mio €
Investitionshaushalt (IHH)	0,4 Mio €

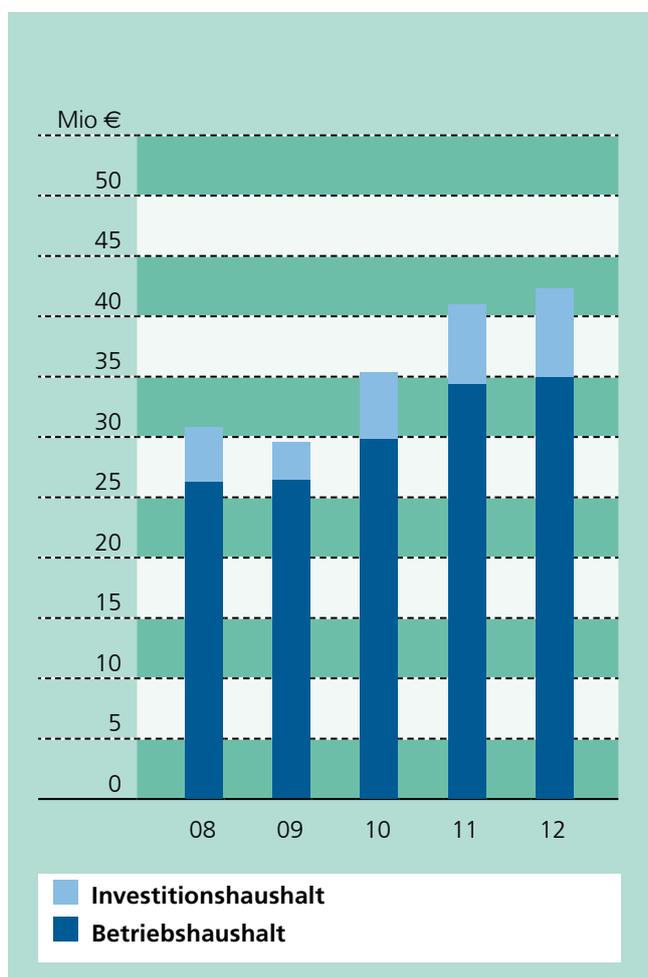
Klebtechnik und Oberflächen Bremen

Betriebshaushalt (BHH)	18,1 Mio €
eigene Erträge (BHH) davon	14,4 Mio €
Wirtschaftserträge	10,3 Mio €
Bund/Land/EU/Sonstige	4,1 Mio €
Investitionshaushalt (IHH)	2,5 Mio €

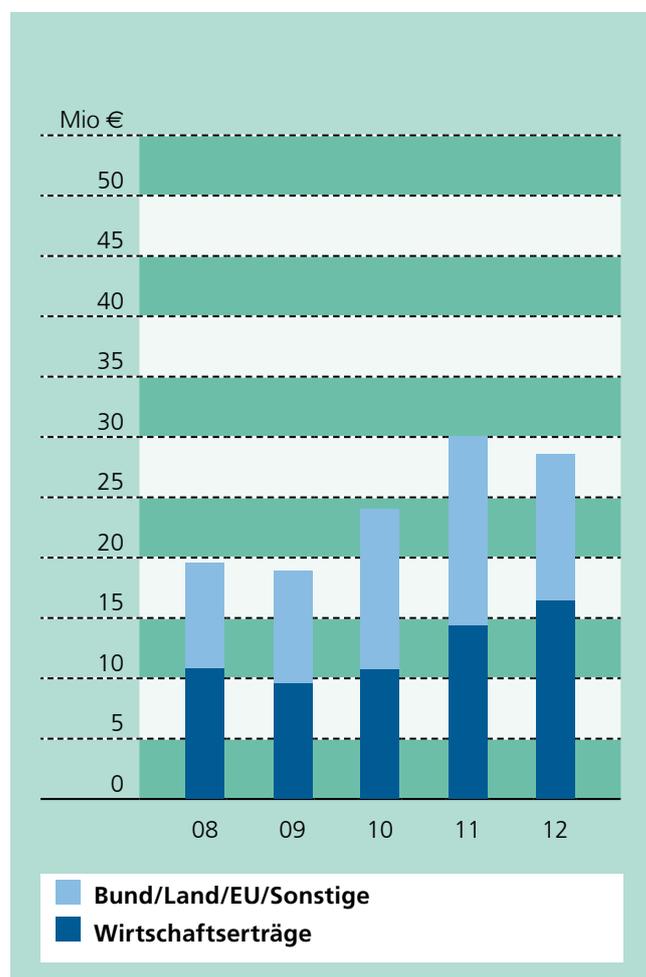
Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM Stade

Betriebshaushalt (BHH)	2,3 Mio €
eigene Erträge (BHH) davon	2,3 Mio €
Wirtschaftserträge	0,4 Mio €
Bund/Land/EU/Sonstige	1,9 Mio €
Investitionshaushalt (IHH)	2,0 Mio €

BETRIEBS- UND INVESTITIONS- HAUSHALT



ERTRÄGE BETRIEBSHAUSHALT

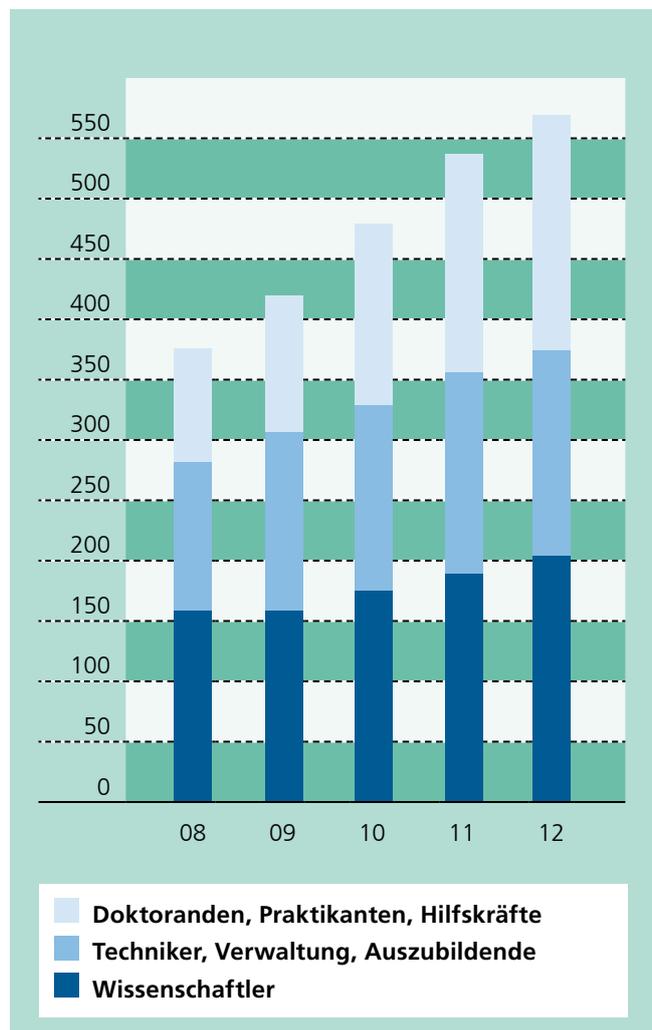


PERSONALENTWICKLUNG

Am 31. Dezember 2012 waren am Fraunhofer IFAM an den Standorten Bremen, Dresden, Oldenburg und Stade insgesamt 569 Personen (davon 92 Prozent im wissenschaftlich-technischen Bereich) tätig. Im Vergleich zum Vorjahr konnte das Institut bei der Zahl der fest angestellten Mitarbeiter einen Zuwachs von 6 Prozent verzeichnen.

Personalstruktur 2012

Wissenschaftler	204
Technische Mitarbeiter	120
Verwaltung/interne Dienste/Azubis	50
Doktoranden/Praktikanten/Hilfskräfte	195
Insgesamt	569



DAS INSTITUT IM PROFIL



DAS KURATORIUM DES INSTITUTS

Mitglieder

Dr. Rainer Rauh

Vorsitzender des Kuratoriums
Airbus Deutschland GmbH
Bremen

Prof. Dr. Ramon Bacardit

Henkel AG & Co. KGaA
Düsseldorf

Regierungsdirektorin

Dr. Annerose Beck

Sächsisches Staatsministerium
für Wissenschaft und Kunst
Dresden

Prof. Dr. Rolf Drechsler

Universität Bremen
Bremen

Dr. Klaus Dröder

Volkswagen AG
Wolfsburg
(bis Juni 2012)

Michael Grau

Mankiewicz Gebr. & Co.
Hamburg

Dr. Stefan Kienzle

Daimler AG
Sindelfingen

Prof. Dr. Jürgen Klenner

Airbus Deutschland GmbH
Bremen

Dr. Johannes Kurth

KUKA Roboter GmbH
Augsburg

Carsten Meyer-Rackwitz

tesa SE
Hamburg

Dr. Matthias Müller

Robert Bosch GmbH
Stuttgart

Reinhard Nowak

Glatt GmbH
Binzen
(bis März 2012)

Dr. Ralf-Jürgen Peters

TÜV Rheinland
Consulting GmbH
Köln

Staatsrat

Dr. Joachim Schuster

Die Senatorin für Bildung,
Wissenschaft und Gesundheit
der Freien Hansestadt Bremen
Bremen

Jan Tengzelius M. Sc.

Höganäs AB
Höganäs, Schweden

Christoph Weiss

BEGO Bremer Goldschlägerei
Wilh. Herbst GmbH & Co. KG
Bremen

Gäste

Dr. Georg Oenbrink

Evonik Industries AG
Essen

Johann Wolf

BMW AG
Landshut

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 66 Institute und selbstständige Forschungseinrichtungen. Rund 22 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,9 Milliarden Euro. Davon fallen 1,6 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung

der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

www.fraunhofer.de

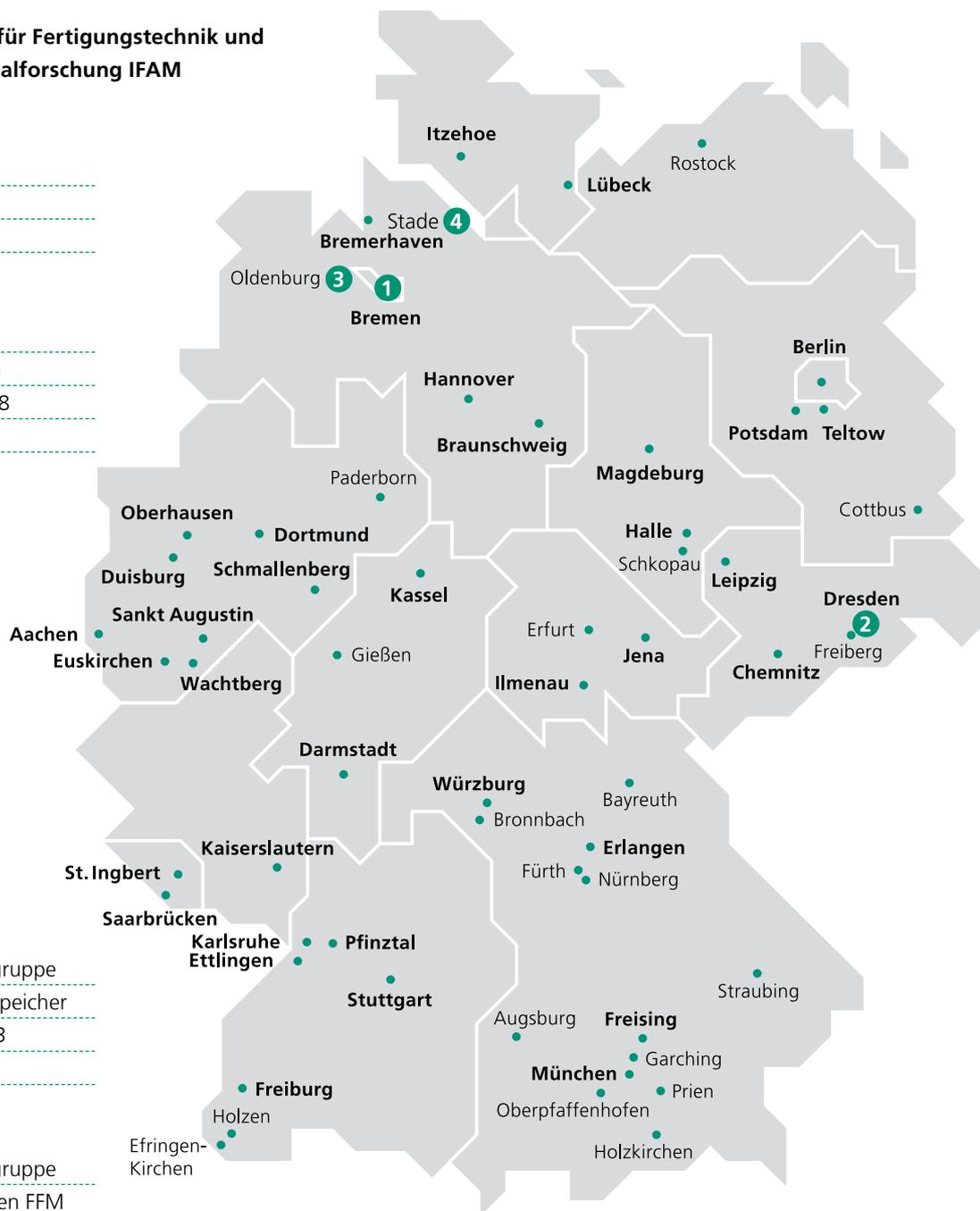
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

- 1** Fraunhofer IFAM
Wiener Straße 12
28359 Bremen

- 2** Fraunhofer IFAM
Institutsteil Dresden
Winterbergstraße 28
01277 Dresden

- 3** Fraunhofer-Projektgruppe
Elektrische Energiespeicher
Marie-Curie-Str. 1-3
26129 Oldenburg

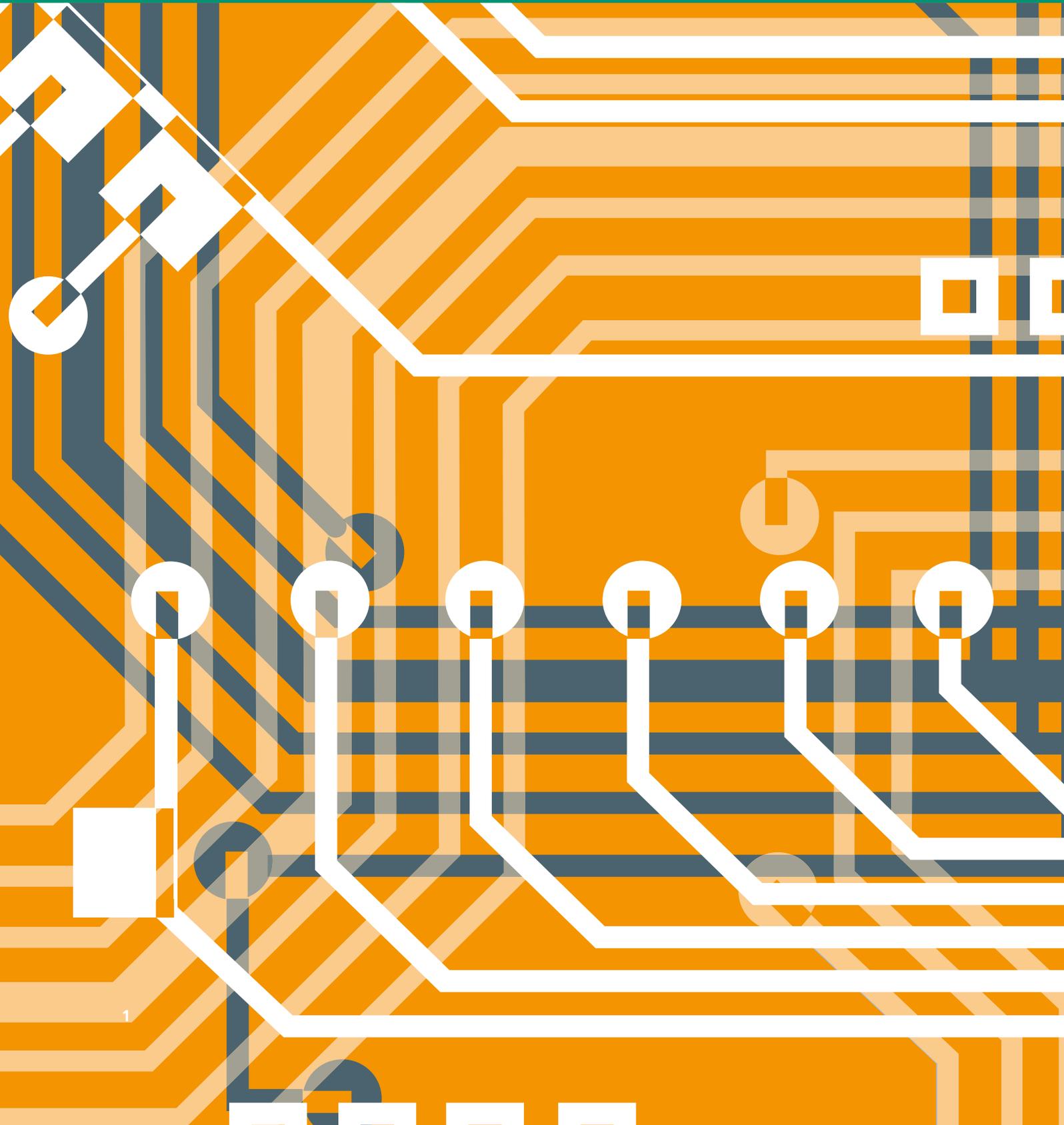
- 4** Fraunhofer-Projektgruppe
Fügen und Montieren FFM
Forschungszentrum CFK Nord
Ottenbecker Damm 12
21684 Stade



Institute und Einrichtungen
Weitere Standorte

VERBÜNDE | ALLIANZEN | ACADEMY

VERNETZT BEI FRAUNHOFER



FRAUNHOFER-VERBUND WERKSTOFFE, BAUTEILE – MATERIALS

Fachlich verwandte Institute organisieren sich in Forschungsverbänden und treten gemeinsam am FuE-Markt auf. Sie wirken in der Unternehmenspolitik sowie bei der Umsetzung des Funktions- und Finanzierungsmodells der Fraunhofer-Gesellschaft mit.

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS bündelt die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft.

Fraunhofer-Materialforschung umfasst die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Herstelltechnologie im industrienahen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors und Technika gleichrangig die Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt. Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe sowie Halbleitermaterialien ab.

Mit Schwerpunkt setzt der Verbund sein Know-how in den Geschäftsfeldern Energie und Umwelt, Mobilität, Gesundheit, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen und Wohnen, Mikrosystemtechnik sowie Sicherheit ein. Über maßgeschneiderte Werkstoff- und Bauteilentwicklungen sowie die Bewertung des kundenspezifischen Einsatzverhaltens werden Systeminnovationen realisiert.

Schwerpunktt Themen des Verbundes sind:

- Erhöhung von Sicherheit und Komfort sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in den Bereichen Verkehrstechnik, Maschinen- und Anlagenbau
- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energieerzeugung, Energiewandlung und Energiespeicherung
- Verbesserung der Biokompatibilität und der Funktion von medizin- oder biotechnisch eingesetzten Materialien
- Erhöhung der Integrationsdichte und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Bauteilen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik
- Verbesserung der Nutzung von Rohstoffen und Qualitätsverbesserung der daraus hergestellten Produkte

www.materials.fraunhofer.de

Vorsitzender des Verbundes

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Stv. Vorsitzender des Verbundes

Prof. Dr. Peter Gumbusch

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse

matthias.busse@ifam.fraunhofer.de

Prof. Dr. Bernd Mayer

bernd.mayer@ifam.fraunhofer.de

1 Key Visual des Fraunhofer-Symposium »Netzwerk« 2012 (Quelle: MEV).

FRAUNHOFER-ALLIANZEN

Institute oder Abteilungen von Instituten mit unterschiedlichen Kompetenzen kooperieren in Fraunhofer-Allianzen, um ein Geschäftsfeld gemeinsam zu bearbeiten und zu vermarkten.

Fraunhofer-Allianz Adaptronik

www.adaptronik.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann
franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion

www.automobil.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann
franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. Manfred Peschka MBA
manfred.peschka@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Batterien

www.batterien.fraunhofer.de

Ansprechpartner am Fraunhofer IFAM

Dr. Julian Schwenzel
julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Bau

www.bau.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr. Till Vallée
till.vallee@ifam.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann
franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

www.generativ.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr.-Ing. Frank Petzoldt
frank.petzoldt@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Leichtbau

www.leichtbau.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr. Markus Brede
markus.brede@ifam.fraunhofer.de
Dr.-Ing. Günter Stephani
guenter.stephani@ifam-dd.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

www.nano.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Prof. Dr. Andreas Hartwig
andreas.hartwig@ifam.fraunhofer.de
Prof. Dr. Bernd Günther
bernd.guenther@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

www.photokatalyse.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr. Dirk Salz
dirk.salz@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen (POLO)

www.polo.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr. Uwe Lommatzsch
uwe.lommatzsch@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

www.allianz-reinigungstechnik.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dipl.-Ing. (FH) Sascha Buchbach
sascha.buchbach@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Simulation

www.simulation.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz und Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Andreas Burbliès
andreas.burbliès@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Verkehr

www.verkehr.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr.-Ing. Gerald Rausch
gerald.rausch@ifam.fraunhofer.de

FRAUNHOFER ACADEMY

Die Fraunhofer Academy bündelt die Weiterbildungsangebote der Fraunhofer-Gesellschaft unter einem Dach.

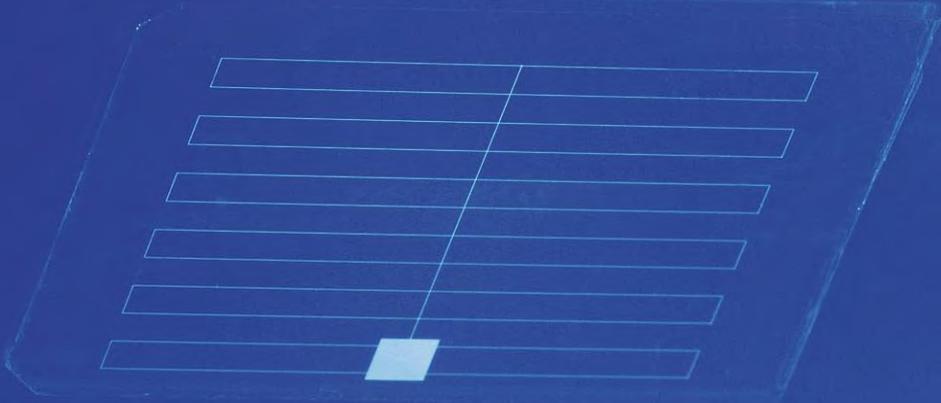
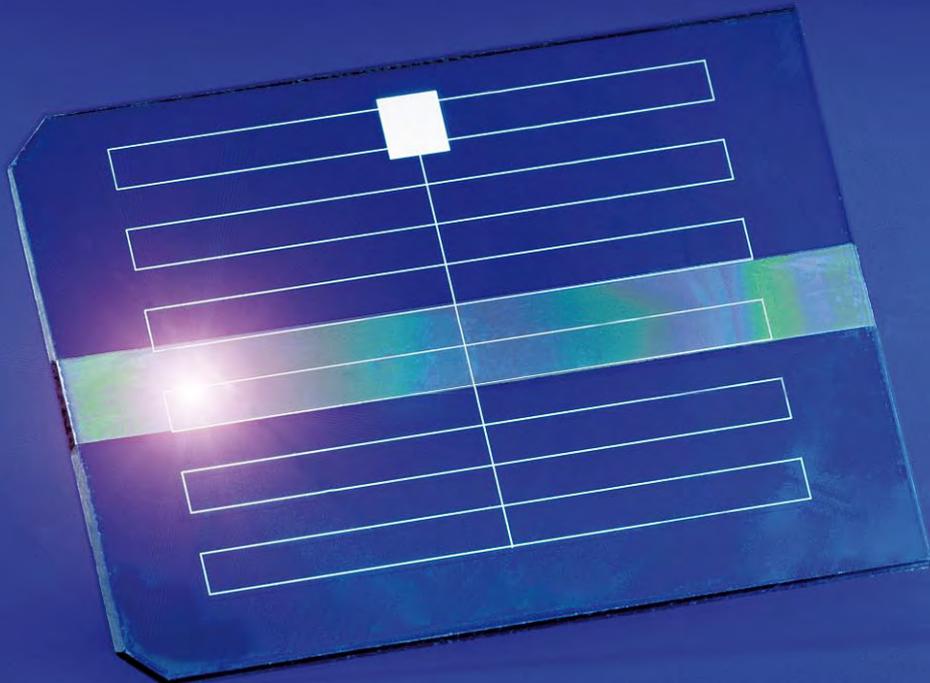
www.academy.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Prof. Dr. Andreas Groß
andreas.gross@ifam.fraunhofer.de
www.kleben-in-bremen.de | www.kunststoff-in-bremen.de

Dr.-Ing. Marcus Maiwald
marcus.maiwald@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de/fachkraft-emobility

KOMPETENZEN UND KNOW-HOW





2



3

FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

Bei der Erarbeitung von komplexen Systemlösungen spielen Netzwerke von Partnern aus der Wirtschaft und Forschungseinrichtungen eine entscheidende Rolle. Hier sind, insbesondere an den Schnittstellen der unterschiedlichen Fachrichtungen, Methodenkompetenz und exzellentes Fachwissen gefordert. Die Kompetenz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Fraunhofer IFAM und die Vernetzung mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft sind der Garant für die Erarbeitung innovativer Lösungen für die Wirtschaft.

Der Transfer von anwendungsorientierter Grundlagenforschung in produktionstechnisch umsetzbare Lösungen oder bauteilbezogene Entwicklungen ist eine Aufgabe, die eine ständige Erweiterung der Wissensbasis und der Methodenkompetenz erfordert. Deshalb hat der kontinuierliche Ausbau von spezifischen Kompetenzen und Know-how am Institutsbereich Formgebung und Funktionswerkstoffe des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM einen hohen Stellenwert.

Das Spektrum unserer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten reicht von anwendungsorientierter Grundlagenforschung bis hin zur Umsetzung in Produkte und zur Unterstützung bei der Fertigungseinführung.

Multifunktionsbauteile mit integrierter Sensorfunktion stellen spezifische Anforderungen an die eingesetzten Werkstoffe. Durch Kombinationen verschiedener Werkstoffe in einer Komponente können Eigenschaften lokal maßgeschneidert werden. Diese Materialkombinationen zu gestalten und in Fertigungsprozessen zu beherrschen ist eine wesentliche Aufgabe beim Ausbau der Kompetenz. Die Bandbreite reicht hier von Materialkombinationen Metall–Metall, Metall–Keramik bis hin zu Kombinationen mit CFK.

Die Kernkompetenz »Pulvertechnologie« umfasst Fertigungsverfahren wie Spritzguss, die heutzutage Anwendung bei der Herstellung von geometrisch anspruchsvollen Bauteilen aus zahlreichen metallischen Legierungen und aus keramischen Werkstoffen finden. Es ist gelungen, die unterschiedlichen Eigenschaften von Werkstoffen auch gezielt lokal im Bauteil zur Anwendung zu bringen. So lassen sich Werkstoffeigenschaften wie z. B. hart–weich, dicht–porös oder Werkstoffe mit sensorischen Eigenschaften maßgeschneidert in Bauteile integrieren. Besonders interessant sind diese Entwicklungen in der Mikrobauteilfertigung, wo durch solche integrierten fertigungstechnischen Lösungen die Einsparung der Mikromontage erreicht werden kann.

Besonders für die Entwicklung des »INKtelligent printing®« sind Formulierungen von funktionellen Tinten und Pasten sowie Kenntnisse zu deren Applikation auf Komponenten erarbeitet worden. Damit ist es möglich, Bauteile mit Sensorik auszustatten und so z. B. Betriebs- oder Umgebungsbedingungen zu erfassen.

- 1 *Verbindung von Druck- und PVD-Technologien zur Herstellung von Dünnschichtsolarzellen*
- 2 *Wärmeleitende Kompositrohre zur Meerwasserentsalzung.*
- 3 *Additiv (SLM) gefertigtes Kalibrierwerkzeug mit internen Vakuum- und Kühlkanälen.*

Mit modernster Gießereieinrichtung und Analytik sowie einem umfassenden Know-how zur Verarbeitung von Aluminium- und Magnesiumlegierungen mittels Druckguss hat sich das Fraunhofer IFAM gut im Markt positioniert. Neben der Optimierung der Gießprozesse mit Dauerform wird der Ausbau der Kernkompetenz »Gießereitechnologie« auch mit dem Lost-Foam-Gießverfahren kontinuierlich vorangetrieben. Bei der Entwicklung der »CAST^{tronics}®-Technologie« wird ein verfahrenstechnischer Ansatz verfolgt, der es den Gießereien ermöglicht, Funktionskomponenten direkt im Gießprozess selbst zu integrieren.

Die Umsetzung von zellularen metallischen Werkstoffen in Produkte ist auf einem hohen Know-how-Stand. Hier werden spezielle Lösungen für Märkte wie z. B. den Dieselpartikelfilter erarbeitet und damit das Prozesswissen kontinuierlich erweitert. Das eigene Themenportfolio wird konsequent mit den Bedürfnissen des Marktes abgeglichen, woraus neue technologische Herausforderungen abgeleitet werden. Hierbei spielen Fragen der Produktinnovation unter strikten wirtschaftlichen Randbedingungen eine genauso wichtige Rolle wie der Beitrag der Forschungsergebnisse zur Verbesserung der Lebensqualität und einer nachhaltigen Entwicklung für die Bereiche Transport, Energie, Medizin und Umwelt.

Auch weiterhin sind Werkstoffe und deren Verarbeitung bei allen Produktinnovationen ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Besonders ist das für die Urformverfahren hervorzuheben, da im Fertigungsprozess gleichzeitig Werkstoffeigenschaften und die Bauteilgeometrie beeinflusst werden können. Der sich daraus ergebende Markt wächst aufgrund zunehmender Produktkomplexität.

Werkstoffeigenschaften und Technologien für strukturelle und funktionelle Anwendungen werden maßgeschneidert und charakterisiert. Hierzu werden Hochleistungswerkstoffe, Verbundwerkstoffe, Gradientenwerkstoffe und Smart Materials weiterentwickelt sowie Fertigungstechnologien zur Integration der Eigenschaften in Komponenten erarbeitet.

Die Vertiefung der Werkstoffkompetenz in den speziellen Bereichen der Funktionswerkstoffe wie z. B. Magneten, den Thermal-Management-Materialien, thermoelektrischen und magnetokalorischen Werkstoffen sowie Nanokompositen eröffnet unseren Kunden neue Chancen für Produktentwicklungen und rundet die Kernkompetenz »Metallische Sinter-, Verbund- und zellulare Werkstoffe« ab.

Ein sich weiterhin dynamisch entwickelndes Arbeitsgebiet ist das Thema Elektromobilität mit den Schwerpunkten Energiespeicher, Antriebstechnik und Systemprüfung. Diese bilden wesentliche Elemente der relativ jungen Kernkompetenz »Elektrische Komponenten und Systeme«. Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen hier Entwicklung, Aufbau und Erprobung von Komponenten für Elektrofahrzeuge und deren Integration in Systeme. Ein Beispiel hierfür ist der Fraunhofer-Radnabenmotor, der maßgeblich am Fraunhofer IFAM entwickelt wurde. Ein Leistungszentrum für die Prüfung des kompletten elektrischen Antriebsstrangs ist bereits aufgebaut. Das Angebot umfasst dabei die gezielte Untersuchung und Bewertung von Elektromotoren, Leistungsumrichtern, Steuerungssystemen und Traktionsbatterien. Dazu gehört neben Versuchen zur Batteriealterung auch die Charakterisierung von Dauerlauf-eigenschaften elektrischer Antriebssysteme anhand von standardisierten bzw. realen Fahrzyklen.



4



5

Perspektiven

Die weitere Entwicklung komplexer Antriebssysteme wie z. B. Radnabenmotoren stellt auch in Zukunft ein interessantes Aufgabengebiet am Institutsbereich Formgebung und Funktionswerkstoffe des Fraunhofer IFAM dar. Gerade die Verbindung der eigentlichen Antriebsentwicklung mit der Umsetzung in einen Prototyp und dessen praktischer Erprobung ist hier vor dem Hintergrund der Nutzung fertigungs- und prüftechnischer Kompetenzen des Instituts zu nennen. Der Aufbau und die Einbindung von Gesamtfahrzeugmodellen in die Untersuchung von Batterien und Antriebsmotoren in Form von »Hardware in the Loop«-Simulationen auf dem IFAM-Antriebsstrangprüfstand stellt eine weitere interessante Ergänzung dar.

Die Entwicklung neuer fertigungstechnischer Möglichkeiten für eine kostengünstige Herstellung von Komponenten für den Antriebsstrang im Elektrofahrzeug hat eine große wirtschaftliche Attraktivität und stellt eine neue Herausforderung dar. Der Aufbau einer Fertigungszelle für die Funktionalisierung von Bauteilen und Oberflächen ist der nächste Schritt bei der Umsetzung und Einführung von Sensorintegration mittels Drucktechniken in bestehende industrielle Fertigungslinien.

Arbeitsschwerpunkte

- Werkstoffentwicklung und -modifikation: metallische Werkstoffe, Strukturwerkstoffe, Funktionswerkstoffe, Werkstoffverbunde, zelluläre Werkstoffe, Thermal-Management, Thermoelektrik
- Pulvermetallurgische Technologien: Spezialinterverfahren, Metal Injection Molding, Generative Verfahren, Nano- und Mikrostrukturierung
- Gießereitechnologien: Druckguss, Feinguss, Lost-Foam-Verfahren
- Funktionalisierung von Bauteilen: Sensorik, Aktorik, Nano- und Mikrostrukturierung
- Werkstoffanalytik und Materialographie
- Entwicklung und Aufbau von elektrischen Komponenten und deren Integration in Systeme, Prüfung von Komponenten des elektromotorischen Antriebsstrangs
- Material- und Prozessentwicklung für neuartige Energiespeicher: nanostrukturierte Elektroden, Fertigung von Zellkomponenten, Batteriemesstechnik, elektrochemische Analyse
- Wasserstofftechnologie
- Erprobung und Untersuchung von Ladeinfrastrukturen für Elektromobilität, Analyse von Flottenversuchen, Technische Weiterbildung / Lehrgänge – national und international

4 Traumaplatzen aus hochgefülltem Polymilchsäure-Komposit, z. B. zur internen Fixation kleiner Handröhrenknochen.

5 Verbundwerkstoff einlaminiert in ein Sandwichbauteil zur Bauteilüberwachung.

KOMPETENZEN UND KNOW-HOW



KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN

Der Bereich Klebtechnik und Oberflächen des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM ist die europaweit größte unabhängige Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der industriellen Klebtechnik mit mehr als 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Im Mittelpunkt stehen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Klebtechnik, der Oberflächentechnik und der Faserverbundtechnologie mit dem Ziel, der Industrie anwendungsorientierte Systemlösungen zu liefern.

Multifunktionale Produkte, Leichtbau und Miniaturisierung – erreicht durch die intelligente Kombination von Werkstoffen und Fügeverfahren – bieten stetig neue technische Möglichkeiten, die vom Bereich Klebtechnik und Oberflächen realisiert werden. Die Aktivitäten reichen von der Grundlagenforschung über die Fertigung bis zur Markteinführung neuer Produkte gemeinsam mit Kooperationspartnern. Industrielle Einsatzfelder sind überwiegend der Transportmittelbau – Luft, Straße, Schiene, Wasser – sowie dessen Zulieferer, die Energietechnik, die Baubranche, die Verpackungs-, Textil- und Elektroindustrie sowie die Mikrosystem- und Medizintechnik.

Die Kernkompetenz »Klebtechnik« umfasst die Entwicklung und Charakterisierung von Klebstoffen, die beanspruchungsgerechte konstruktive Auslegung und Simulation von Kleb- und Hybridverbindungen sowie deren Charakterisierung, Prüfung und Qualifizierung. Planung und Automatisierung der industriellen Fertigung sowie Prozessreviews und zertifizierende Weiterbildungen im Kontext Klebtechnik und Faserverbundtechnologie runden das Profil ab.

Die Kernkompetenz »Oberflächentechnik« umfasst die Gebiete Plasmatechnik, Lacktechnik sowie Adhäsions- und Grenzflächenforschung. Maßgeschneiderte Oberflächenmodifizierungen – wie Oberflächenvorbehandlungen und funktionelle Beschichtungen – erweitern das industrielle Einsatzspektrum vieler Werkstoffe deutlich oder machen deren technische Verwendung überhaupt erst möglich. Die Optimierung der

Langzeitbeständigkeit von Klebungen und Beschichtungen inklusive der Früherkennung von Degradations- und Korrosionserscheinungen sowie der Validierung von Alterungsprüfungen und die prozessintegrierte Oberflächenkontrolle stehen im Fokus. Die Forschungsarbeiten im Kontext Alterung und Oberflächenvorbehandlung sind für die Klebtechnik und für Beschichtungen von hoher Relevanz – so werden Klebverbindungen und Beschichtungen sicherer und zuverlässiger.

Mit der Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM im Forschungszentrum CFK Nord in Stade baut das Fraunhofer IFAM seine Aktivitäten hinsichtlich der Großstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen zukunftsweisend aus – Fügen, Montieren, Bearbeiten, Reparieren und zerstörungsfreies Prüfen solcher Großstrukturen im 1:1-Maßstab. Dadurch wird in der Kernkompetenz »Faserverbundtechnologie« die Lücke zwischen Labor- bzw. Technikumsmaßstab und industrieller Anwendung geschlossen. Die bereits genannten Aspekte der Klebtechnik, Plasmatechnik, Lacktechnik, Adhäsions- und Grenzflächenforschung sind weitere wesentliche Elemente dieser Kernkompetenz. Sie wird ergänzt durch das Know-how zur Matrixharzentwicklung, zur Faser-Matrix-Haftung bis hin zur Dimensionierung von Verbindungen.

- 1 *Weniger Energieverlust durch reibmindernde siliziumorganische Plasmapolymerschicht auf einer Radialwellendichtung für Antriebswellen.*
- 2 *Prüfung der Haftung von Beschichtungen mittels Gitterschnitt.*

Der gesamte Institutsbereich Klebtechnik und Oberflächen ist nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert, die Prüflaboratorien Werkstoffprüfung, Korrosionsprüfung und Lacktechnik sind zusätzlich nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert. Das Klebtechnische Zentrum ist über DVS-PersZert® nach DIN EN ISO/IEC 17024 als akkreditierte Personalqualifizierungsstelle für die klebtechnische Weiterbildung international anerkannt. Es ist gemäß der Anerkennungs- und Zulassungsverordnung Weiterbildung (AZWV) bzw. der Akkreditierungs- und Zulassungsverordnung Arbeitsförderung (AZAV) zugelassen. Das Kunststoff-Kompetenzzentrum ist auch nach AZWV bzw. AZAV zugelassen und erfüllt die Qualitätsanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17024. Die »Anerkannte Stelle« für das Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen ist nach DIN 6701-2 und in Anlehnung an DIN EN ISO/IEC 17021 durch das Eisenbahn-Bundesamt akkreditiert.

Perspektiven

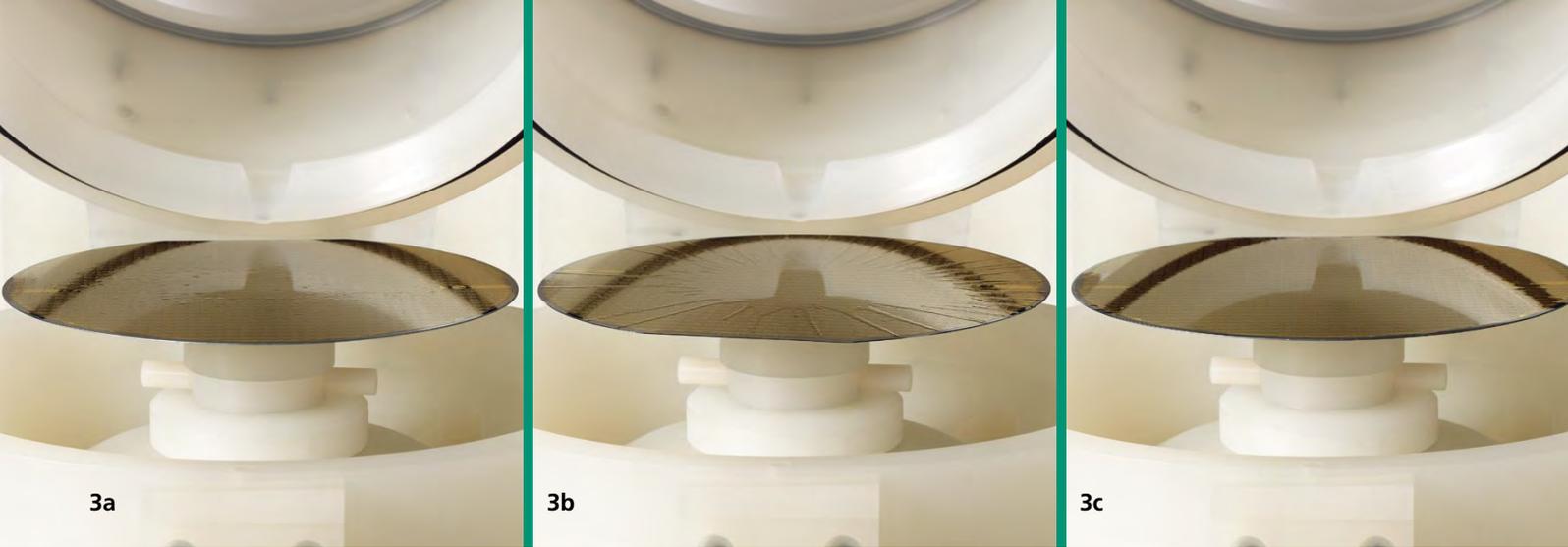
Die Industrie stellt an die Prozesssicherheit bei der Einführung neuer Technologien sowie bei der Modifizierung bereits genutzter Technologien hohe Anforderungen. Sie sind für die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich Klebtechnik und Oberflächen maßgebend und richtungweisend. Gemeinsam mit den Auftraggebern werden innovative Produkte entwickelt, die anschließend von den Unternehmen erfolgreich auf den Markt gebracht werden. Die Fertigungstechniken spielen dabei eine immer wichtigere Rolle, weil die hohe Qualität und die Reproduzierbarkeit der Fertigungsprozesse wesentliche Voraussetzungen für den Markterfolg sind.

So ist die Klebtechnik im gesamten Fahrzeugbau eine schon länger eingeführte Technologie, deren Potenzial bei Weitem noch nicht ausgeschöpft wird. Leichtbau für den ressourcenschonenden Transport, Kleben in der Medizin und der Medizintechnik sowie der Einsatz von nanoskaligen Materialien

bei der Klebstoffentwicklung sind nur einige Beispiele. Um weitere Branchen für die Klebtechnik zu gewinnen, gilt für alle Arbeiten der Anspruch: Der Prozess Kleben und das geklebte Produkt sollen noch sicherer werden! Dieses Ziel lässt sich nur erreichen, wenn alle Stufen der klebtechnischen Fertigung bei der Herstellung von Produkten zusammengefasst und einer ganzheitlichen Betrachtung unterzogen werden.

In allen Bereichen setzt das Fraunhofer IFAM verstärkt auf rechnergestützte Methoden. Beispielhaft sind hier die numerische Beschreibung von Strömungsvorgängen in Dosierpumpen/-ventilen und die Multiskalen-Simulation von der Molekular-Dynamik bis hin zu makroskopischen Finite-Elemente-Methoden bei der numerischen Beschreibung von Werkstoffen und Bauteilen zu nennen.

Verschiedene spektroskopische, mikroskopische und elektrochemische Verfahren geben einen Einblick in die Vorgänge bei der Degradation und Korrosion von Werkstoffverbunden. Mit diesen »instrumentierten Prüfungen« und begleitenden Simulationsrechnungen werden im Fraunhofer IFAM Erkenntnisse gewonnen, die empirische Testverfahren auf der Basis von standardisierten Alterungs- und Korrosionstests allein nicht bieten. Branchen mit hohen Ansprüchen an die Oberflächentechnik greifen auf das hohe technologische Niveau des Instituts zurück. Deshalb zählen auf diesem Gebiet namhafte Unternehmen – insbesondere aus dem Flugzeug- und Automobilbau – zu den Auftraggebern.



Arbeitsschwerpunkte

- Synthese, Formulierung und Erprobung neuer Polymere für Klebstoffe, Laminier-/Gießharze
 - Entwicklung von Zusatzstoffen (Nanofüllstoffe, Initiatoren etc.) für Klebstoffe und Beschichtungen
 - Entwicklung und Qualifizierung klebtechnischer Fertigungsprozesse; rechnergestützte Fertigungsplanung
 - Applikation von Kleb-/Dichtstoffen, Vergussmassen (Mischen, Dosieren, Auftragen)
 - Entwicklung innovativer Verbindungskonzepte – Kleben, Hybridfügen
 - Konstruktive Gestaltung geklebter Strukturen (Simulation des mechanischen Verhaltens geklebter Verbindungen und Bauteile mittels FEM, Prototypenbau)
 - Kennwertermittlung, Schwing- und Betriebsfestigkeit von Kleb- und Hybridverbindungen; Werkstoffmodellgesetze für Klebstoffe und polymere Werkstoffe
 - Entwicklung umweltverträglicher Vorbehandlungsverfahren und Korrosionsschutzsysteme für das langzeitbeständige Kleben und Lackieren von Kunststoffen und Metallen
 - Funktionelle Beschichtungen durch Plasma- und Kombinationsverfahren sowie funktionelle Lacksysteme
 - Entwicklung von Spezialprüfverfahren (z. B. Bildung und Haftung von Eis auf Oberflächen, Alterungsbeständigkeit)
 - Bewertung von Alterungs- und Degradationsvorgängen in Materialverbunden; elektrochemische Analytik
 - Computergestützte Materialentwicklung mit quanten-/molekularmechanischen Methoden
 - Automatisierung und Parallelisierung von Prozessen in der Faserverbundtechnologie
 - Bearbeitung von Faserverbundwerkstoffen
 - Qualitätssicherungskonzepte für kleb- und lacktechnische Anwendungen durch fertigungsintegrierte Analyse von Bauteiloberflächen
- Lehrgänge – national und international – zur/zum European Adhesive Bonder – EAB (Klebpraktiker/-in), European Adhesive Specialist – EAS (Klebfachkraft) und European Adhesive Engineer – EAE (Klebfachingenieur/-in)
 - Lehrgänge zur/zum Faserverbundkunststoff-Starter/in (FVK-Starter/in), Faserverbundkunststoff-Praktiker/in (FVK-Praktiker/in) und Faserverbundkunststoff-Instandsetzer/in (FVK-Instandsetzer/in)

3a–c Beschichten eines prozessierten Wafers mit einem vorapplizierbaren Klebstoff mittels Spin-coating.

ARBEITSGEBIETE UND ANSPRECHPARTNER

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse (geschäftsführend)
matthias.busse@ifam.fraunhofer.de

Prof. Dr. Bernd Mayer
bernd.mayer@ifam.fraunhofer.de

Institutsbereich Formgebung und Funktionswerkstoffe

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse
Telefon +49 421 2246-100
matthias.busse@ifam.fraunhofer.de

Institutsteil Dresden

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback
Telefon +49 351 2537-300
bernd.kieback@ifam-dd.fraunhofer.de

Institutsbereich Klebtechnik und Oberflächen

Prof. Dr. Bernd Mayer
Telefon +49 421 2246-419
bernd.mayer@ifam.fraunhofer.de

Adhäsions- und Grenzflächenforschung

Dr. Stefan Dieckhoff
Telefon +49 421 2246-469
stefan.dieckhoff@ifam.fraunhofer.de
Analyse und Entwicklung grenzflächenbestimmter Prozesse, Technologien und Materialien; Oberflächen-, Grenzflächen-, Schichtanalytik; Schadensanalyse; Qualitätssicherung durch fertigungsintegrierte Analysen von Bauteiloberflächen; kundenspezifische Konzeptentwicklung für klebtechnische, lacktechnische und oberflächentechnische Anwendungen; Korrosionsschutzkonzepte für metallische Werkstoffe; nass-chemische und elektrochemische Oberflächenvorbehandlungsverfahren; Untersuchung von Adhäsions- und Degradationsmechanismen; Analyse reaktiver Wechselwirkungen an Werkstoffoberflächen; Modellierung molekularer Mechanismen bei Adhäsions- und Degradationsphänomenen; Strukturbildung an Grenzflächen; Anreicherungs- und Transportprozesse in Klebstoffen und Beschichtungen; akkreditiertes Korrosionsprüflabor.

- Oberflächen- und Nanostrukturanalytik
- Applied Computational Chemistry
- Elektrochemie/Korrosionsschutz
- Qualitätssicherung Oberfläche

Anerkannte Stelle des Eisenbahn-Bundesamtes nach DIN 6701-2

Dipl.-Ing. (FH) Andrea Paul
Telefon +49 421 2246-520
andrea.paul@ifam.fraunhofer.de
Beratung; Prüfung und Zulassung von Schienenfahrzeugbaubetrieben und ihrer Zulieferer hinsichtlich ihrer Fähigkeit,

Klebarbeiten gemäß den Vorgaben der DIN 6701 ausführen zu können.

Elektrische Energiespeicher

Prof. Dr. Bernd H. Günther, Dr. Julian Schwenzel
 Telefon +49 441 36116-262
 julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de
 Zellchemie; Metall-Luft-Batterien; Pastenentwicklung und Elektrodenherstellung; Zellenbau; Elektrokatalyse; Batterieteststände; In-situ-Analytik; Ramanspektroskopie; Simulation; Lebensdauer und Alterungsmechanismen.

Elektrische Systeme

Dr.-Ing. Gerald Rausch
 Telefon +49 421 2246-242
 gerald.rausch@ifam.fraunhofer.de
 Elektromobilität; Elektrofahrzeuge; E-Motoren-Prüfstand bis 120 kW; Prüfstand für Batterien bis 50 kWh; Fahrzyklenanalyse; Reichweitenbestimmung; Systemprüfung elektromotorischer Antriebsstrang.

Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM

Dr. Dirk Niermann
 Telefon: +49 4141 78707-101
 dirk.niermann@ifam.fraunhofer.de
 Automatisierte Montage von Faserverbundkunststoff (FVK)-Großstrukturen bis in den 1:1-Maßstab: Kleben, Kombinationen aus Kleben und Nieten; adaptive Präzisionszerspannung; automatisierte Mess- und Positionierverfahren; Form- und Lagekorrektur von biegeschlaffen Großstrukturen im Montageprozess.

- Fügetechnologien
- Bearbeitungstechnologie
- Montage- und Anlagentechnik
- Messtechnik und Robotik

Funktionsstrukturen

Dr. Volker Zöllmer
 Telefon +49 421 2246-114
 volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de
 Gedruckte Elektronik; 3D-Integration – Functional Printing; Funktionsintegration; Energy Harvesting; (Nano)-Komposite; nanostrukturierte Funktionswerkstoffe; INKtelligent printing®; Ink-Jet- und Aerosol-Jet®-Printing; Dispensverfahren; Sputtertechnologien; Sonderanlagen.

Gießereitechnologie und Komponentenentwicklung

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann
 Telefon +49 421 2246-225
 franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de
 Gießereitechnologie: Aluminium-, Magnesium- und Zink-Druckguss; Gusseisen und Stahlguss; funktionsintegrierte Gussteile (CAST^{TRONICS}®); Lost-Foam-Verfahren; Simulation; Rapid Prototyping. Komponentenentwicklung: Auslegung, Fertigung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Antriebssträngen für E-Fahrzeuge.

Klebstoffe und Polymerchemie

Prof. Dr. Andreas Hartwig
 Telefon +49 421 2246-470
 andreas.hartwig@ifam.fraunhofer.de
 Entwicklung und Charakterisierung von Polymeren; Nano-komposite; Formulierung von Klebstoffen, Matrixharzen und Funktionspolymeren; vorbeschichtbare Klebstoffe; Leitkleb-

stoffe; Verbesserung der Langzeitbeständigkeit; Kleben ohne Vorbehandlung (Polyolefine, Leichtmetalle, beölte Bleche mit 2K, thermoplastische Komposite); Photohärtung; Härtung bei niedriger Temperatur, aber langer offener Zeit; Curing on Demand; Schnellhärtung; Haftklebstoffe; Vergussmassen; Auswahl und Qualifikation von Klebstoffen; Versagensanalyse; Klebstoffe auf Basis natürlicher Rohstoffe; Peptid-Polymer-Hybride; Kleben in der Medizin; biofunktionalisierte und biofunktionale Oberflächen.

- Klebstoffformulierung
- Verbundwerkstoffe
- Klebstoffe und Analytik
- Bioinspirierte Materialien

Klebtechnische Fertigung

Dipl.-Ing. Manfred Peschka MBA

Telefon +49 421 2246-524

manfred.peschka@ifam.fraunhofer.de

Fertigungsplanung; Dosier- und Auftragstechnik; Automatisierung; Hybridfügen; Fertigung von Prototypen; Auswahl, Charakterisierung, Qualifizierung von Kleb-, Dicht- und Beschichtungsstoffen; Schadensanalyse; elektrisch/optisch leitfähige Kontaktierungen; adaptive Mikrosysteme; Dosieren kleinster Mengen; Eigenschaften von Polymeren in dünnen Schichten; Fertigungskonzepte.

- Mikrofertigung und Applikationsverfahren
- Prozesse und Automatisierung
- Klebstoffe und Analytik

Lacktechnik

Dr. Volkmar Stenzel

Telefon +49 421 2246-407

volkmar.stenzel@ifam.fraunhofer.de

Entwicklung von Funktionsbeschichtungen, z. B. Anti-Eis-Lacke, Anti-Fouling-Systeme, schmutzabweisende Systeme, selbstheilende Schutzbeschichtungen, strömungsgünstige Beschichtungen; Rezepturoptimierung (Nass- und Pulverlacke); Rohstoffuntersuchung; Entwicklung von Richtrezepturen; Charakterisierung und Qualifizierung von Lacksystemen sowie Rohstoffen; Produktfreigaben; Farbmanagement; Optimierung von Beschichtungsanlagen; Qualifizierung von Beschichtungsanlagen (Vorbehandlung, Applikation, Trocknung); Schadensuntersuchungen; anwendungsbezogene Methodenentwicklung; akkreditiertes Prüflabor Lacktechnik.

- Entwicklung von Beschichtungsstoffen und Funktionsbeschichtungen
- Anwendungs- und Verfahrenstechnik

Materialographie und Analytik

Dr.-Ing. Andrea Berg

Telefon +49 421 2246-146

andrea.berg@ifam.fraunhofer.de

Schadensanalyse; metallographische Schliiffuntersuchung; Pulvermesstechnik; Rasterelektronenmikroskopie mit EDX-Analyse und FIB; thermische Analyse; Dilatometrie; Spurenanalyse.

Plasmatechnik und Oberflächen PLATO

Dr. Ralph Wilken

Telefon +49 421 2246-448

ralph.wilken@ifam.fraunhofer.de

Oberflächenmodifizierung (Reinigung, Aktivierung für z. B. Kleben, Bedrucken, Lackieren) und Funktionsschichten (z. B. Haftvermittlung, Trennschicht, Easy-to-clean, Korrosionsschutz, Permeationsbarriere, Abrasionsschutz, Reibminderung, antimikrobielle Wirkung) für 3D-Teile, Schüttgut, Bahnware; Anlagenkonzepte und Pilotanlagenbau.

- Atmosphärendruck-Plasmatechnik
- Niederdruck-Plasmatechnik
- VUV-Excimer-Technologie
- Neue Oberflächentechnologien
- Anlagentechnik/Anlagenbau

Prozessreviews

Dipl.-Ing. (FH) Uwe Maurieschat M. Sc.

Telefon +49 421 2246-491

uwe.maurieschat@ifam.fraunhofer.de

Analyse von Entwicklungs- und/oder Fertigungsprozessen unter klebtechnischen Aspekten und unter Berücksichtigung der Richtlinie DVS® 3310; Prozess- und Schnittstellen; Design; Produkt; Nachweis der Gebrauchssicherheit; Dokumente; Fertigungsumgebung.

Pulvertechnologie

Dr.-Ing. Frank Petzoldt

Telefon +49 421 2246-134

frank.petzoldt@ifam.fraunhofer.de

Pulvermetallurgische Formgebung; Metallpulverspritzguss; Prozess- und Materialentwicklung; Rapid Manufacturing; Lasersintern; Siebdruck; Produktionsverfahren für Metallschaumbauteile (FOAMINAL®); Simulation.

Sinter- und Verbundwerkstoffe

Dr.-Ing. Thomas Weißgärber

Telefon +49 351 2537-305

thomas.weissgaerber@ifam-dd.fraunhofer.de

Hochtemperaturwerkstoffe; nanokristalline Werkstoffe; Werkstoffe für tribologische Beanspruchungen; Sputtertargets; PM-Leichtmetalle; Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe; thermoelektrische Werkstoffe; dispersionsverfestigte Werkstoffe.

Technische Weiterbildung Elektromobilität

Dr.-Ing. Marcus Maiwald

Telefon + 49 421 2246-124

marcus.maiwald@ifam.fraunhofer.de

Kundenspezifische Schulungsprogramme zur Personalqualifizierung im Bereich Elektromobilität: Fachkraft für Elektromobilität, Weiterbildungsseminar Mobilität der Zukunft.

Wasserstofftechnologie

Dr. Lars Röntzsch

Telefon +49 351 2537-411

lars.roentzsch@ifam-dd.fraunhofer.de

H₂-Speicherung, Metallhydride, Komplexhydride, Hydrid-Verbundwerkstoffe, Metall-organische Gerüstverbindungen MOFs, Festbettreaktoren, H₂-Speichersysteme, Elektrolyse, Elektrodenentwicklung, Zelldesign & -bau, In-situ-Nanoanalytik, H₂-Analytik, Simulation.

Weiterbildung und Technologietransfer

Prof. Dr. Andreas Groß

Telefon +49 421 2246-437

andreas.gross@ifam.fraunhofer.de

www.kleben-in-bremen.de

www.kunststoff-in-bremen.de

Qualifizierung zum European Adhesive Bonder, EAB (Klebpaktiker/-in), European Adhesive Specialist, EAS (Klebfachkraft) und European Adhesive Engineer, EAE (Klebfachingenieur/-in) mit europaweit anerkannten DVS®/EWF-Zeugnissen; Inhouse-Lehrgänge; Beratung; Fertigungsqualifizierung; Studien; Arbeits- und Umweltschutz; Weiterbildung zur Faserverbundkunststoff-Starterin/zum Faserverbundkunststoffstarter, zur Faserverbundkunststoff-Praktikerin/zum Faserverbundkunststoff-Praktiker sowie zur Faserverbundkunststoff-Instandsetzerin/zum Faserverbundkunststoff-Instandsetzer.

- Klebtechnisches Zentrum
- Kunststoff-Kompetenzzentrum

Werkstoffe und Bauweisen

Dr. Markus Brede
Telefon +49 421 2246-476
markus.brede@ifam.fraunhofer.de
Werkstoff- und Bauteilprüfung; Crash- und Ermüdungsverhalten von Niet- und Klebverbindungen; Faserverbundbauteile; Leicht- und Mischbauweisen; Auslegung und Dimensionierung von Klebverbindungen; Qualifizierung von mechanischen Verbindungselementen; Optimierung mechanischer Fügeprozesse; Auslegung und Dimensionierung von Nietverbindungen; akkreditiertes Prüflabor Werkstoffprüfung.

- Strukturberechnung und numerische Simulation
- Mechanische Fügechnik

Zellulare metallische Werkstoffe

Dr.-Ing. Olaf Andersen
Telefon +49 351 2537-319
olaf.andersen@ifam-dd.fraunhofer.de
Fasermetallurgie; hochporöse Strukturen; metallische Hohlkugelstrukturen; offenzellige PM-Schäume; 3D-Siebdruckstrukturen; 3D-Drahtstrukturen; Sinterpapier; funktionelle Schichten und Oberflächentechnologie.

THEMENFELDER UND ZENTREN

Themenfeld Biomaterialien

Dr.-Ing. Philipp Imgrund
Telefon +49 421 2246-216
philipp.imgrund@ifam.fraunhofer.de
Biokompatible Metalle; resorbierbare Komposite; Biopolymere; Mikrospritzguss; Mikrostrukturierung; mechanische und biologische Prüfung; Peptidsynthese; Oberflächen-Biofunktionalisierung; In-vitro-Zelltests.

Themenfeld Energie und Thermisches Management

Dr.-Ing. Jens Meinert
Telefon +49 351 2537-357
jens.meinert@ifam-dd.fraunhofer.de
Wärme- und strömungstechnische Auslegung von Speichersystemen; messtechnische Validierung; Charakterisierung und mathematische Beschreibung; numerische Simulation von Masse-, Stoff-, Impuls- und Energietransportvorgängen.

Anwenderzentrum Metallpulverspritzguss

Dipl.-Ing. Lutz Kramer
Telefon +49 421 2246-217
forming@ifam.fraunhofer.de

Anwenderzentrum Functional Printing

Dr.-Ing. Dirk Godlinski
Telefon +49 421 2246-230
printing@ifam.fraunhofer.de

Anwenderzentrum Generative Technologien

Dipl.-Ing. Claus Aumund-Kopp
Telefon +49 421 2246-226
rapid@ifam.fraunhofer.de

Dienstleistungszentrum Materialographie und Analytik

Dr.-Ing. Andrea Berg
Telefon +49 421 2246-146
andrea.berg@ifam.fraunhofer.de

Demonstrationszentrum SIMTOP

Numerische Simulationstechniken zur Verfahrens- und
Bauteiloptimierung
Andreas Burblies
Telefon +49 421 2246-183
info@simtop.de

FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

Bauteilfertigung

- Metallpulverspritzgussanlagen (Schließkraft 20 t und 40 t)
- 2-Komponenten-Spritzgussmaschine
- Einkavitätspritzguss
- Heißpresse (Vakuum, Schutzgas, 1800 °C)
- Uniaxiale Pulverpressen (bis 1000 t)
- Pulverpresse zur Warmkompaktierung (125 t)
- Strangpresse (5 MN)
- Anlagen zum Rapid Prototyping durch Lasersintern von Metallen; Konzeptmodelle durch 3D-Printing auch in Farbe
- Kaltkammer-Druckgussmaschine (echtzeitgeregelt, Schließkraft 660 t)
- Warmkammer-Druckgussmaschine (echtzeitgeregelt, Schließkraft 315 t)
- Sandguss
- Feingussanlagen für Al, Cu, Fe und Sonderlegierungen
- Pilotanlagen zur Herstellung von Metallschaumbauteilen
- Mikrowellenanlage
- Siebdruckmaschine
- CNC-Fräse zur Modellherstellung
- Heißdrahtschneideanlage
- Modellfertigung Lost-Foam-Verfahren
- Gießanlage Lost-Foam-Verfahren (Al-, Cu- und Fe-Legierungen)
- Spark-Plasma-Sinteranlage (bis 300 mm Bauteildurchmesser)
- Fertigungsstraße zur teil-automatisierten Bauteilfertigung

Mikro- und Nanostrukturierung

- Ink-Jet-Printing-Technologien

- Aerosol-Jet®-Technologie
- Dispensverfahren
- Fertigungsstraße zur teil-automatisierten Mikrostrukturierung
- Mikrospritzgussanlage
- Vierpunkt-Spitzenmessplatz
- Tintenteststand
- Sputtertechnologie
- Gloveboxsystem

Thermische/chemische Behandlung von Formteilen

- Anlage zur chemischen Entwachsung von Spritzgussteilen
- Diverse Sinteröfen (bis 2000 °C, Schutzgas, Wasserstoff, Vakuum)

Werkstoffsynthese und -verarbeitung

- Anlagen zur Herstellung von Gradientenwerkstoffen (Sedimentation, Nasspulverspritzen)
- Teststand zur Charakterisierung funktioneller Tinten für Ink-Jet-Printing-Verfahren
- Schmelzextraktionsanlage (Metallfasern)
- Rascherstarrungsanlage (Melt-Spinning) zur Herstellung nanokristalliner oder amorpher Folien oder Flakes
- Schnellmischer und Scherwalzenextruder zur MIM-Feedstockherstellung
- Mahltechniken
- Doppelschneckenextruder
- Kompoundierung von Biopolymeren und Kompositen
- Granulator



Instrumentelle Analytik

- Rheometrie
- Mikrozugprüfmaschine
- Tensiometer
- 2D-/3D-Laser-Oberflächen-Profilometrie
- Laserkonfokalmikroskop
- Elektrochemisches STM/AFM
- Wasserstoffanalytik
- Wärmeleitfähigkeitsmessung von Formstoffen
- IR-Laser zur Dichtebestimmung transluzenter Materialien
- Magnetmesstechnik
- Elektrische Charakterisierung
- Dynamische Sensorcharakterisierung
- Focussed Ion Beam (FIB) zur In-situ-Präparation von Querschnitten und TEM-Lamellen
- Hochauflösendes Rasterelektronenmikroskop (HRSEM) mit Cryo-Präparationskammer
- Resonanz-Frequenz-Dämpfungsanalyse (RFDA)
- REM-Rasterelektronenmikroskopie mit EDX (akkreditiert)
- Röntgenfeinstrukturanalyse
- Thermoanalytik mit DSC, DTA, TGA, PCT
- Sinter-/Alpha-Dilatometrie (akkreditiert)
- Pulvermesstechnik mit BET und Lasergranulometrie (Partikelgrößenanalyse)
- Spurenelementanalyse (H, C, N, O, S)
- Emissionsspektrometer
- Röntgen-Tomograph (160 kV)
- Gasdurchlässigkeitsbestimmung

Elektrische Energiespeicher

- Batterie- und Zellteststände (Zyklisierer)
- Impedanzspektroskopie (30 μ Hz ... 40 MHz)
- Laser-Mikroskopie
- Raman-Spektrometer mit integrierter AFM

- Thermoanalytik mit integrierter MS/IR
- Glovebox-System mit integrierter PVD-Einheit zur Elektrodenbeschichtung und Herstellung von Batteriezellen

Elektromobilität

- Zwei Motorenprüfstände bis 120 kW
- Batterieteststand bis 50 kWh
- Testfahrzeuge zur Komponentenerprobung
- Teststand Wasserstoffspeichersysteme

Rechner

- Hochleistungs-Workstations mit Software zur nichtlinearen FE-Analyse, zur Formfüll- und Erstarrungssimulation sowie zur Bauteiloptimierung

2012 neu angeschaffte Ausstattung

- Pixdro LP50 Ink-Jet Drucker
- Kuka Robotersystem
- IPETRONIK FLEETlog-Datenlogger
- Wachsspritzgussmaschine
- Mathis Laborbeschichtungsanlage KTF-S 350 Roll to Roll
- Simultane Thermo-Analysen-Apparatur (TG-DSC/DTA)
- Simultan messendes ICP-OES Spektrometer

- 1 Herstellung von Batterietestzellen unter inerten Bedingungen.
- 2 Elektrochemische Analyse von Batterieelektroden.

KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN

Analytik

- 200-kV-FEG-Transmissionselektronenmikroskop mit EDX, EELS, EFTEM und 3D-Tomographie sowie Cryo- und Heizoption
- Focussed Ion Beam (FIB) zur In-situ-Präparation von Querschnitten und TEM-Lamellen
- Hochauflösendes Rasterelektronenmikroskop (HRSEM) mit Cryo-Präparationskammer
- Konfokale Lasermikroskopie
- Oberflächenanalytiksysteme: XPS, UPS, TOF-SIMS, AES und AFM
- Laser-induced Fluorescence (LIF)
- Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)
- XRF-Handgerät (Röntgenfluoreszenzanalyse)
- Inverse Gas Chromatography (IGC)
- Chromatographie (GC-MS und Pyrolyse GC-MS)
- Chemilumineszenz zur Bestimmung von Alterungsvorgängen
- Thermoanalyse (DSC, modulierte DSC, DMA, TMA, TGA, Torsionspendel)
- MALDI-TOF-MS zur Protein- und Polymercharakterisierung
- Lichtstreuung zur Charakterisierung trüber Dispersionen
- Spektroskopische Ellipsometrie
- Thermographie
- Laser-induzierte Plasma-Spektroskopie (LIPS)
- IR-, Raman-, UV-VIS-Spektrometer
- IR-VCD-Spektrometer (Infrared Vibrational Dichroism)
- Rheologie (Rheolyst AR 1000 N, ARES – Advanced Rheometric Expansion System)
- Wärmeleitfähigkeitsmesseinrichtung
- Dielektrometer
- Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) und Rauschanalyse (ENA)
- Hochleistungspotentiostat, 30 V, 20 A
- Hochleistungspotentiostat, 100 V, 20 A
- MultEchem(TM)-Potentiostaten-System mit 4 unabhängigen Reference-600-Potentiostaten
- Ionenchromatograph und Titrationsautomat
- Kontaktwinkelmessgeräte
- Raster-Kelvin-Sonde
- Phased-Array Ultraschallmessgerät Olympus OmniScan MX PA
- Fluoreszenzmikroskop
- Rheometer Bohlin Gemini 200

Computergestützte Simulationsverfahren

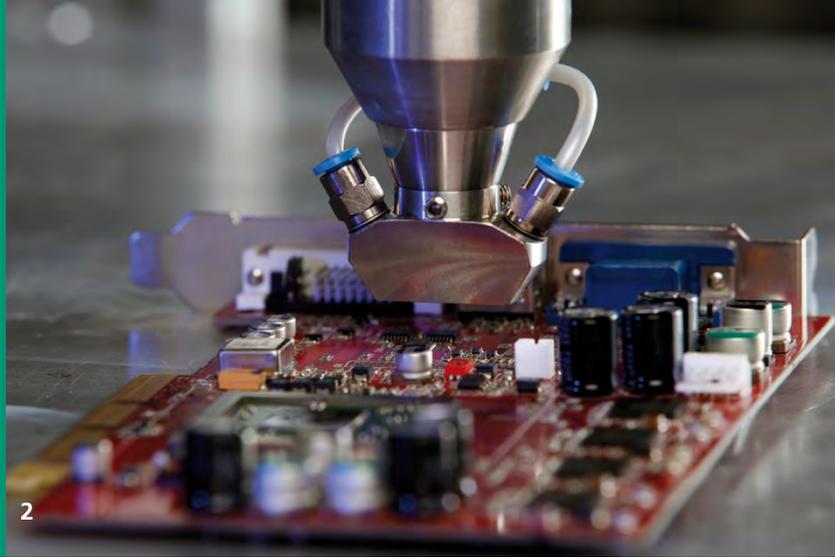
- Hochleistungs-Cluster mit insgesamt 240 Rechenkernen und Hochgeschwindigkeits-Interconnect
- Hochleistungs-Cluster mit insgesamt 112 Rechenkernen
- Simulationsanwendungen: Gaussian®, Turbomole®, LAMMPS, Accelrys Materials Studio®, Scienomics MAPS®, Culgi multiscale modelling library®, COMSOL Multiphysics®

Prüftechnik

- Tribometer in Kombination mit Nanoindentation
- Laserscanner zur 3D-Vermessung von Bauteilen bis 3500 mm
- Universalprüfmaschinen bis 400 kN
- Anlagen zur Werkstoff- und Bauteilprüfung für hohe Belastungs- und Verformungsgeschwindigkeiten bei ein- und mehrachsigen Spannungszuständen



1



2

- Mechanisch-technologische Prüfungen
- Salzsprühnebelgerät
- Farbmessgerät MA 68 II
- Optische Prüftechnik
- Prüftechnik Anti-Eis-Lacke
- Wellentank-Simulationskammer
- Prüfringleitung für Lackbelastungstests
- Miniaturprüfringleitung für Lackbelastungstests
- Freibewitterung an verschiedenen Standorten
- Klimaprüfkammern für alle Norm- und Sonderprüfungen

Syntheseeinrichtungen

- Technikum für organische Synthese
- Peptidsyntheseautomat

Oberflächenbehandlung

- Niederdruck-Plasmaanlagen bis 3 m³ für 3D-Teile, Schüttgut und Bahnware (HF, MW)
- Atmosphärendruck-Plasmaanlagen für 3D-Teile und Bahnware
- Robotergeführte Atmosphärendruck-Plasmaanlage (6-achsig) zur flächigen und Linien-Behandlung sowie -Beschichtung
- VUV-Excimer-Anlage zur Oberflächenbehandlung und Beschichtung
- CO₂-Schneestrah-Anlagen
- Mobile Lasereinheit zur Oberflächenvorbehandlung
- Laborgalvanik-Anlage zur nasschemischen Vorbehandlung von Leichtmetallen und Stahl

Formulierung | Fertigung

- Doppelschnecken-Extruder (25/48D) und Knetzer zum Einarbeiten von Füllstoffen in Polymere
- Einschnecken-Messextruder (19/25D) zur Charakterisierung der Verarbeitungseigenschaften von Polymerkompositen
- 12-achsiger Roboter zur Fertigung von Mikroklebverbindungen
- Labor-Vakuumpresse mit PC-Steuerung zur Herstellung von Multilayer-Prototypen
- Beschichtungstechnikum (Coatema Deskcoater)
- Einkomponenten-Kolbendosiersystem SCA SYS 3000/SYS 300 Air
- Einkomponenten-/Zweikomponenten-Zahnraddosiersystem t-s-i, umrüstbar auf Exzentrerschneckenpumpen
- Frei konfigurierbare Einkomponenten-/Zweikomponenten-Dosiertechnik, an spezifische Aufgaben anpassbar, mit umfangreicher Messtechnik (Eigenentwicklung)
- UV-Härtungstechnik
- Verschiedene Dispergieraggregate

Lacktechnik

- Lackapplikationsautomat
- Voll klimatisierte Lackierkabine
- Lackrockner mit entfeuchteter Luft
- UV-Härtungstechnik
- Mahltechnik für die Pulverlackherstellung
- Pulverlack-Extruder

1 *Mobiler Röntgenfluoreszenz-Analysator zur Oberflächenanalyse von Metallen und Kunststoffen.*

2 *Bedarfsgerechter Alterungsschutz für Elektronikkomponenten durch lokale Atmosphärendruck-Plasmabeschichtung.*

Mechanische Füge-techniken

- All-Electric-Labor-Nietautomat mit halb automatischer Installation von ein- und zweiteiligen Verbindungselementen, C-Bügel-Bauweise mit 1,5 m Rahmentiefe, maximale Stauchkraft: 70 kN, Bohrspindel für Drehzahlen bis 18 000 U/min und Bohrrinnenschmierung sowie Hochgeschwindigkeitsarbeitsraumüberwachung

Technikumseinrichtungen | Materialbearbeitung

- Halle für Großstrukturmontage, 80 × 50 m², mit Hallendeckenkrananlage (zwei 20-Tonnen-Kräne, 15 m unter Kranhaken)
- Laser-Tracker zur 3D-Vermessung, Reichweite 80 m
- Laser-Radar zur 3D-Vermessung von Bauteilen, Reichweite 30 m
- Kombination Laser-Scanner und Laser-Tracker zur 3D-Vermessung von Bauteilen bis 30 m Länge
- Modulare 3D-Wasserstrahlschneidanlage, 6000 bar, mit Laserpositionier- und Bohreinheit für Bauteile bis 3 m Länge, 2 m Breite und 0,5 m Höhe
- Teststand zur Bearbeitung von FVK-Bauteilen bis 13 m Länge und 6 m Durchmesser mit mehreren Robotern simultan sowie zur Entwicklung von Verfahren zur fehlervermeidenden Prozessüberwachung und hocheffizienten Staubabsaugung; er umfasst 3 kalibrierte 6-Achs-Roboter (Stäubli, ABB, KuKa) auf 6 m Linearachse und einen stationären Roboterarbeitsplatz
- Modular flexible Montageanlage für große CFK-Strukturen mit zwei kalibrierten 6-Achs-Robotern auf 15 m Linearachse und Werkzeugwechselautomatik
- Teststand zur Regelung der Form und Lage großer Bauteile; er umfasst 6 Industrieroboter mit Parallelkinematik sowie einen kalibrierten 6-Achs-Roboter auf 4 m Linearachse

- 6-Achs-Industrieroboter, 125 kg Traglast, auf zusätzlicher Linearachse, 3000 mm

2012 neu angeschaffte Ausstattung

- Sorptionsmessgerät
- Computercluster
- Automatisierte Auswerteinrichtung für Filiformkorrosionsproben
- Durchlichtmikroskop
- UV-Excimer-Laser
- 3D-Profilometer Plμ Neox
- IR-Spektrometer mit Ramanmodul
- Spektrometer für Chemilumineszenz
- Elektrodynamische Schwingprüfmaschine ElectroPlus E3000
- Modulare und flexible Montageanlage
- Kuka Quantec KR 240 R3100 ultra k – Steuerungsmodule zur Systemintegration der Messtechnik



DIN EN ISO/IEC 17021

AZWV

DIN EN ISO/IEC 17024

DIN EN ISO/IEC 17025

DIN EN ISO 9001

DIN 6701-2

QUALITÄTSMANAGEMENT

Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001

Das Fraunhofer IFAM ist seit 1995 nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert. Die Gültigkeit erstreckt sich auf folgende Bereiche an den Standorten Bremen und Stade:

- Produktorientierte Entwicklungen von Werkstoffen, Bauweisen, Bearbeitungsprozessen und Fertigungstechnologien für die Kleb-, Oberflächen- und Lacktechnik
- Charakterisierung und Simulation der Materialien und deren Technologien
- Klebstoffentwicklung
- Weiterbildung in Klebtechnik, Faserverbundtechnologie und Elektromobilität
- Gießereitechnologien und Komponentenentwicklung
- Metallographie, Thermoanalytik, Pulvermesstechnik und Spurenanalytik
- Verfahren zur Herstellung und Verarbeitung nanodisperser Suspensionen
- Computermodellierung und Simulation

Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025

Die Prüflaboratorien Werkstoffprüfung, Korrosionsprüfung, Lacktechnik, Materialographie und Analytik am Standort Bremen sind seit 1996 zusätzlich nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Am Institutsteil Dresden des Fraunhofer IFAM ist das Prüflabor nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert für Pulvermetallurgie, Spezialprüfungen zur Charakterisierung anorganischer Pulver und Sinterwerkstoffe sowie für Materialprüfungen metallischer Werkstoffe.

Zertifizierung nach DIN EN ISO/IEC 17024 und Zulassung nach AZWV

Das Klebtechnische Zentrum ist seit 1998 über DVS-PersZert® nach DIN EN ISO/IEC 17024 als akkreditierte Personalqualifizierungsstelle für die klebtechnische Weiterbildung international anerkannt. Es ist seit 2009 gemäß der Anerkennungs- und Zulassungsverordnung Weiterbildung (AZWV) zugelassen.

Zulassung nach AZWV

Das Kunststoff-Kompetenzzentrum unter Leitung des Fraunhofer IFAM ist seit 2007 nach der Anerkennungs- und Zulassungsverordnung Weiterbildung (AZWV) zugelassen und erfüllt die Qualitätsanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17024.

Akkreditierung nach DIN 6701-2 und DIN EN ISO/IEC 17021

Die Anerkannte Stelle für das Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen ist seit 2006 nach DIN 6701-2 und in Anlehnung an DIN EN ISO/IEC 17021 durch das EBA akkreditiert.

STRATEGISCHE PLANUNG – »DER WEG IST DAS ZIEL«

Über die letzten fünf Jahre konnte das Fraunhofer IFAM ein starkes und gesundes Wachstum verzeichnen. Mit einem breiten und anerkannten Know-how in seinen einzelnen Kompetenzen ist das Institut ein anerkannter Partner in Wissenschaft und Forschung sowie bei Industriekunden. Damit besteht eine solide Basis für ein selbstbewusstes Auftreten am Markt – ein Automatismus für eine zukünftige positive Entwicklung ergibt sich daraus aber nicht. Kern des 2012 durchlaufenen Strategieprozesses war folgerichtig, Weichenstellungen zur Absicherung des Erreichten und für eine erfolgreiche Weiterentwicklung vorzunehmen.

Der Fraunhofer-Strategieprozess

Qualitätssicherung und Selbstevaluation sind wichtige Eckpunkte für die Fraunhofer-Gesellschaft gegenüber ihren Zuwendungsgebern. Um ein einheitliches Planungs- und Begutachtungsinstrument zur strategischen Planung über alle Institute zu schaffen, hat die Fraunhofer-Gesellschaft bereits 2004 den »Fraunhofer-Strategieprozess« mit externer Auditierung entwickelt. Die konsequente Anwendung und Umsetzung dieses Prozesses garantiert einerseits eine qualitätsgesicherte strategische Planung in den einzelnen Instituten. Zum anderen, so die Ergebnisse einer internen Studie, besteht ein direkter positiver Bezug zwischen dem wirtschaftlichen Erfolg der Institute und der gezielten Anwendung des Fraunhofer-Strategieprozesses.

Das Zusammenspiel von auf den Markt ausgerichteten Geschäftsfeldern und wissenschaftlich-technologischen Kernkompetenzen beeinflusst maßgeblich den Erfolg der Fraunhofer-Institute. Die sorgfältige Analyse und Verknüpfung der Geschäftsfelder und Kernkompetenzen des Instituts ist darum wesentlicher Bestandteil des Strategieprozesses.

Kernkompetenzen

Im Zuge von internen Workshops wurden die über das gesamte Institut vorhandenen Kompetenzen klar herausgearbeitet und in übergreifenden Kernkompetenzen teilweise neu gebündelt:

- Metallische Sinter-, Verbund- und zellulare Werkstoffe
- Pulvertechnologie
- Gießereitechnologie
- Klebtechnik
- Oberflächentechnik
- Faserverbundwerkstoffe
- Elektrische Komponenten und Systeme

Der langfristig ausgerichteten Weiterentwicklung dieser Kernkompetenzen kommt eine zentrale Bedeutung zu, um eine erfolgreiche Gestaltung der Geschäftsfelder parallel dazu zu ermöglichen.

Geschäftsfelder

Am Fraunhofer IFAM entwickelte Technologien und Produkte zielen grundsätzlich auf eine breite und branchenübergreifende Nutzung. Die strategische Ausrichtung des Instituts besteht darin, Innovationen für möglichst vielfältige industrielle Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Zugleich liegt der Fokus auf maßgeschneiderten Lösungen für Industrien, die als Schlüsselbranchen angesehen werden. Die Geschäftsfelder des Instituts sind darum als Industrie-Branchen (bzw. Branchengruppen mit ähnlicher industrieller Logik) definiert:

- Automobil
- Luftfahrt
- Energie und Umwelt
- Medizintechnik und Life Sciences
- Schiene und Schiff
- Elektrotechnik und Elektronik
- Roh- und Werkstoffe

Von den Workshops zum Strategieplan

Inhalte der Workshops, an denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus allen Abteilungen und Standorten aktiv teilnahmen, waren die Beschreibung, Analyse und (Weiter-)Entwicklung einer jeden Kernkompetenz und eines jeden Geschäftsfeldes. Das erfolgte anhand gründlicher Bestandsaufnahmen und Bewertungen des Marktumfelds mithilfe von SWOT-Analysen und Wettbewerber-Benchmarking. In Anlehnung an das »Fraunhofer-Orientierungsszenario 2025« wurde für jede Kernkompetenz und für jedes Geschäftsfeld eine Vision für das Jahr 2025 formuliert. Zudem wurden konkrete strategische Ziele für 2018 gesetzt und eine Roadmap zur Erreichung dieser Ziele erarbeitet. Die Ergebnisse wurden verdichtet, in einem Strategieplan

zusammengeführt und den ausgewählten Auditoren zugänglich gemacht.

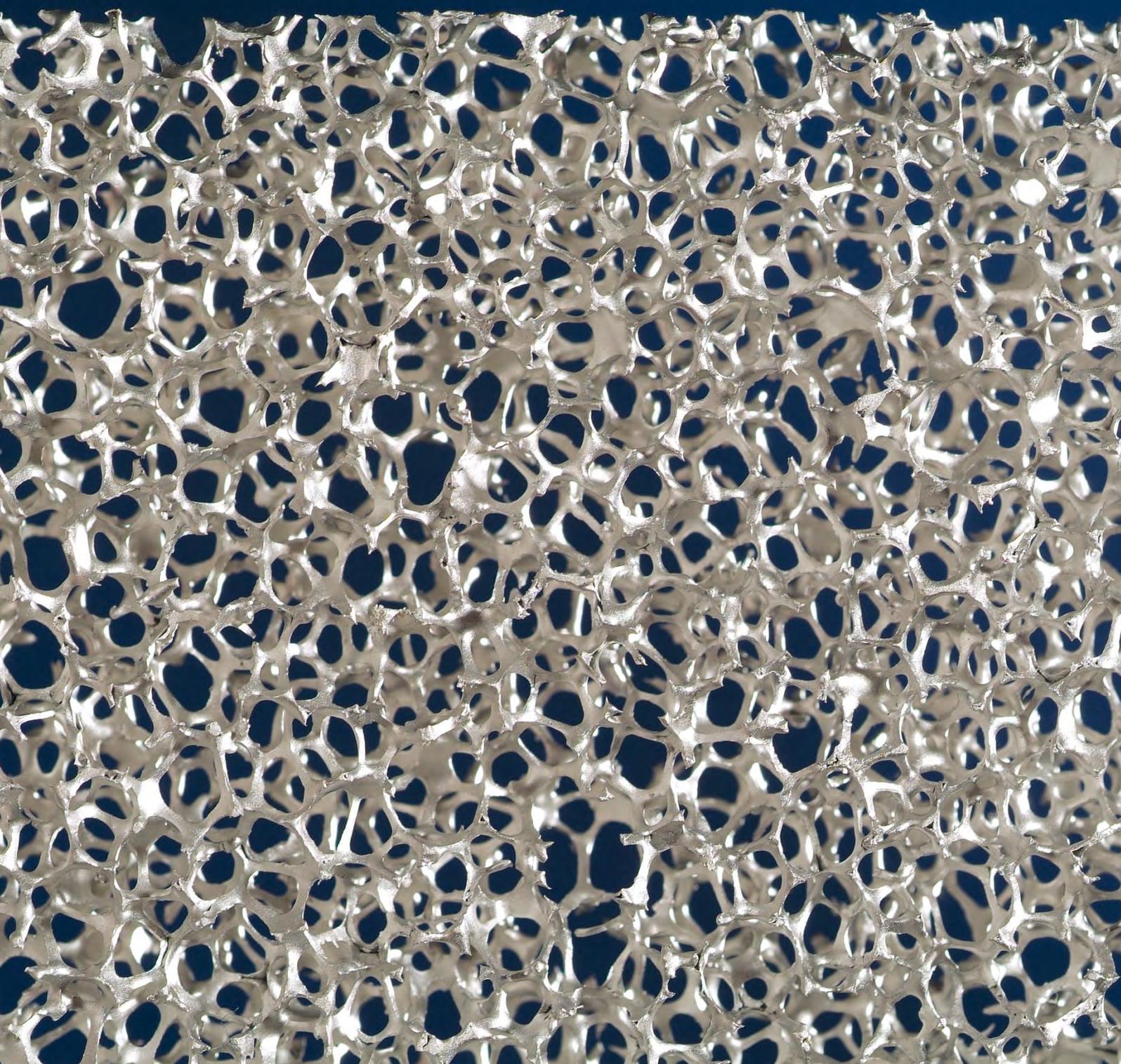
Das Strategie-Audit

Ein Meilenstein im Fraunhofer-Strategieprozess ist die Evaluation des Strategieplans durch eine Gruppe von externen Auditoren. Diese bestand aus ausgewählten Experten aus der Industrie wie aus dem Wissenschaftsbereich. Im Rahmen des Strategie-Audits am Fraunhofer IFAM wurden Gesamtstrategie, Kernkompetenzen und Geschäftsfelder den Auditoren vorgestellt und mit ihnen intensiv diskutiert, woraus wertvolle Anregungen entstanden. Die Auditoren hoben insbesondere den integrativen Ansatz der Strategie und die konsequente Anwendungsorientierung des Instituts hervor.

Erfahrungen

Wie die Erfahrungen in der Fraunhofer-Gesellschaft zeigen, kommt der größte Teil des Nutzens der Strategiedefinition aus dem Prozess seiner Erarbeitung selbst. Das lässt sich auch für das Fraunhofer IFAM so sagen. Im Zuge der internen Workshops wurden Potenziale für weitere Synergien ebenso entdeckt wie neue Projekt-Ideen geboren. Auch ein verstärktes »best practice sharing« zwischen den einzelnen Einheiten ist ein Ergebnis dieses Prozesses.

METALLISCHE SINTER-, VERBUND- UND ZELLULARE WERKSTOFFE



KERNKOMPETENZ METALLISCHE SINTER-, VERBUND- UND ZELLULARE WERKSTOFFE

Die Entwicklung von Werkstoffen mit maßgeschneiderten Eigenschaften oder Eigenschaftskombinationen und hierfür geeigneter effizienter Herstellungstechnologien stehen im Mittelpunkt dieser Kernkompetenz des Fraunhofer IFAM. Die Nutzung und gezielte Weiterentwicklung von Sinter- und Formgebungsverfahren schafft zahlreiche Möglichkeiten zur Herstellung und Optimierung innovativer metallischer Werkstoffsysteme mit außergewöhnlichen Eigenschaftsprofilen, insbesondere auch durch ihre Kombination in neuartigen Verbundwerkstoffen oder durch ihren Aufbau als hochporöse bzw. zelluläre Strukturen.

Im Bereich metallischer und intermetallischer Sinter- und Verbundwerkstoffe für funktionelle und strukturelle Anwendungen verfügt das Fraunhofer IFAM über ein tiefes Verständnis von Gefüge-Eigenschaftsbeziehungen und deren gezielter Optimierung für verschiedene Anwendungen. Die vorhandene komplette pulvermetallurgische Technologiekette von der Pulveraufbereitung und Charakterisierung bis hin zu vielfältigen Formgebungs- und Wärmebehandlungsverfahren wird durch Methoden wie die Rascherstarrung metallischer Schmelzen (Meltspinning und -extraktion) und Spezialsinterverfahren (z. B. Spark Plasma Sintern) sowie innovative Ofenanalytik deutlich erweitert.

Das Fraunhofer IFAM verfügt über umfangreiche Kenntnisse zur Legierungs- und Verfahrensentwicklung für die Herstellung von Leichtmetallbauteilen insbesondere aus Aluminium für die Gewichtsreduzierung im Fahrzeugbau. Bei den metallischen Verbundwerkstoffen liegt der Fokus auf Werkstoffentwicklungen für das thermische Management im Elektronikbereich, Reib- und Gleitwerkstoffen für hohe tribologische Beanspruchungen sowie Spezialwerkstoffen für mechanische und korrosive Belastungen im Hochtemperaturbereich (> 800°C).

Zunehmend an Bedeutung gewinnt die Herstellung und Erprobung von Funktionswerkstoffen zur Energiespeicherung und -umwandlung. Zentrale Themen sind hier neue, insbesondere nanostrukturierte Werkstoffe zur Wasserstoffherzeugung und -speicherung, zur Wärmespeicherung, für effiziente thermoelektrische Generatoren und Superkondensatoren.

Einen weiteren Entwicklungsschwerpunkt stellen die zellulären metallischen Werkstoffe dar. Durch die breite Auswahl an Werkstoffen und die gezielt einstellbaren, unterschiedlichsten Zell- bzw. Porenstrukturen können verschiedenste anwendungsspezifische Eigenschaften sowie Materialeinsparungen realisiert werden. So werden hochporöse metallische Werkstoffe wie fasermetallurgische Werkstoffe, Hohlkugelstrukturen, offenzellige metallische Schäume, 3D-Siebdruckstrukturen, 3D-Drahtstrukturen oder metallisches Sinterpapier beispielsweise für Schallabsorption, Wärmeisolation, Energieabsorption, mechanische Dämpfung, Stoff- und Energietransport oder die Erzielung katalytischer Effekte eingesetzt und weiterentwickelt.

1 *Offenzellige metallische Schaumstruktur.*

ELEKTROMOBILITÄT: MEHR REICHWEITE DURCH WENIGER GEWICHT

Die europäischen Länder haben sich verpflichtet, die CO₂-Emissionen zu reduzieren und so einen Beitrag zur Verringerung des Klimawandels zu leisten. Im Bereich der Individualtransportsysteme bieten die mit umweltfreundlich erzeugtem Strom rein elektrisch angetriebenen Fahrzeuge eine große Chance für den Umweltschutz. Aufgrund der geringen Energiedichte der Batterien und des Bedarfs nach einer möglichst hohen Reichweite der Fahrzeuge werden die Batteriepakete jedoch auch in naher Zukunft noch groß und schwer sein, selbst wenn bei den Li-Ionen-Zellen die erhofften weiteren Fortschritte erzielt werden. Ein großes Ziel ist deshalb eine Gewichtsreduktion durch Leichtbau.

Leichtbaudesign auf höchstem Sicherheitsniveau

Das Ziel des von der EU geförderten Projekts »Smart and Safe Integration of Batteries in Electric Vehicles – SmartBatt« bestand darin, ein innovatives, multifunktionales, leichtes und sicheres Konzept für ein Energiespeichersystem zu erarbeiten und zu erproben, welches vollständig in die Fahrzeugstruktur eines rein elektrisch angetriebenen Automobils integriert sein sollte. Das Batteriegehäuse ist hier kein separates Anbauteil mehr, sondern eine integrale tragende Strukturkomponente der Fahrzeugkarosserie, z. B. des Fahrzeugbodens. Als Basis für die Fahrzeugkarosserie diente das SuperLIGHT-CAR (SLC), eine im 6. Rahmenprogramm der EU geförderte Konzeptstudie einer leichtbauoptimierten Fahrzeugkarosserie der C-Klasse. Die größten Herausforderungen bei dieser Integrationsaufgabe lagen darin, eine Kombination aus Leichtbau-Design mit einem hohen Sicherheitsniveau gegenüber den verschiedensten Gefahren- und Unfallszenarien und mit einem intelligenten Design der Schnittstellen zu den übrigen Fahrzeugsystemen zu finden. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurde ein Konsortium aus vier Industriefirmen und fünf Forschungseinrichtungen gebildet. Die Kompetenzen die-

ser neun Partner umfassen unter anderem die Fahrzeugtechnik, Elektronik, Batterien, Konstruktion, Leichtbau, Werkstoffe sowie Tests und Erprobungen.

Neue Werkstoffkonzepte zur Gewichtsreduktion

Betrachtet man bei den zurzeit auf dem Markt befindlichen Elektrofahrzeugen, welche Gewichtsanteile auf die einzelnen Bestandteile des Batterie-Pakets entfallen, so ergibt sich im Mittel folgendes Bild für ein Beispielsystem eines Fahrzeugs mit 20 kWh Batterie (~200 kg):

- Zellen (60–70 %) = 120–140 kg
- Komponenten (10–15 %) = 20–30 kg
- Gehäuse (15–30 %) = 30–60 kg

Das Konsortium des SmartBatt-Projekts stellte sich die ehrgeizige Aufgabe, durch ein alternatives Konzept für das Gehäuse das Gesamtgewicht des Batterie-Pakets um 10–15 Prozent zu verringern. Damit ergab sich ein Zielgewicht von 170–180 kg:

- Zellen (60–70 %) = 120–140 kg (unverändert)
- Komponenten (10–15 %) = 20–30 kg (weitgehend unverändert)
- Gehäuse (15–30 %) = 10–20 kg (– 66%)

Die Aufgabe des Fraunhofer IFAM bestand darin, innovative Werkstoffkonzepte vorzuschlagen, mithilfe derer die gewünschte Gewichtsreduzierung erreichbar war. Im Rahmen einer Nutzwertanalyse wurden neben Aluminium und Stahl auch verschiedene weitere Werkstofflösungen betrachtet, wie z. B.

- FOAMINAL-Aluminiumschaum,
- AFS-Aluminiumschaumsandwich,
- offenporöser Aluminiumschaum,
- APM-Aluminiumschaum,
- APM-Aluminiumhybridschaum-Sandwich,
- syntaktischer Schaum.

Als Ergebnis dieser Evaluierung wurde als Werkstoff für die unteren Wannen des Batterie-Packs das APM-Hybridschaum-Sandwich ausgewählt. Dieses Material ist dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen zwei Decklagen aus konventionellem Aluminium eine Kernlage aus Aluminiumschaumkugeln befindet, welche in eine Matrix aus geschäumtem Epoxydharzkleber eingebettet sind (Abb. 2). Dieses geschäumte Epoxydharz verklebt die Kugeln und die Decklagen miteinander, sodass eine Sandwichstruktur entsteht. Im vorliegenden Fall besitzen die Decklagen eine Dicke von 0,5 mm, für die Kernlage wurden Aluminiumschaumkugeln von 4 mm Durchmesser verwendet, welche mit einem aufschäumbaren Epoxydharzkleber beschichtet waren. Die integrale Dichte eines solchen Sandwichmaterials von 5 mm Dicke beträgt lediglich 0,94 g/cm³, also etwa ein Drittel der Dichte von konventionellem Aluminium ($\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$).

Das Material bietet eine hohe Biegesteifigkeit bei geringem Gewicht: ein Quadratmeter des APM-Hybridschaumsandwiches hat eine Biegesteifigkeit von $3,54 \cdot 10^8 \text{ Nmm}^2$ und eine Masse von 4,72 kg. Demgegenüber besitzt ein konventionel-

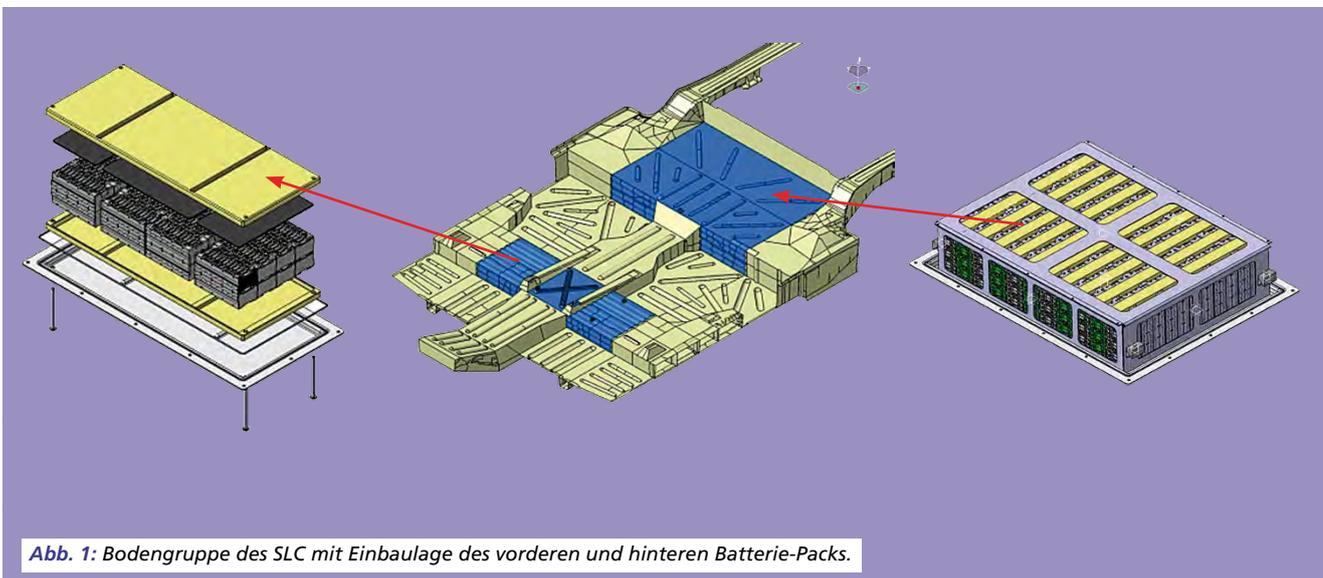


Abb. 1: Bodengruppe des SLC mit Einbaulage des vorderen und hinteren Batterie-Packs.

METALLISCHE SINTER-, VERBUND- UND ZELLULARE WERKSTOFFE



3

les Aluminiumblech von 3,3 mm Dicke nur eine Biegesteifigkeit von $2,1 \cdot 10^8$ Nmm² (41 Prozent weniger) und eine Masse von 8,91 kg (89 Prozent mehr). Aufgrund seiner Dicke und des Energieabsorptionsvermögens der Aluminiumschaumkernlage weist die Sandwichlösung darüber hinaus eine gute Schutzwirkung gegenüber äußeren Einflüssen (Brandfall, Steinschlag etc.) auf.

Die Projektergebnisse: Mit mehr Sicherheit leichter

Im Vergleich zu State-of-the-Art-Systemen ist es mit einem integrativen Ansatz und Materialinnovationen gelungen, das Gewicht des Gehäuses zu halbieren und damit das gesamte Batteriesystem um 20 Prozent leichter zu machen. Umfang-

reiche Crashesimulationen und Labortests in der Entwicklungs- und Validierungsphase zeigten, dass die smarte Integration in das Chassis des SuperLIGHT-CAR entscheidend dazu beiträgt, die Torsionssteifigkeit, Biegefestigkeit und damit auch die Crashesicherheit des ganzen Fahrzeugrahmens zu verbessern. Das Lithium-Ionen Batteriepaket (350 V Systemspannung) stellt 36 kW im Dauerbetrieb bzw. 70 kW im Spitzenbetrieb (für 30 Sekunden) bereit und weist eine Kapazität von 22,9 kWh auf. Mit diesem Energieinhalt kann in einem gewichtsoptimierten Fahrzeug wie dem SuperLIGHT-CAR eine Reichweite von 120 km im NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus) realisiert werden.

Der als Demonstrator gebaute, voll funktionsfähige Prototyp wurde mit großer Resonanz beim EEVC (European Electric Vehicle Congress) 2012 in Brüssel einem internationalen Fachpublikum vorgestellt.

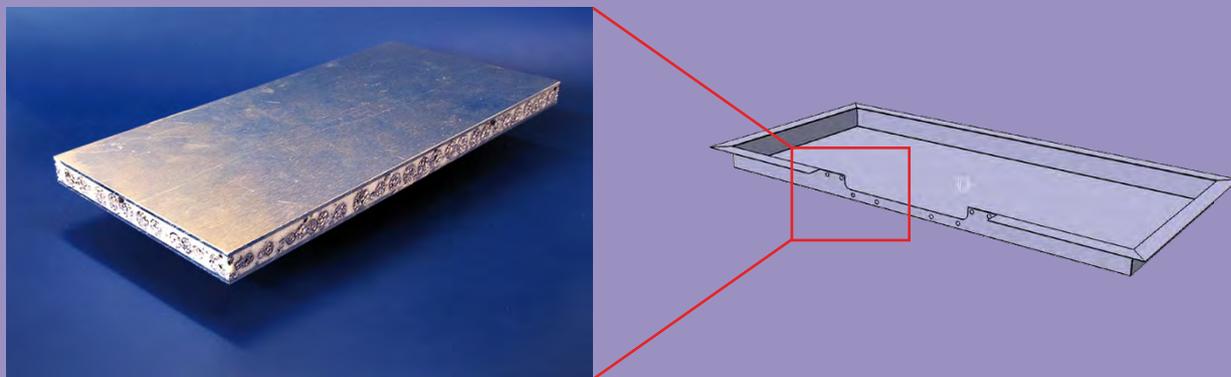


Abb. 2: Die Bodenwannen der vorderen und hinteren SmartBatt-Batterie-Packs bestehen aus Aluminium-Hybridschaum-Sandwich.



Auftraggeber

European Union
Contract No. SCPO-GA-2010-266074



Projektpartner

- AIT Mobility, Österreich
- AIT LKR, Österreich
- Axeon, Großbritannien
- Fraunhofer, Deutschland
- Impact Design, Polen
- Ricardo, Großbritannien
- SP, Schweden
- TU Graz, Österreich
- VOLKSWAGEN, Deutschland

KONTAKT

Dipl.-Phys. Joachim Baumeister
Pulvertechnologie
Telefon + 49 421 2246-181
joachim.baumeister@ifam.fraunhofer.de

Institut

*Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM,
Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen*

- 3** *Das Batterie-Pack ist integraler Bestandteil der Karosserie des SLC.*
- 4** *Komplett bestückter, verdrahteter und damit voll funktionsfähiger Demonstrator mit dem Entwicklungsteam.*

ENERGIE AUS ABWÄRME – THERMOELEKTRISCHE MATERIALIEN FÜR INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

Der steigende Energiebedarf ist einerseits eine der wichtigsten Herausforderungen, die unsere moderne Gesellschaft zu bewältigen hat. Andererseits gehen bis zu 50 Prozent der eingesetzten Primärenergie ungenutzt als Abwärme verloren. Thermoelektrische Materialien ermöglichen es, Wärme direkt in Elektrizität umzuwandeln und können somit zu einer effizienteren Energienutzung beitragen.

Elektrizität aus Wärme

Unsere Gesellschaft sieht sich der großen Herausforderung gegenüber, bei sinkenden Vorräten fossiler Brennstoffe eine weltweit steigende Energienachfrage zu bedienen. Auch geht die eingesetzte Primärenergie fast zur Hälfte ungenutzt als Abwärme verloren. Eine umfassende Lösung für dieses Problem ist nicht realistisch. Aktuelle und zukünftige Untersuchungen haben das Ziel, regenerative Energiequellen zu erschließen und eine effizientere Ausnutzung der Prozesse für Energietransport, -umwandlung und -bereitstellung zu ermöglichen. Ein Ansatz zur Energierückgewinnung aus Abwärme ist der Einsatz thermoelektrischer Materialien. Diese können Wärme verschiedener Quellen (zum Beispiel geothermale, solare Wärme oder Abwärme) direkt in Elektrizität umwandeln. Die Effizienz dieses sogenannten Energy Harvesting liegt nach Stand der Technik bei etwa 7 Prozent. Verschiedene Materialklassen werden gegenwärtig untersucht, um diesen Wert zu steigern. Beispiele sind Oxide, Half-Heusler-Verbindungen, Clathrate, Silizide, Antimonide, Telluride und weitere. Jedoch ist eine hohe thermoelektrische Effizienz für ein großes Anwendungsspektrum nicht das einzige Kriterium. So sind die gestellten Anforderungen an thermoelektrische Materialien

sehr komplex. Beispielsweise sollten sie aus kostengünstigen und nicht toxischen Elementen bei gleichzeitig großer Verfügbarkeit der Rohmaterialien bestehen. Das endgültige Thermoelektrikum sollte weiterhin gute mechanische Eigenschaften besitzen, da es steter Beanspruchung durch Temperaturwechsel ausgesetzt sein kann, welche die mechanische Stabilität beeinträchtigt.

Optimierung des thermoelektrischen Wirkungsgrades und Up-Scaling der Materialherstellung

Aus dem Blickwinkel der Grundlagenforschung geht der Trend internationaler Forschungsprogramme zur Nanostrukturierung des thermoelektrischen Materials. In Deutschland läuft gegenwärtig der zweite Finanzierungszeitraum des DFG-Schwerpunktforschungsprogramms (SPP1386), in dem das

1 *Mittels Hochenergiemahlen und SPS hergestellte Probekörper aus Mg- und Mn-Siliziden in verschiedenen Durchmesser (1 cm, 2 cm, 4,5 cm, 6 cm).*

Fraunhofer IFAM ein Projekt zur Nanostrukturierung von Clathraten koordiniert und an einem zweiten Projekt zur Untersuchung nanostrukturierter Bismutelluridmaterialien teilnimmt. Das Ziel dieser Projekte ist die Steigerung des thermoelektrischen Wirkungsgrades durch die Absenkung der Wärmeleitfähigkeit der Materialien.

Hinsichtlich der angewandten Forschung konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten auf das Up-Scaling der Materialherstellung und die Suche kostengünstiger thermoelektrischer Materialien. Magnesium- und Mangansilizide setzen sich aus günstigen Elementen niedriger Toxizität zusammen. Sie zeigen einen moderaten Wirkungsgrad (~5 Prozent) in einem Temperaturbereich von 300 °C bis 650 °C und können außerdem über Einstellen der Eigenschaften mittels Dotierung noch verbessert werden. Das Fraunhofer IFAM untersucht in zwei entsprechenden Projekten die Optimierung des thermoelektrischen Wirkungsgrades und das Up-Scaling der Materialherstellung unter Verwendung pulvermetallurgischer Prozesse. Um die vollständige Produktionskette abdecken zu können,

werden des Weiteren basierend auf Silizidmaterialien technologische Verfahren zur elektrischen Kontaktierung zum Aufbau thermoelektrischer Module entwickelt.

Ergebnisse

In dem Projekt zum Thema Clathrate wurde eine innovative Syntheseroute ausgehend von Sol-Gel über Calcinierung zu Reduktion für die Herstellung von Clathratnanopartikeln entwickelt. Im laufenden Projekt zu Bismutellurid (Bi_2Te_3) werden Nanopartikel über Hochenergiekugelmahlen eines kommerziell erhältlichen Materials hergestellt. In beiden Fällen erfolgt die Kompaktierung der Nanopulver zu einem nanostrukturierten Bulk-Material mit niedriger Wärmeleitfähigkeit mittels Spark-Plasma-Sintern (Abb. 2). Im Vergleich zu makrokristallinem Material kann dabei eine Absenkung der Wärmeleitfähigkeit um 20 Prozent (Clathrate) beziehungsweise

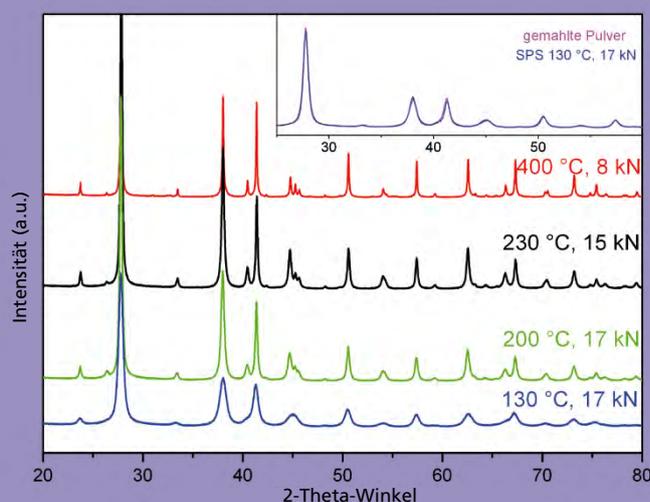
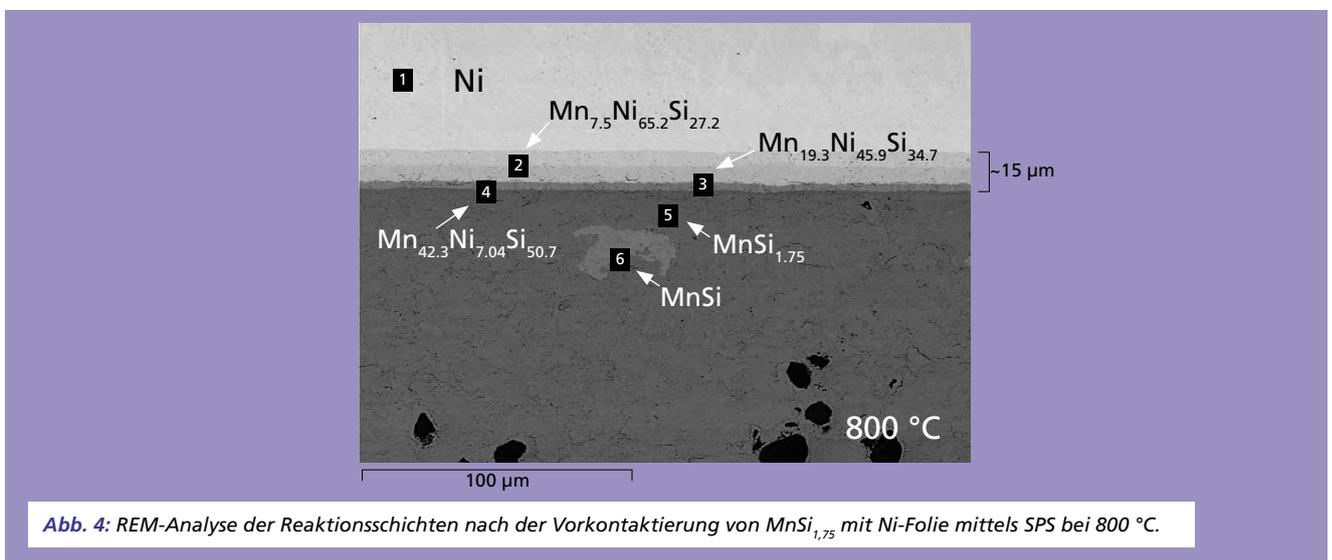
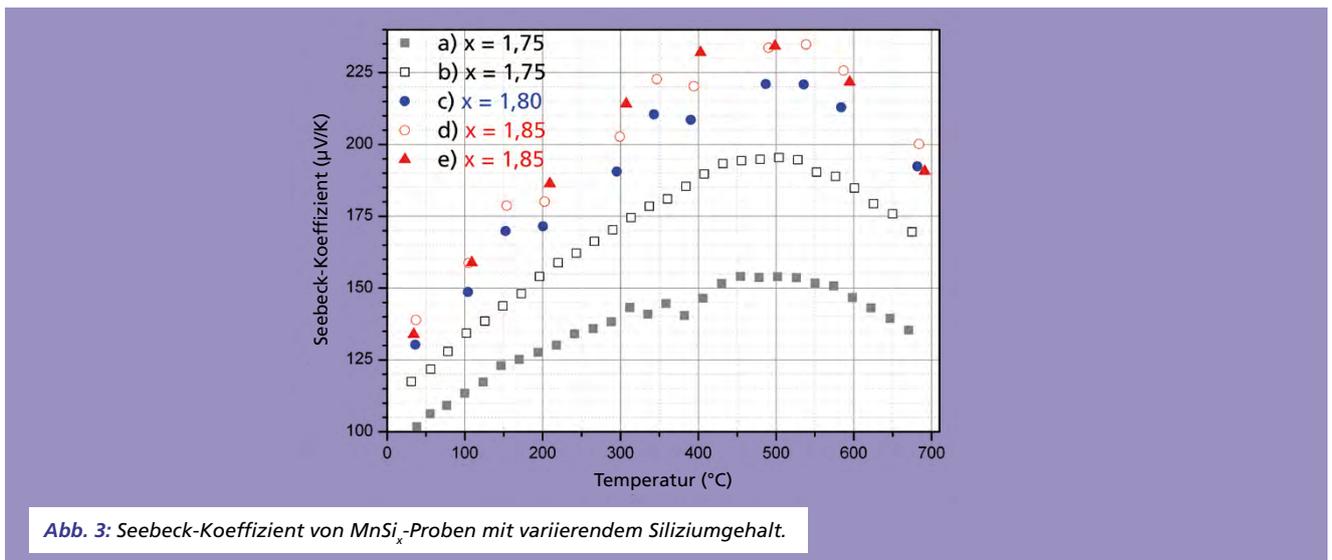


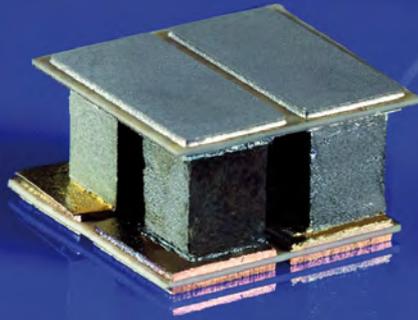
Abb. 2: XRD $n\text{-Bi}_2\text{Te}_3$ unter verschiedenen Bedingungen mittels SPS unter verschiedenen Prozessparametern gesintert. Oben rechts: XRD von Pulver und gesintertem Material sind identisch, ermittelte Kristallgröße = 20 nm.

60 Prozent (Bi_2Te_3) erzielt werden. Der Einfluss der Nanostrukturierung auf den Seebeck-Koeffizienten und die elektrische Leitfähigkeit dieser Materialien ist gegenwärtig Teil weiterer Untersuchungen.

Die Produktion von Magnesium- und Mangansiliziden in großem Maßstab ist in Hinblick auf ihren spröden Charakter eine

schwierige Aufgabe. Mittels pulvermetallurgischer Methoden konnten reproduzierbar Proben mit 4,5 cm und 6 cm Durchmesser hergestellt werden. Dies sind die weltweit größten verfügbaren Exemplare bislang. Die thermoelektrischen Eigenschaften dieser großen Mangansilizidproben entsprechen den Werten der besten in der Literatur referierten Laborproben (Abb. 3).





Die elektrische Vorkontaktierung von Siliziden mittels Spark-Plasma-Sintern wurde entwickelt, um eine Technologie zu schaffen (Abb. 4), welche auf eine spätere Modulfertigung im Industriemaßstab übertragen werden kann. Dazu wurde ein Verfahren zum simultanen Löten der vorkontaktierten Silizidschenkel in einem speziell dafür konzipierten Werkzeug für den finalen Modulaufbau entwickelt (Abb. 5).

Perspektive

Die Energierückgewinnung aus Abwärme mittels thermoelektrischer Materialien ist ein Ansatz, um zu einer effizienteren Energienutzung beizutragen. Silizidmaterialien setzen sich aus kostengünstigen Elementen niedriger Toxizität zusammen und zeigen ihren optimalen thermoelektrischen Wirkungsgrad in einem großen Temperaturbereich von 300 °C bis 650 °C. Die Produktion der Silizide im Großmaßstab und deren Zusammenbau zu thermoelektrischen Modulen wird die Verbreitung in verschiedenen Industrieprozessen mit großer Abwärmeproduktion forcieren. Silizide sind des Weiteren von außerordentlichem Interesse für die Automobilindustrie, wo sie durch Energy Harvesting zu einer effizienteren Treibstoffnutzung und Reduktion des CO₂-Ausstoßes beitragen.

Auftraggeber

Gefördert durch:

- DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V.
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung
- SAB Sächsische Aufbaubank

Projektpartner

- DFG-Projekt: MPI-CPFS, FZJ, Uni Tübingen, Uni Hamburg, TU Chemnitz, Fraunhofer IWM
- BMBF-Projekt: Fraunhofer IPM, Fa. Behr, Fa. Tenneco, Fa. Curamik
- SAB: Fh-IKTS, TU-Dresden, MPI-CPFS

KONTAKT

Dr. Vicente Pacheco

Telefon +49 351 2537-342

Vicente.pacheco@ifam-dd.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Dresden

- 5 *Thermoelektrisches Modul (Demonstrator) aus jeweils zwei Mg- und Mn-Silizidschenkeln.*



1

HOCHLEISTUNGS-ENERGIESPEICHER FÜR DIE HERAUSFORDERUNGEN DER ENERGIEWENDE

Das langfristige Ziel der von der Bundesregierung initiierten Energiewende besteht in der Substitution nuklearer sowie fossiler durch regenerative Energieträger – sowohl zur Versorgung stationärer als auch mobiler Verbraucher. Das Fraunhofer IFAM leistet dazu einen wichtigen Beitrag im Bereich der Entwicklung von Hochleistungs-Energiespeichern.

Situation schafft Herausforderung

Die innerhalb der kommenden Jahre geplante Substitution nuklearer und fossiler Brennstoffe sowohl im stationären als auch mobilen Bereich durch regenerative und damit CO₂-neutrale Energieträger erfordert die Entwicklung innovativer Energiespeichersysteme für folgende Einsatzszenarien:

- Ausgleich zeitlich schwankend zur Verfügung stehender regenerativer Ressourcen – zentral oder dezentral (Smart-Grid-Technologie),
- Erhöhung der Effizienz des Energieeinsatzes durch Erschließung von Abwärmeressourcen,
- Langreichweiten-Energiespeichersysteme für mobile Anwendungen.

Die Entwicklung von Energiespeichern fokussiert im Wesentlichen auf die Erhöhung der Speicherdichte (Energie menge pro Volumen, qualitativer Überblick in Abbildung 2) sowie der Speicherleistung (Energietransport pro Zeit, Lade-/Entladezyklen). Speichersysteme hoher energetischer Dichte und Leistung weisen aufgrund einer geringen Größe und der Möglichkeit großer Zyklenzahlen die günstigste Kostenstruktur auf, sind derzeit jedoch kaum marktverfügbar.

Herausforderung trifft Kompetenz

Der technologische Anspruch innovativer und multipel einsetzbarer Energiespeicher liegt in der Optimierung der energetischen Leistungsdichte. Dieser Herausforderung stellt sich das Fraunhofer IFAM in Dresden in mehrfacher Hinsicht bei der Entwicklung thermischer (latent, sorptiv, chemisch), stofflicher (Wasserstoff/Metallhydrid) und elektrischer Hochleistungsspeicher (Supercaps).

Ein spezieller Entwicklungsbedarf existiert hinsichtlich der Leistungsdichte thermischer und stofflicher Speicher. Für Speichersysteme ist die erreichbare Energiedichte im Wesentlichen gesetzt, die Leistungsdichte (Kinetik) lässt sich jedoch in weiten Bereichen maßschneidern. Dazu dienen – abhängig von der Art des Speichers – die pulvermetallurgische Aufbereitung

- 1 *Fertigungsablauf bis zur PCM-gefüllten Metallkugel (v.l.n.r.): Styroporkugeln als Trägermaterial – Paraffin-Granulat RT65 als Phasenwechselmaterial – Grünkugeln – metallische Hohlkugeln nach Wärmebehandlung – Paraffin-gefüllte metallische Hohlkugel – gefüllte Kugeln mit Kupfer galvanisch versiegelt.*

der Speichermaterialien zur Optimierung des diffusiven und konvektiven Stofftransportes sowie die Implementierung von Wärmeleitstrukturen (Metall, Graphit) zur gezielten Anpassung der Wärmeleiteigenschaften. Die am Fraunhofer IFAM in Dresden vorhandenen umfangreichen Kompetenzen bieten optimale Voraussetzungen zur erfolgreichen Umsetzung dieser Entwicklungsaufgaben.

Latentwärmespeicher der nächsten Generation

Zur Entwicklung thermischer Energiespeicher (Wärme/Kälte) können unterschiedliche physikalische Effekte genutzt werden (Abb. 2). Ein gutes Verhältnis zwischen Speicherdichte und technologischem Aufwand (Kosten) weisen Latentwärmespeicher auf, bei denen der Phasenübergang fest/flüssig eines sogenannten PCM (Phase Change Material) zur Speicherung genutzt wird. In Abbildung 3 sind Schmelztemperaturen und Speicherdichten typischer PCM gezeigt. Allen PCM ist eine schlechte Wärmeleitfähigkeit gemeinsam, die die Speicherkinetik extrem limitiert.

Am Fraunhofer IFAM werden zwei Wege zur Entwicklung von Hochleistungs-Latentwärmespeichern beschriftet. Die erste Möglichkeit ist die Verkapselung im Millimeterbereich unter Nutzung metallischer Hohlkugeln, der Fertigungsablauf bis zur PCM-gefüllten Metallkugel ist in Abbildung 1 gezeigt: Beschichten von Styroporkugeln mit einer Metallpulver-Binder-Suspension – Trocknen – Wärmebehandeln – Infiltrieren mit flüssigem PCM durch die poröse Schale – galvanisches Versiegeln. Diese Technologie ist für Paraffine als PCM optimiert und soll im nächsten Schritt auf Salze und Salzmischungen übertragen werden. Einsatzszenarien der PCM-gefüllten Kugeln – in Fluid durchströmten, statischen Schüttungen oder als »schwimmende Zusatzkapazitäten« in flüssigen Wärmeträgern – werden sowohl im Labor getestet als auch wärmetechnisch modelliert.

Eine zweite Möglichkeit besteht in der Implementierung Wärme leitender metallischer Strukturen (offenzellige Metalle – Schaum-, Faser-, Drahtstrukturen) in die PCM. Die Inkaufnahme eines geringen Speicherverlustes führt zu einer Vergrößerung der Wärmeleitfähigkeit um bis zu zwei Größenordnungen. Die Kombination hochporöser Faser- bzw.

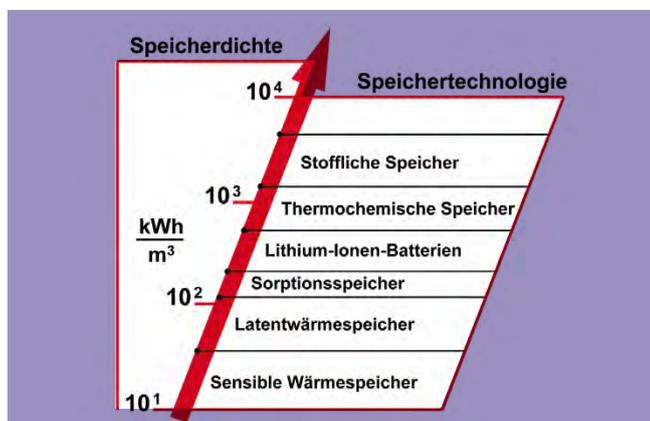


Abb. 2: Qualitativer Überblick der mit unterschiedlichen Technologien erreichbaren volumenbezogenen Energiespeicherdichten.

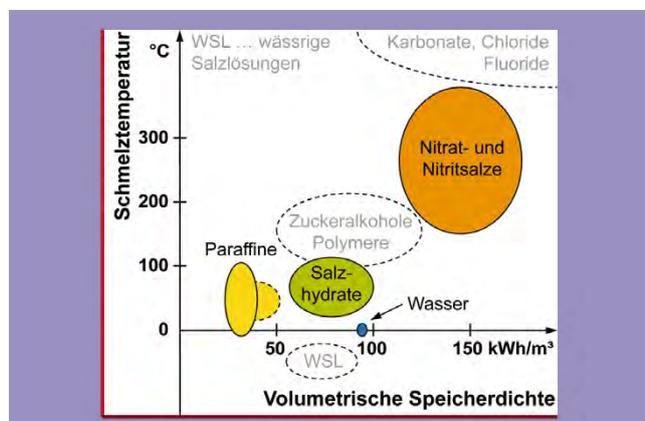


Abb. 3: Schmelztemperaturen und Speicherdichten typischer Phasenwechselmaterialien (farbig hinterlegt = derzeit gebräuchlich).

4

5

Schaumstrukturen aus Aluminium mit Paraffinen (Abb. 4) wird in aktuellen Forschungsprojekten technologisch umgesetzt. Prototypische Wärmespeichermodule werden thermisch ausgelegt, gefertigt und sehr erfolgreich im Labor validiert.

Der nächste Schritt ist die Kombination von 3D-Drahtstrukturen mit PCM auf Salzbasis für Prozesstemperaturenanwendungen. Dieser Ansatz ist grundsätzlich auch auf sorptive (Beschichtung der Metallstrukturen mit Zeolith) und thermochemische Speichersysteme (Graphit als Wärmeleitmatrix) übertragbar.

Thermochemische Energiespeicher

Die Bedeutung der Speicherung von Energie mittels reversibler Gas-Feststoff-Reaktionen nimmt rasant zu, weil diese Form der thermochemischen Energiespeicherung sehr hohe spezifische Speicherkapazitäten aufweist, in einem weiten Temperaturbereich eingesetzt werden kann und sich durch sehr geringe Energieverluste auszeichnet. Prominente Beispiele chemischer Reaktionstypen für derartige heterogene reversible Gas-Feststoff-Reaktionen sind:

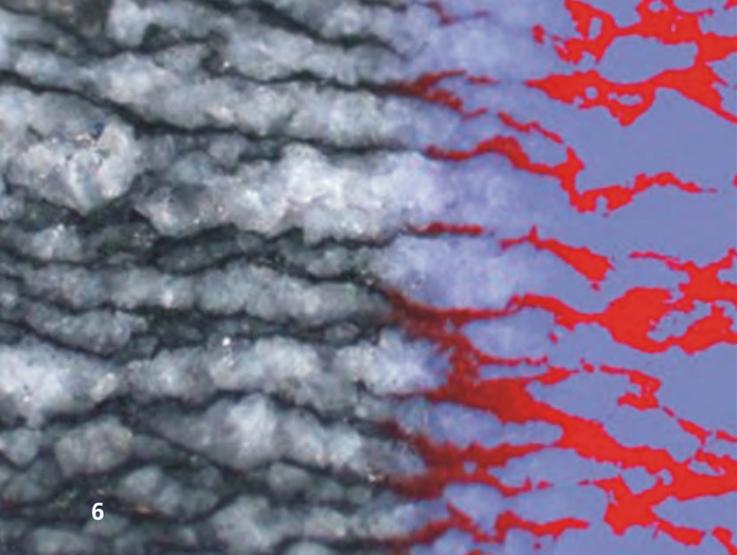
- Dehydrierung von Metallhydriden,
- Dehydratisierung von Salzhydraten oder Metallhydroxiden,
- Decarboxilierung von Metallkarbonaten und
- Deammonierung von Salzsäureammoniaten.

Der ersten Reaktionsklasse der Hydrierung/Dehydrierung von Metalllegierungen kommt neben der Rolle als thermochemischem Wärmespeicher eine zusätzliche wichtige Bedeutung als reversibler Wasserstoffspeicher zu, wobei neben den hohen Wasserstoffspeicherdichten in Metallhydriden die Beladepressuren verglichen mit Wasserstoffhochdruckspeichern deutlich niedriger sind. Die Kinetik der Hydrierung/Dehydrierung von Metalllegierungen und deren Zyklusstabilität ist von

verschiedenen Faktoren abhängig, wie beispielsweise von der Mikrostruktur der Legierungen, von der Morphologie der in der Regel pulverförmigen Materialien, vom Vorhandensein von Nanokatalysatoren auf der Oberfläche der Speichermaterialien, von der Homogenität der Elementverteilung oder vom Grad der Verunreinigung der Gasphase. Das Fraunhofer IFAM in Dresden entwickelt hydrierbare Metalllegierungen und damit verbundene Produktionsprozesse. Materialeitig wird spezielles Augenmerk auf die Struktur-Reaktivitäts-Beziehungen gelegt, wobei neuartige Methoden der Materialanalytik mit hoher Orts- und Zeitauflösung eingesetzt werden, wie beispielsweise elektronenmikroskopische und tomographische In-situ-Methoden. So können zeitlich-räumliche Veränderungen des Speichermaterials (Reaktionsfronten, Änderung der Pulvermorphologie etc.), die zum Verständnis der Mikrokinetik notwendig sind, unmittelbar beschrieben werden. Aus diesen Ergebnissen werden Vorschriften für das verbesserte Design von hocheffizienten und zyklusstabilen thermochemischen Energiespeichermaterialien sowie zusätzliche Impulse für Materialfertigungs- und Verarbeitungstechnologien abgeleitet.

Um die technisch gewünschte hohe Dynamik eines hydridbasierten Speichertanks zu erreichen, ist gefordert, besonders den Wärmetransfer sowie die Gaspermeation durch das Reaktionsbett langfristig stabil zu verbessern. Hier wird in verschiedenen Projekten der Ansatz verfolgt, Hydride mit anderen Materialien (z. B. Graphit) gezielt zu vermischen und über eine uniaxiale Konsolidierung in einen Verbundwerkstoff zu überführen. Graphit kann darin einerseits die Wasserstoffpermeation beschleunigen und andererseits wegen seiner extrem hohen Wärmeleitfähigkeit die effiziente Wärmeleitfähigkeit

- 4 *Kombination einer Metallfaserstruktur als Wärmeleitmatrix mit einem Wärmeträgerrohr zur Konstruktion von Hochleistungs-Latentwärmespeichern in Rohrbündelbauweise (links: unbehandelte Faserscheibe; vorn: Paraffingranulat als PCM).*
- 5 *Rascherstartete Magnesium-Nickel-Flakes für die Wasserstoffspeicherung.*



6



7

des Verbundmaterials von kleiner 1 W/(mK) im reinen Hydrid in den Bereich 10–60 W/(mK) im Hydrid-Graphit-Verbund erhöhen, was besonders für hochdynamische thermochemische Energiespeichersysteme von praktischer Bedeutung ist.

Die Erprobung der Wasserstoffspeichermaterialien erfolgt am Fraunhofer IFAM in prototypischen Speichertanks, die unter realistischen Bedingungen betrieben werden, z. B. in der Kopplung mit Brennstoffzellen zur Erzeugung von Elektroenergie. Während des Dresdner Elbhauptfestes konnte im Juni 2012 ein erster Energiesystem-Demonstrator präsentiert werden, der gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut ISE entwickelt worden war. Der integrierte PEM (Polymerelektrolyt)-Brennstoffzellenantrieb des aufgerüsteten Pedelecs »Hydrogenia« wurde mit einem speziell konzipierten Metallhydridtank zur robusten und platz sparenden Wasserstoffspeicherung gekoppelt. Dadurch kann das Pedelec nicht nur längere Strecken als mit Batterien zurücklegen, sondern auch deutlich schneller betankt werden – und das bei höherer Sicherheit. Auch stationäre Anwendungen, z. B. zur Wasserstoffversorgung von brennstoffzellenbetriebenen Hilfstriebwerke (APUs), werden verfolgt, was die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoffspeichermaterialien zeigt.

Ausblick

Während in den letzten Jahren die Fokussierung hauptsächlich auf elektrischen Speichern lag, rücken im Kontext der Energiewende zusätzlich auch innovative thermische und stoffliche Speichertechnologien mehr und mehr in den Mittelpunkt. Das Fraunhofer IFAM leistet hierbei einen stetig wachsenden Beitrag insbesondere bei der Entwicklung von Speichersystemen mit maßgeschneiderter Leistungsdichte.

KONTAKT

Dr. Jens Meinert

Latentwärmespeicher

Telefon +49 351 2537-357

jens.meinert@ifam-dd.fraunhofer.de

Dr. Lars Röntzsch

Thermochemische Energiespeicher

Telefon +49 351 2537-411

lars.roentzsch@ifam-dd.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Dresden

6 *MgH₂-Graphit-Komposit (blau-rot) mit optimierten Wärmeübertragungseigenschaften.*

7 *Hydrogenia.*



KERNKOMPETENZ PULVERTECHNOLOGIE

Pulvertechnische Lösungen haben sich seit Langem im industriellen Einsatz bewährt. Wie kein zweiter Fertigungsprozess ermöglicht die pulvertechnologische Herstellung von Bauteilen eine gezielte Einstellung von Materialeigenschaften und Geometrie gleichzeitig. Die Kernkompetenz Pulvertechnologie am Fraunhofer IFAM umfasst das Prozessverständnis vom Pulver bis zum Bauteil mit den Fragen rund um Werkstoff, Formgebung und Toleranzen, Prozesssicherheit und spezifische Bauteilanforderungen.

Ausgangspunkt für pulvertechnologische Lösungen ist das verwendete Material. Durch das Mischen von Pulvern lassen sich Werkstoffe mit den erforderlichen Eigenschaftsprofilen herstellen. So lassen sich z. B. Eigenschaften wie Härte, Zähigkeit, E-Modul, Verschleiß und Wärmedehnung an die Erfordernisse anpassen. Zunehmend spielen neue weichmagnetische Materialien und Hartmagnete eine wichtige Rolle.

Das zentrale Element der Kernkompetenz Pulvertechnologie ist das umfassende Know-how in unterschiedlichen Formgebungs- und Fertigungsprozessen. Die Formgebung und das Sintern sind der Kern der pulvertechnologischen Fertigung von Bauteilen.

Als wichtiges Formgebungsverfahren hat sich der Metallpulverspritzguss (Metal Injection Molding – MIM) etabliert. Die Experten des Fraunhofer IFAM verfügen über ein tiefgehendes Verständnis der gesamten Prozesskette vom Pulver über Feedstocksysteme und Spritzgießen bis zum gesinterten Bauteil. Das Angebot reicht von der Bauteilentwicklung über die Fertigung von Pilotserien bis zum vollständigen Know-how-Transfer und zur Qualifizierung von Produktionspersonal. Formgebungsprozesse für Spezialprodukte wie Mikro-MIM, Zweikomponenten-MIM, und Extrusion ergänzen das Portfolio.

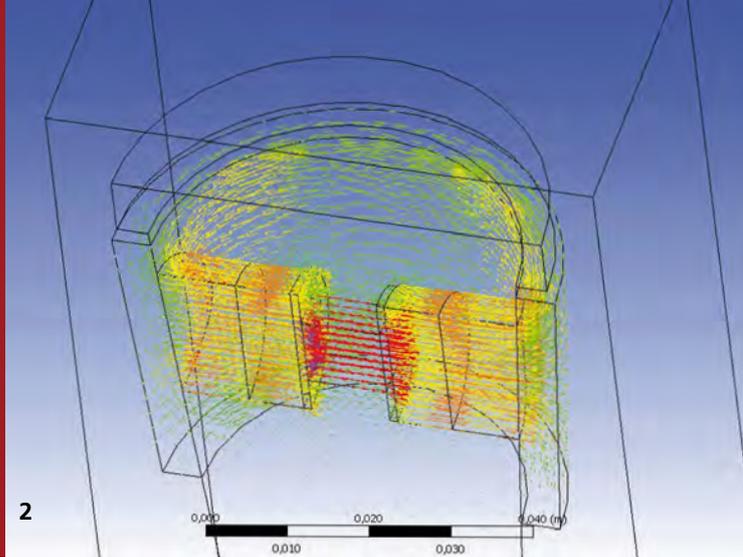
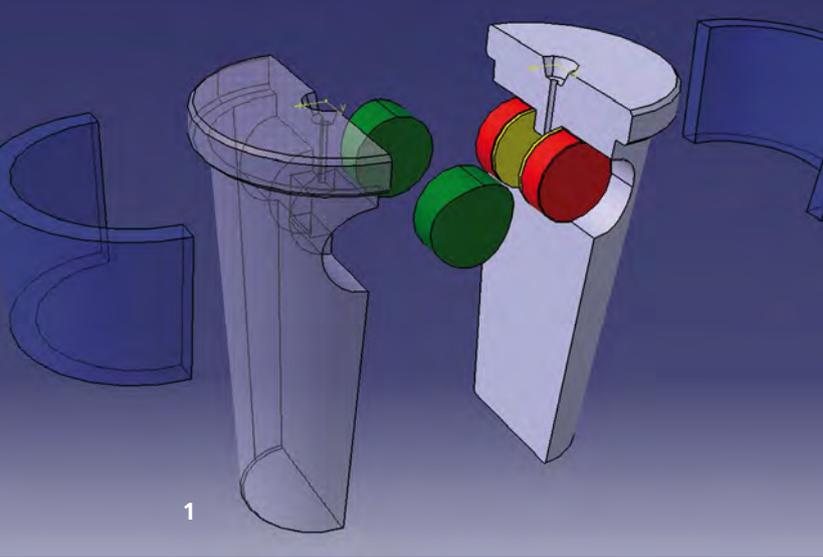
Über umfangreiche Kenntnisse verfügt das Fraunhofer IFAM auch in der Generativen Fertigung, bei der Bauteile werk-

zeuglos aus metallischen Pulvern in nahezu beliebigen und sehr komplexen Formen direkt aus 3D-CAD-Daten entstehen. Anwendung findet diese Verfahren inzwischen nicht mehr nur bei der Umsetzung der schnellen Produktentwicklung, sondern mittlerweile vermehrt auch bei der Fertigung hochgradig individualisierter Produkte für den Endanwender.

Insbesondere für die Funktionsintegration auf Bauteilen kommt das Functional Printing zum Einsatz. Verschiedene pulverbasierte Printing-Technologien sind darum ebenso Bestandteil der Kernkompetenz. In einer eigens dafür eingerichteten Fertigungsstraße werden die Verfahren im industriellen Maßstab umgesetzt.

Die Kernkompetenz wird abgerundet durch entsprechende unterstützende Technologien. Dazu zählt einerseits die Simulation von Formgebungsprozessen wie auch zur Topologieoptimierung, andererseits die Analytik mit Schwerpunkt auf Pulvercharakterisierung und Rheologie.

1 *Siebgedruckte Interdigitalstruktur zur Feuchte- oder Leitfähigkeitsmessung (Kontaktierung mittels USB).*



MAGNETISCHE KRÄFTE: HART- UND WEICHMAGNETISCHE MATERIALIEN FÜR ELEKTROMOBILITÄT UND ALTERNATIVE ENERGIETECHNIKEN

Magnetische Materialien sind seit Beginn des elektrischen Zeitalters Schlüsselmaterial der Energie- und Antriebstechnik. Hart- und weichmagnetische Materialien sorgen in Generatoren für die Umwandlung von kinetischer Energie in elektrische Energie und in Motoren sowie Aktoren für die Umsetzung von elektrischer Energie in mechanische Energie und Impulse. Beide Materialgattungen haben in der Vergangenheit einen sehr hohen Entwicklungsstand erreicht. Durch die Anforderungen in der modernen Energietechnik im Bereich der erneuerbaren und alternativen Energiequellen sowie die Herausforderungen aus der Elektromobilität ergeben sich neue Entwicklungsrichtungen zur Verbesserung der an sich hoch entwickelten Werkstoffklassen in neue Anwendungsbereiche.

Hartmagnetische Materialien – maßgeschneidert durch Metall-Pulverspritzguss

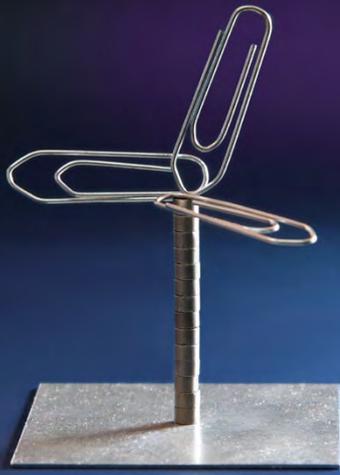
Für die Hartmagnete liegen die Forderungen mehr in der Verarbeitbarkeit der hartmagnetischen Materialien, speziell Seltenerd-Hartmagneten (NdFeB, CoSm), zu komplexeren Formen. Die Formkomplexität ist dabei nicht so hoch wie bei anderen pulvermetallurgischen Materialien, sie ist vielmehr in Verbindung mit der extrem aufwendigen zerspanenden Bearbeitung von Hartmagneten zu sehen, die eigentlich nur mit Schleifprozessen mit geringsten Zustellungen bearbeitet werden können. So ergibt sich für die Fertigungstechnik die Forderung nach einer echten Net-Shape-Formgebung, um die Schleifprozesse, wenn möglich, völlig zu umgehen.

Gleichzeitig bietet der Metall-Pulverspritzguss die Möglichkeit, besonders leistungsfähige, anisotrope Magnete herzustellen.

Durch das Anlegen von Magnetfeldern im Fertigungsschritt des Spritzgießens werden die Pulverpartikel in ihre besonders stark magnetisierten Vorzugsorientierungen ausgerichtet (Abb. 1, 2). Das Ergebnis sind anisotrope kunststoffgebundene Hartmagnete, wenn sie nach dem Spritzguss und dem Härten des Binders verwendet werden, oder anisotrope gesinterte Hartmagnete, wenn die Binder wieder beseitigt werden und das Bauteil bei hoher Temperatur zum Fertigteil gesintert wird. Die Vorzugsorientierung bleibt über den Sinterprozess größtenteils erhalten.

- 1 *Spritzgusswerkzeug mit einsetzbaren Hartmagneten (rot) und Flussleitstücken (grün).*
- 2 *Simulationsrechnung der Feldverteilung im Spritzgusswerkzeug. Die Feldkonzentration in der Kavität ist durch die rote Einfärbung zu erkennen.*

3



4



Recycling von wertvollen Elementen

Ein weiterer Punkt bei den Hartmagneten ist das Recycling: Die Hochleistungsmagnete enthalten zu einem hohen Anteil sogenannte Seltenerdelemente. Diese sind teils in endlicher Menge zugänglich oder sie stehen aufgrund der geopolitischen Verhältnissen nicht frei in beliebigen Mengen zur Verfügung. Die Forderung besteht deshalb nach einem rationellen Materialeinsatz bei der Fertigung und in einem aufwertenden Recycling von Altgeräten zur Rückgewinnung von seltenen wertvollen Materialien. Das Thema »Recycling von Seltenerd-Hartmagneten« ist ein pulvertechnologisches Thema, für dessen Bearbeitung das Fraunhofer IFAM gerüstet ist.

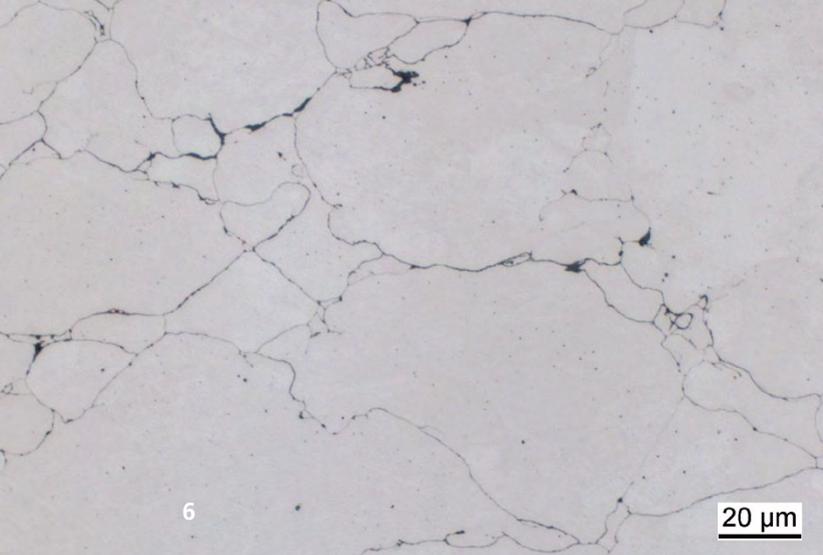
Weichmagnetische Materialien für hohe Leistungsdichten

Bei den weichmagnetischen Materialien ist die Fragestellung anders gegeben: Die in großen Mengen im Einsatz befindlichen Trafobleche/Elektrobleche haben einen Entwicklungsstand erreicht, wie er sonst nur von Halbleitermaterialien der Elektronik erreicht wird. Hohe Reinheit, kristalline Vorzugsrichtung und ausgefeilte Legierungstechnik haben zu einem sehr hochwertigen Produkt mit einem moderaten Preis geführt.

Weichmagnetische Materialien dienen dazu, den magnetischen Fluss so zu leiten, dass er in Maschinen optimal zur Erzeugung von Drehmomenten wirksam werden kann. Für die magnetischen Felder haben die weichmagnetischen Materialien die Funktion des Kabels beim elektrischen Feld. An Hartmagneten wirken direkt die magnetischen Kräfte auf magnetische Materialien (Abb. 3). Um die Kraftwirkung an einem anderen Ort zu ermöglichen, sind weichmagnetische Materialien erforderlich (Abb. 4).

Die moderne Antriebstechnik fordert allerdings höhere Momenten- und Leistungsdichten. Ferner erwarten die Nutzer der Motoren in Fahrzeugen extrem preiswerte und gleichzeitig leistungsfähige Motoren mit dennoch hohem Fahrkomfort. Dies erfordert neue Konzepte und Bauweisen von Motoren, die zwar grundsätzlich bekannt sind, jedoch nicht durch die bestehende Technologie der Elektrobleche bedient werden können, die quer zu ihren Flächen keine guten magnetischen Eigenschaften aufweisen. Sie sind extrem anisotrop in ihren Eigenschaften. Hier sind magnetisch isotrope Materialien gefordert, für die die Pulvermetallurgie als Fertigungstechnik große Vorteile aufweist. Dies gilt insbesondere dann, wenn man sich vor Augen führt, dass die elektromagnetische kontinuierliche Krafterzeugung durch magnetische Wechselfelder erzeugt wird. Die zeitlich veränderlichen Magnetfelder erzeugen nicht nur an den freien Enden Kräfte und Momente, sondern führen auch zu hohen Strömen im Inneren des Materials, den sogenannten Wirbelströmen, die in der Energiebilanz zu den Verlusten der magnetischen Systeme zu zählen sind.

- 3 *Spritzguss-Hartmagnet mit anhängenden magnetischen Teilen.*
 4 *Magnetische Flussleitung vom Magneten (oben) zu magnetischen Teilen.*



Verringerung der Verluste durch pulvermetallurgisch gefertigte Partikelverbundwerkstoffe

Ein wirksamer Ansatz gegen die Verluste durch Wirbelströme bei gleichzeitiger Isotropie der magnetischen Eigenschaften ist der pulvermetallurgisch gefertigte Partikelverbundwerkstoff (Abb. 5). Während in konventionellem Material größere Wirbelstrompfade existieren, die zu großen Verlusten führen, begrenzen isolierende Schichten auf den Oberflächen/Grenzflächen der Verbundmaterialien die Ströme im Wesentlichen auf die einzelnen Körner. Das Tafoblech macht senkrecht zu seiner Oberfläche nichts anderes. Bei den Verbundmaterialien sind alle Raumrichtungen isolierend voneinander getrennt. Die Abbildung 6 zeigt die Mikrostruktur eines solchen Verbundmaterials, welches aus sehr reinen Eisenpulverpartikeln besteht, die sehr gute magnetische Eigenschaften aufweisen und gegeneinander durch eine dünne Schicht Kunststoff oder Keramik getrennt sind. Die Herausforderung besteht darin, diesen Verbunden nicht nur gute magnetische Eigenschaften zu vermitteln, sondern auch ausreichende mechanische Festigkeit für die hohen Anforderungen in bewegten Systemen der Aktorik, Elektromobilität und alternativen Energieerzeugung.

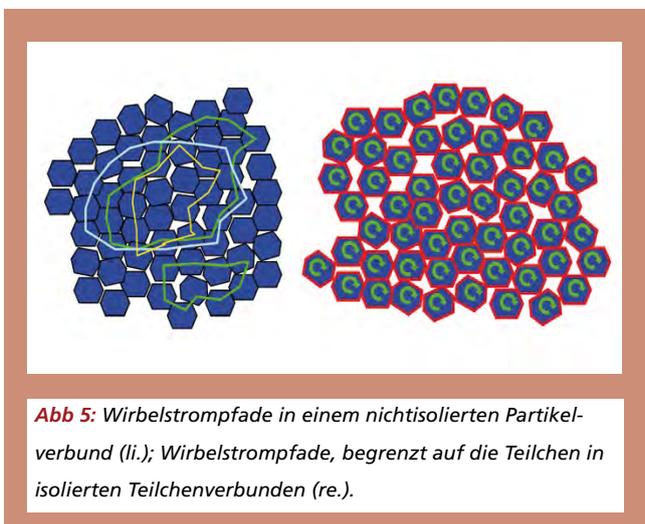


Abb 5: Wirbelstrompfade in einem nichtisolierten Partikelverbund (li.); Wirbelstrompfade, begrenzt auf die Teilchen in isolierten Teilchenverbunden (re.).

KONTAKT

Hartmagnetische Materialien

Dr. Thomas Hartwig
 Pulvertechnologie
 Telefon +49 421 2246-156
 thomas.hartwig@ifam.fraunhofer.de

Weichmagnetische Materialien

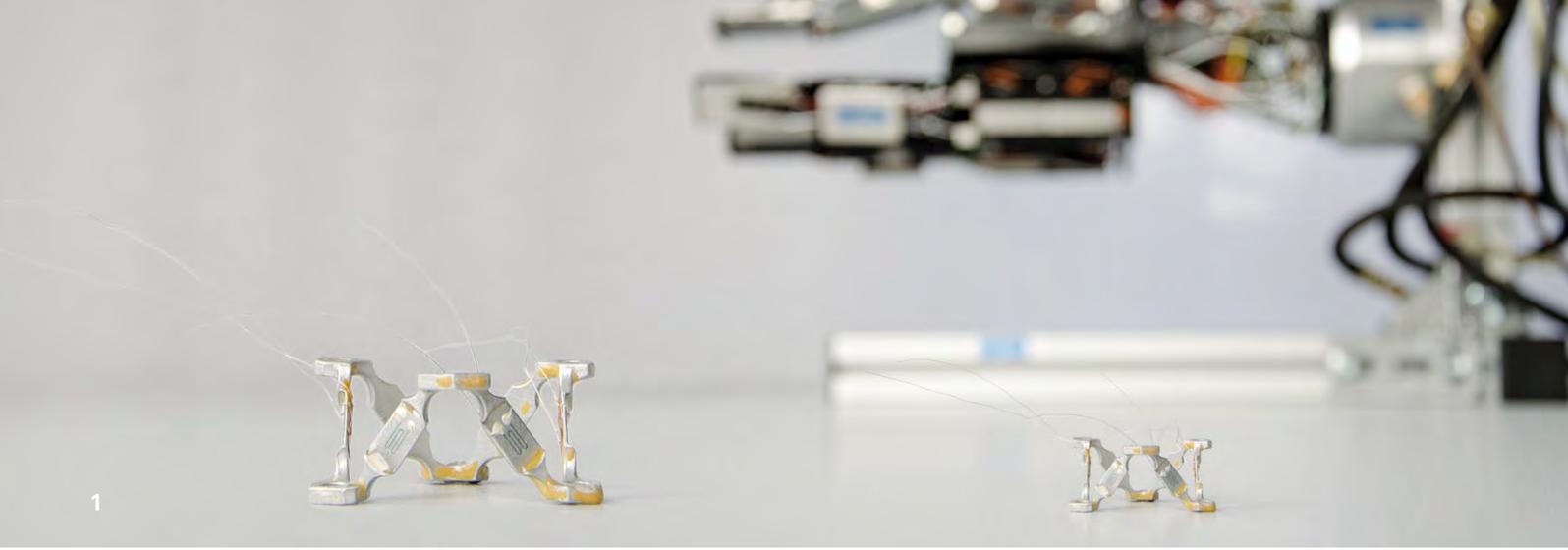
Dr. Georg Veltl
 Pulvertechnologie
 Telefon +49 421 2246-148
 georg.velt@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Christian Weck
 Pulvertechnologie
 Telefon +49 421 2246-103
 christian.weck@ifam.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
 Angewandte Materialforschung IFAM,
 Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen

6 Mikroskopische Aufnahme der Mikrostruktur eines Partikelverbundes mit elektrisch isolierendem Material auf den Korngrenzen.



INTELLIGENTE STRUKTUREN FÜR ROBOTERSYSTEME

Der technologische Fortschritt im Bereich der Robotik erlaubt zunehmend den Einsatz von Robotern für Arbeiten in Bereichen, die für Menschen nur schwer zugänglich sind oder mit hohen körperlichen Belastungen einhergehen. Zur Bewältigung komplexer Aufgaben ist jedoch weiterhin die Fernsteuerung des Roboters durch einen Menschen erforderlich. Als Hilfsmittel bei der Durchführung bestimmter Aufgaben, wie beispielsweise Greifvorgängen, steht dem Bediener des Roboters vor allem eine visuelle Beobachtung des Vorgangs zur Verfügung. Bei dem Ziel nach einem höheren Automatisierungsgrad muss der Zustand des Materials oder der Struktur messbar sein. Auch die Anzahl und Positionierung der Sensoren ist für die Steuerung entscheidend. In diesem Zusammenhang arbeitet das Fraunhofer IFAM an der Sensorierung von Robotern und deren Ausrüstung mit Systemen zur autarken Energieversorgung (Energy Harvesting).

Rückmeldung über Dehnungsmessstreifen

Für einen hohen Automatisierungsgrad ist entscheidend, dass der Roboter dem Bediener eine entsprechende Rückmeldung gibt, beispielsweise hinsichtlich der Kräfte bei Greifvorgängen. Zur Erreichung einer möglichst hohen lokalen Auflösung der Kraftmessung ist eine Vielzahl von Sensoren erforderlich. Eine Möglichkeit besteht im Einsatz von Dehnungsmessstreifen (DMS), welche die auf ein Roboterbauteil wirkenden Belastungen erfassen. Konventionelle Folien-Dehnungsmessstreifen werden mit einem speziellen Klebstoff auf die Oberfläche des zu überwachenden Bauteils aufgeklebt und kontaktiert. Dieser konventionelle Ansatz ist aufgrund der Abmaße der Dehnungsmessstreifen hinsichtlich seiner Integrationsdichte begrenzt. Bezüglich der Realisierung von Energieerntesystemen sind beispielsweise Thermogeneratoren für den Einsatz in Robotern geeignet. Diese können in der Nähe von Motoren oder auf Platinen untergebracht werden und decken somit einen Teil des Energieverbrauchs ab. Die Realisierung von

Sensoren und Thermogeneratoren mit Druckverfahren stellt einen flexiblen Ansatz zur bauteilgerechten Fertigung solcher Komponenten dar.

Flexible Fertigung mit Druckverfahren

Funktionsstrukturen wie Sensoren oder Thermogeneratoren können heute mit Druckverfahren auf Bauteilen und Oberflächen appliziert werden. Die dafür notwendigen Prozessschritte werden am Fraunhofer IFAM in der Technologieplattform INKtelligent printing® zusammengefasst. Diese umfasst die Tintenformulierung und das Verdrucken der Tinte mit digitalen

1 *Gedruckter DMS auf Hexapod zur Messung der Kraftübertragung. Projekt: SeeGrip des DFKI Robotics Innovation Center © DFKI GmbH.*

Druckverfahren, wie Aerosol- oder Tintenstrahldruck. Eine im Anschluss durchgeführte thermische Behandlung aktiviert die Funktion der gedruckten Funktionsstruktur. Das Aerosoldruckverfahren kann insbesondere für die Realisierung von Funktionsstrukturen auf komplex geometrischen Oberflächen eingesetzt werden. Hierfür werden funktionale Tinten verwendet, die beispielsweise mit metallischen Nanopartikeln gefüllt sind. Neben dem Sensor oder Thermogenerator können zudem Leiterbahnen gedruckt werden, wodurch sich der Aufwand zur Kontaktierung und Verkabelung der einzelnen Komponenten reduziert.

Für die Realisierung von Dehnungsmessstreifen auf Roboterbauteilen bedeutet dies, dass eine funktionale Tinte zu verwenden ist, deren Eigenschaften im Endzustand denen eines konventionellen Dehnungsmessstreifens gleichen. Hierbei kommen verschiedene Materialien für den Einsatz als gedruckte Sensoren in Frage. Neben Silber sind dies Konstantan und ein elektrisch leitfähiges Polymer. Während Silber und das elektrisch leitfähige Polymer kommerziell als funktionale Tinten erhältlich sind, werden verdruckbare Konstantan-Tinten derzeit lediglich am Fraunhofer IFAM hergestellt. Somit stehen für die Realisierung von aerosolgedruckten Dehnungsmessstreifen auf Roboterbauteilen drei Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung. Vor der Aufbringung der Sensoren wurden die Eigenschaften der Tinte und der Bauteiloberfläche aneinander angepasst. Hierfür wurde ein spezielles Lacksystem ausgewählt, das auf die in diesem Projekt verwendeten Aluminiumbauteile aufgebracht wurde und somit zugleich die notwendige elektrische Isolation zum Substrat gewährleistet.

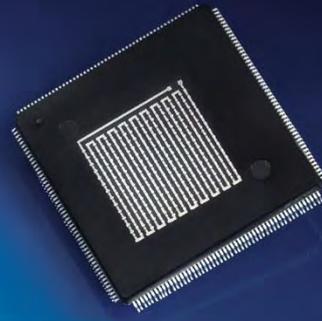
Diese Materialien wurden in Form von Dehnungsmessstreifen auf die entsprechenden Komponenten eines Roboters aufgedruckt, wobei dieses Bauteil drucktechnisch mit mehreren Dehnungsmessstreifen ausgerüstet wurde. Die Aufbringung der Sensoren wurde am Beispiel von zwei Roboterbauteilen demonstriert: ein Hexapod zur Kraftübertragung an einer Roboterhand und ein Bauteil des Roboterskeletts (Oberschenkel).

Weiterhin stellen gedruckte Thermogeneratoren eine attraktive Möglichkeit dar, Energie an erwärmten Komponenten des Roboters zu gewinnen, um diese wiederum in das System zurückzuführen. Hierfür wurde direkt auf ein elektronisches Bauteil ein Thermogenerator mit dem Tintenstrahldruck aufgebracht. Zur Generierung einer durch Erwärmung induzierten Spannung wurden ein organisches und ein anorganisches Material in einem Thermogeneratorlayout kombiniert. Die mit diesem Aufbau realisierten Generatoren stellen damit eine Perspektive dar, um elektronische Komponenten mit dezentraler Energie zu versorgen.

Ergebnis: Präzise Funktionalisierung von Roboterbauteilen

Sensoren und Thermogeneratoren können mit Druckverfahren direkt auf Bauteile und Komponenten aufgedruckt werden. Während das Aerosoldruckverfahren für die Funktionalisierung komplexer Bauteilgeometrien geeignet ist, wird der Tintenstrahldruck insbesondere für flache Bauteile verwendet. Somit wurde auch das Aerosoldruckverfahren für die Aufbringung der Dehnungsmessstreifen auf mechanisch belastete Roboterbauteile eingesetzt. Auf den lackierten Aluminiumbauteilen wurden metallische und polymere Dehnungsmessstreifen realisiert, wobei jedes der verwendeten Materialien für gedruckte Dehnungsmessstreifen eingesetzt werden kann. Obgleich sich die Qualität des Messsignals in Abhängigkeit vom verwendeten Material unterscheidet, liegt der Vorteil unterschiedlicher Materialien darin, dass diese je nach den Substrateigenschaften ausgewählt und angepasst werden können.

Ebenso wie bei der Aufbringung von Sensoren besteht der Vorteil gedruckter Thermogeneratoren in der Flexibilität hinsichtlich der direkten Aufbringung auf ein Bauteil. Mit digitalen Druckverfahren kann das Layout des Thermogenerators



exakt an die Gegebenheiten des Bauteils, beispielsweise eine lokale Erwärmung, angepasst werden. Im Rahmen des Projektes konnte ein Thermogenerator mit dem Tintenstrahldruck erfolgreich auf eine im Roboter verbauten Platine realisiert werden. Mit gedruckten Thermogeneratoren können bereits heute Leistungen erzielt werden, die für die technische Anwendung ausreichen. Dennoch sind in Zukunft durch neue, in der Entwicklung befindliche Materialien deutliche Leistungssteigerungen der gedruckten Thermogeneratoren zu erwarten.

Auftraggeber

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) GmbH, Bremen

KONTAKT

Dipl.-Wi.-Ing. Christian Werner

Funktionsstrukturen

Telefon +49 421 2246-142

christian.werner@ifam.fraunhofer.de

Dr. Volker Zöllmer

Funktionsstrukturen

Telefon + 49 421 2246-114

volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de

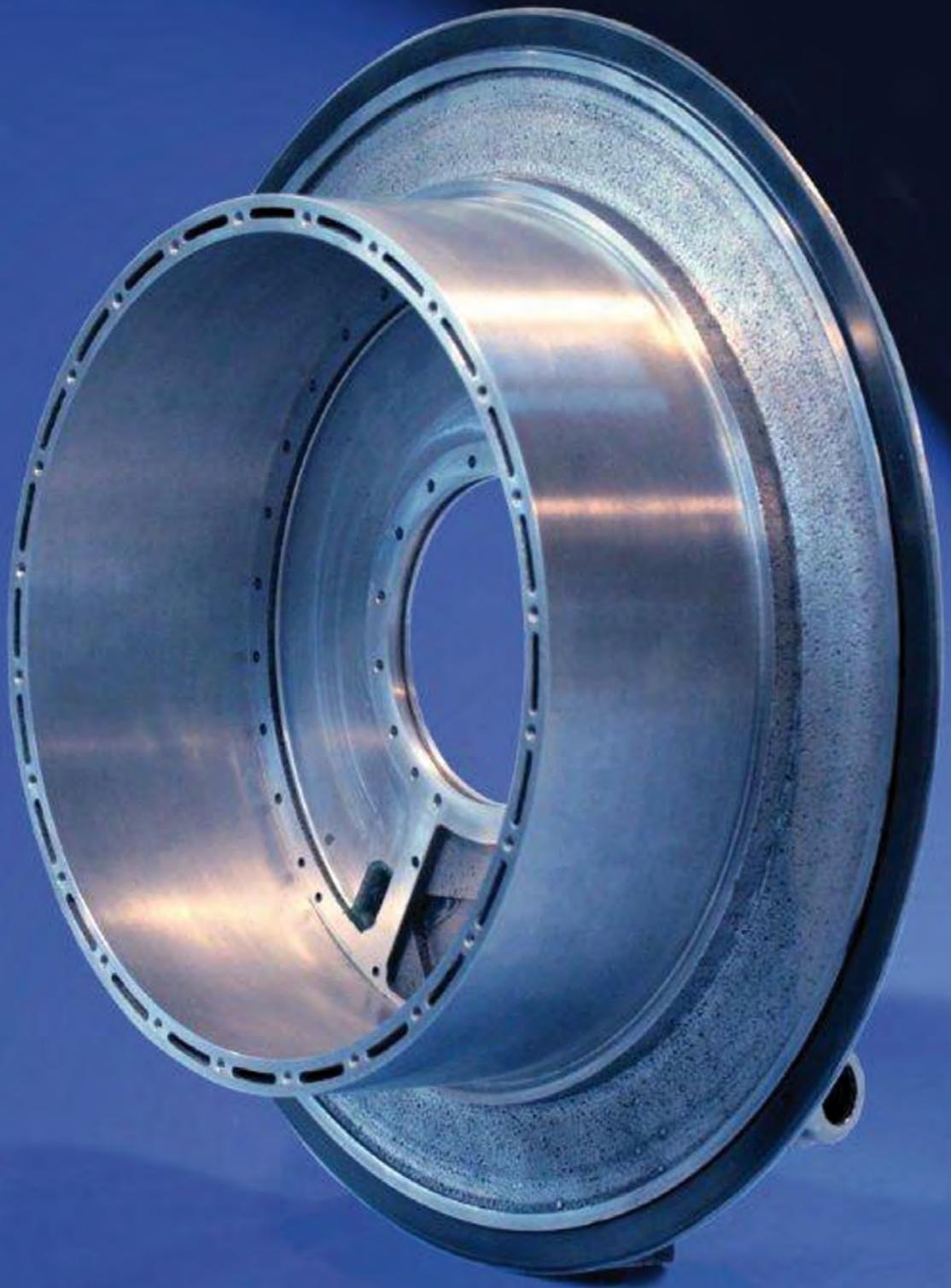
Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen

2 *Bedruckte Platine: Eine gezielte Kombination von thermoelektrischen und metallischen Werkstoffen ermöglicht es, Strukturen zu drucken, die sich als thermoelektrische Generatoren nutzen lassen.*



KERNKOMPETENZ GIESSEREITECHNOLOGIE

Die Gießereitechnologie hat eine lange Tradition von Anwendungen in fast allen Industrie- und Lebensbereichen. Mit der Kernkompetenz Gießereitechnologie begleitet das Fraunhofer IFAM industrielle Kunden bei der gießtechnischen Umsetzung einer Produktidee vom ersten Prototypen bis zum anwendbaren Produkt. Passend zu der jeweiligen Anwendung stehen unterschiedliche Gießverfahren und Werkstoffe zur Verfügung.

Wesentliche Elemente der Kernkompetenz sind die langjährige Erfahrung und die am Fraunhofer IFAM aufgebaute Prozesskette und Anlagentechnik für Druckguss, Feinguss und Lost Foam, drei der bedeutendsten gießtechnischen Verfahren.

Druckguss als produktivstes Gießverfahren bietet auch heute noch großes Potenzial zur Steigerung der Wertschöpfung. Aktuelle Forschungsschwerpunkte sind u. a. verlorene (Salz-) Kerne, gegossene Strukturteile sowie das gießtechnische Hybridfügen von Faserverbundwerkstoffen mit Gusswerkstoffen, insbesondere CFK und Aluminium.

Besonders anspruchsvolle und filigrane Strukturen mit hochwertigen Oberflächen bietet der Feinguss. Dabei wird zunächst ein Gießmodell aus Wachs mit frei gestaltbarer Geometrie aufgebaut, in Formstoff eingebettet und ausgeschmolzen bevor der entstandene Hohlraum in der Feingussanlage mit Schmelze ausgefüllt wird.

Bei der Lost-Foam-Technologie werden große wie kleine Gussteile mit maximaler Komplexität direkt endformnah in einem Stück gegossen. Das Verfahren erlaubt einzigartig komplexe Bauteile mit frei gestaltbaren Kanälen und Hinterschneidungen – ohne Ausformschrägen oder Grat. Das Fraunhofer IFAM ist führender Forschungspartner in der Lost-Foam-Technologie und arbeitet über den Verbund des Lost Foam Council e. V. Hand in Hand mit der Industrie.

Zu den verwendeten Gusswerkstoffen gehören Aluminium, Magnesium, Zink, Kupfer, Stahl sowie kundenindividuelle Sonderlegierungen. Weiterhin werden Sonderwerkstoffe wie Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe entwickelt bzw. verbessert und so neue Applikationsfelder für gießtechnische Anwendungen und Gussbauteile erschlossen.

Zunehmende Bedeutung erlangen die am Fraunhofer IFAM entwickelten funktionsintegrierten Gussbauteile. Durch die Integration elektronischer Komponenten findet eine Funktionsintegration bereits während des Gießprozesses statt. Mit CAST^{TRONICS}[®] sind erweiterte elektronische, sensorische oder aktorische Funktionalitäten von Gussteilen wie z. B. RFID-Bauteilkennzeichnung oder Sensoren zur Lasterkennung möglich. Die numerische Simulation von gießtechnischen Verfahren sowie eine umfassende Analytik runden die Kernkompetenz ab.

Einzigartige Potenziale ergeben sich zudem im Zusammenspiel mit anderen Kernkompetenzen des Fraunhofer IFAM. So werden neben den gießtechnischen Kernaufgaben auch Fragestellungen bearbeitet, die nur in direktem Kontakt zum Gussteil betrachtbar sind, wie beispielsweise das Korrosionsverhalten, eine geeignete Oberflächenbeschichtung und Lackierung oder eine klebtechnische Fügeverbindung.

1 *Gussgehäuse mit integriertem Wassermantel und Kühlkanälen für einen Elektromotor, hergestellt im Lost-Foam-Verfahren.*

GIESSTECHNISCH VERBUNDEN: HYBRIDE CFK-ALUMINIUM-FÜGE- VERBINDUNG FÜR DEN LEICHTBAU

Leichtbau gilt als Schlüsseltechnologie. Wo immer es um geringes Gewicht geht und Massen bewegt werden müssen, sind sie gefragt: Faserverbundwerkstoffe. Experten sind sich einig, carbon- oder glasfaserverstärkte Kunststoffe bieten ein enormes Potenzial für neue Produktideen. Doch nicht immer geht es ohne Metall. Eine Methode, die besten Eigenschaften verschiedener Werkstoffe miteinander zu verbinden, ist die Hybrid-Bauweise. Sinnvolle Kombinationen unterschiedlicher Materialien sind zum Beispiel CFK und Aluminium. Derzeit erfolgt das Verbinden dieser Komponenten über ein adhäsives oder mechanisches Fügen. Insbesondere im Hinblick auf gewichtsoptimierte, integrale Strukturen mit verbesserten mechanischen Eigenschaften sind jedoch neue Konstruktions- bzw. Fügemöglichkeiten von Interesse.

Fügen mit Verbindungselementen aus Titan- oder Glasfasern

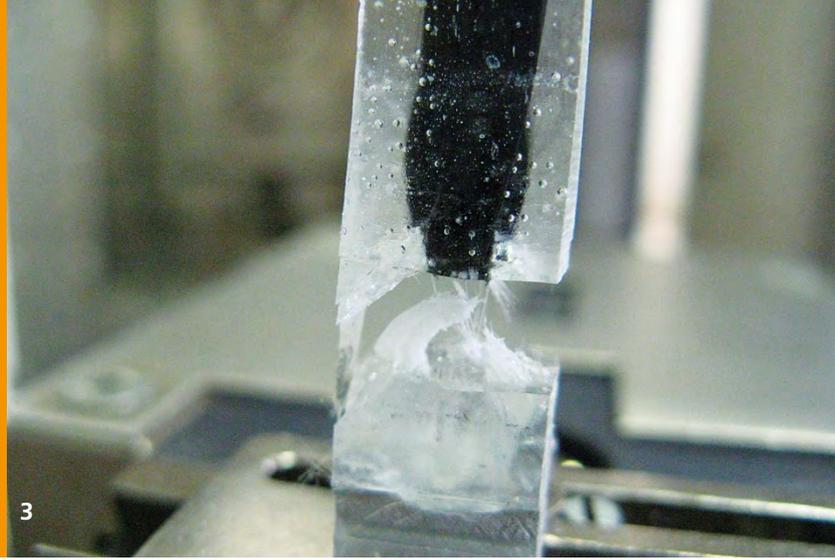
Für die unterschiedlichsten Branchen können integrale Übergangsstrukturen zwischen Aluminium und CFK gewünschte konstruktive und fertigungstechnische Möglichkeiten bieten: eine Reduzierung von Gewicht, Bauraum und Fertigungsschritten. Der Bedarf an dieser Materialkombination ist groß. So sind Einsatzgebiete nicht nur in der Luftfahrtindustrie zu finden, auch bei Windkraftanlagen und im allgemeinen Maschinenbau steigt die Nachfrage nach leichten Bauweisen. Im modernen Automobilbereich setzen Fahrzeughersteller bereits komplette CFK-Karosserien in Großserienfahrzeugen ein. Der Fahrzeugrahmen, der als separates Bauteil hergestellt wird, ist dabei aus Aluminium gefertigt. Zur Montage beider Bauteile ist wiederum eine Verbindungstechnik zwischen dem Aluminiumrahmen und der CFK-Karosserie erforderlich, die hier meist über eine kombinierte Verbindung aus Nieten und Kleben erzielt wird.

Zur Entwicklung von neuartigen Verbindungskonzepten wurde an der Universität Bremen die DFG-Forscherguppe »Schwarz-Silber« gegründet. Dabei werden verschiedene Verbindungsarten hergestellt und auf ihre mechanischen Eigenschaften hin untersucht. Alle untersuchten Lösungsansätze verfolgen dabei die gemeinsame Strategie einer sogenannten Übergangsstruktur zwischen den zu fügenden Materialien Aluminium und CFK. Dieser Übergang vom Metall zum Faserverbundwerkstoff wird unter der Berücksichtigung von fasergerechtem Design sowie – im Vergleich zu konventionellen Verbindungstechniken – verringertem Bauraum und Gewicht entwickelt. Das eingebrachte Verbindungselement führt zu einer elektrochemischen Entkopplung zwischen den Werkstoffen und vermeidet somit das kritische Korrosionsverhalten des Werkstoffverbundes Aluminium-CFK. Besonderer Vorteil dieser Übergangsstrukturen, die aus hitzebeständigen Glasfasern oder Titan bestehen können, ist die fertigungstechnisch einfache direkte Integration in Aluminiumbauteile mithilfe des Aluminiumgusses, der im Bereich der Gießereitechnologie am Fraunhofer IFAM untersucht und erarbeitet wird. Unterstützt

2



3



werden diese Arbeiten durch die Abteilung Plasmatechnik und Oberflächen am Fraunhofer IFAM. Hier werden geeignete Oberflächenmodifikationen der Übergangsstrukturen entwickelt, die die mechanischen und korrosiven Eigenschaften der Verbindungen verbessern.

Im Druckguss fest verbunden

Neben dem Druckgussprozess wird im Rahmen des Projektes auch die Integration der Übergangselemente beim Prozess des Lost-Foam-Gießverfahrens untersucht, bei dem die Gussbauteile in nahezu beliebig komplexen Geometrien herstellbar sind. Zunächst werden spezielle Gusseinleger aus geeigneten Materialien hergestellt, die im Druckguss vor dem eigentlichen Gießprozess in die Form eingelegt werden. Ein Teil der Übergangsstruktur wird dabei so abgedeckt, dass dort keine Infiltration mit Schmelze erfolgt. Dieser Teil – entweder Titan-drahtschlaufen, Glasfaserschlaufen oder Glasfaserlaminat –

ragt nach dem Gießprozess aus dem Aluminiumbauteil heraus und bildet den Anknüpfungspunkt zu den Kohlenstofffasern im nächsten Fertigungsschritt.

Die besonderen Herausforderungen in der Herstellung derartiger Verbindungstechniken bestehen zum einen darin, die Übergangsstrukturen, je nach Gießverfahren in der Form oder im Modell, zu positionieren. Dieser Schritt ist notwendig, damit die Strukturen beim Einströmen der Aluminiumschmelze nicht weggetragen oder undefiniert weggedrückt werden. Dafür werden entsprechende Halterungssysteme entwickelt und erprobt. Im Gegensatz dazu müssen die Gießparameter so eingestellt werden, dass eine möglichst vollständige Infiltration der Übergangsstrukturen erfolgen kann. Je nach eingesetztem Material für die Übergangsstruktur ist auch die Temperaturbeständigkeit eine kritische Größe, die bei der Herstellung zu beachten ist.

Im Rahmen der aktuell laufenden dreijährigen Projektphase steht die grundsätzliche Herstellbarkeit derartiger Verbindungen im Vordergrund. Darauf aufbauend sollen die neuartigen Ansätze auf ihre Zugfestigkeit hin untersucht werden und mit den etablierten Fügeverfahren verglichen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass derartige Strukturen sowohl im Druckguss als auch im Lost-Foam-Verfahren technisch herstellbar sind. Darüber hinaus wurden erste orientierende Zugversuche an Gesamtverbindungen durchgeführt, bestehend aus Aluminium-Übergangsstruktur-CFK. Die Resultate zeigen ähnlich hohe Zugfestigkeiten wie konventionelle Nietverbindungen, in Bezug auf das deutlich geringere Gewicht dieser neuen Verbindungsart.

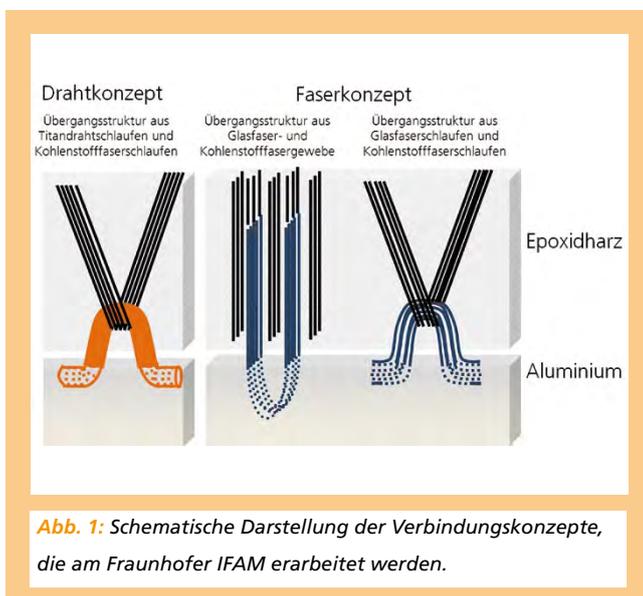
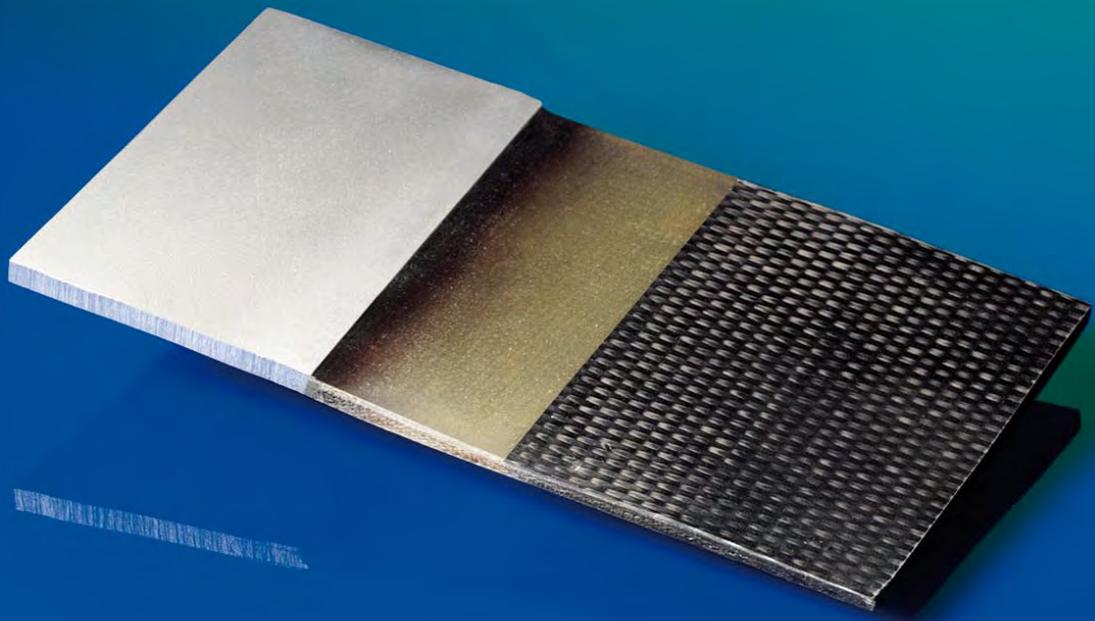


Abb. 1: Schematische Darstellung der Verbindungskonzepte, die am Fraunhofer IFAM erarbeitet werden.

2 Faserkonzept: partiell im Aluminiumdruckguss infiltrierte Glasfaserschlaufen.

3 Zugversuch an einer Aluminium-CFK-Verbindung mit Übergangsstruktur aus Glasfaserschlaufen

© Stiftung Institut für Werkstofftechnik Bremen, IWT.





5

Entwicklungspotenzial: Automatisiertes Fügen

In Zukunft sollen ausgewählte Verbindungskonzepte auf weitere mechanische Eigenschaften hin untersucht werden, wie zum Beispiel Druck- und Schubbelastungen. Darüber hinaus sollen am Fraunhofer IFAM weiterführende Konzepte erarbeitet werden, die es ermöglichen, die gießtechnische Herstellung der Teilverbindung in bestehende Fertigungsprozesse zu integrieren. Dabei wird zum einen die Herstellung der Gusseinleger für die neuartigen Verbindungskonzepte in Bezug auf eine Herstellung in größerer Stückzahl untersucht. Ebenso wird der Prozess des Einsetzens der Gusseinleger in die Druckgießform unter Berücksichtigung einer automatisierten Prozessführung untersucht und bewertet.

Auftraggeber

Gefördert durch:



Projektpartner

- Universität Bremen
- Faserinstitut Bremen e. V. (FIBRE), Bremen
- Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH (BIAS), Bremen
- Bremer Institut für Strukturmechanik und Produktionsanlagen (BIME), Bremen
- Hochschule Bremen
- Stiftung Institut für Werkstofftechnik (IWT), Bremen

KONTAKT

Dipl.-Ing. Jan Clausen

Gießereitechnologie und Komponentenentwicklung

Telefon +49 421 2246-273

jan.clausen@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Uwe Specht

Plasmatechnik und Oberflächen PLATO

Telefon +49 421 2246-272

uwe.specht@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Wi.-Ing. Christoph Pille

Gießereitechnologie und Komponentenentwicklung

Telefon +49 421 2246-227

christoph.pille@ifam.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

- 4 CFK-Aluminium-Hybridverbindung mit gießtechnisch in Aluminium integriertem Glasfaserlaminat als Übergangsstruktur.
- 5 Rohrstoß als Hybridverbindung zwischen einem Aluminium-Druckgussbauteil und CFK mithilfe von Titandrahtschlaufen als Übergangsstruktur.



KERNKOMPETENZ KLEBTECHNIK

Kleben bezeichnet ein Fertigungsverfahren aus der Gruppe der Fügeprozesse, wobei die Füge­teile mittels eines Klebstoffs stoffschlüssig verbunden werden. In den letzten Jahrzehnten hat sich das Kleben branchen­übergreifend auf breiter Front durchgesetzt. Am Fraunhofer IFAM wurde das Potenzial der Klebtechnik früh­zeitig erkannt und eine Kernkompetenz aufgebaut, mit der sich das Institut als international anerkannte und europaweit größte unabhängige Forschungseinrichtung auf diesem Gebiet etabliert hat.

Die Kernkompetenz Klebtechnik des Fraunhofer IFAM umfasst die Materialentwicklung und Charakterisierung, die Entwicklung und Anwendung verschiedenster Applikationsprozesse, die Auslegung und Validierung von Strukturen sowie eine umfassende Qualitätssicherung.

Das Institut verfügt über vielseitiges Know-how zur Darstellung und Modifizierung von Polymersystemen sowie der Entwicklung von Kleb- und Dichtstoffen. Herausforderungen wie Haftvermittlung und Alterungsschutz von Klebstoffen gehören ebenso zum Portfolio wie die Entwicklung und der Einsatz von biomimetischen Klebstoffen. Bei der Charakterisierung von Klebstoffen und Klebverbunden bedient man sich eines breiten Spektrums chemischer, physikalischer und mechanischer Prüfverfahren. Oft kommt der Beschreibung des Alterungsverhaltens und der Lebensdauerabschätzung von Klebverbunden eine entscheidende Bedeutung zu.

Die Integration der Klebtechnik in die industrielle Fertigung erfordert eine auf die Anwendung abgestimmte Applika­tionstechnik. Bei höherwertigen Verbindungen ist oft die Vorbehandlung von Oberflächen für das Kleben notwendig. Die Werkstoffe werden gereinigt und aktiviert oder modifi­ziert, damit Klebstoffe langzeitbeständig darauf haften. Der Prozessautomatisierung einschließlich toleranzangepasster Fertigungsverfahren kommt in vielen Branchen eine zentrale Bedeutung zu. Gleiches gilt für die Auslegung von Klebverbin-

dungen und die Berechnung geklebter Strukturen. Grundlage sind experimentelle Kennwerte von Werkstoffen, Verbindun­gen und Bauteilen, die in einem akkreditierten Prüflabor unter Berücksichtigung der spezifischen Randbedingungen der An­wendung ermittelt werden.

Eine umfassende Beratung zu allen Fragen der Klebtechnik ist für das Institut selbstverständlich. Darüber hinaus kommen zur Qualitätssicherung Verfahren wie optische Messtechnik und Inline-Analytik sowie verschiedenste zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen zum Einsatz. Ein langjährig etab­liertes, umfassendes und weltweit angebotenes Portfolio an klebtechnischer Weiterbildung mit europaweit anerkannten Abschlüssen ist ein weiterer Ausdruck und ein wesentliches Element des Qualitätssicherungskonzepts für die Klebtechnik.

Das Fraunhofer IFAM ist zudem Anerkannte Stelle des Eisen­bahnbundesamtes für die Prüfung und Zulassung von Unter­nehmen, die klebtechnische Arbeiten ausführen oder beauf­tragen, mit geklebten Produkten handeln oder Dienstleistun­gen im Bereich klebtechnischer Konstruktion oder Auslegung im Schienenfahrzeugbau anbieten.

1 *Vorapplizierbarer PASA®-Klebstoff auf metallischen Befestigungs­elementen.*



LEITFADEN »KLEBEN – ABER RICHTIG«

Der Einsatz von Klebstoffen ist heutzutage sehr vielfältig. Die Klebstoffhersteller können daher in den Datenblättern gar nicht die unterschiedlichen, teilweise sehr speziellen Einsatzgebiete umfassend berücksichtigen. Folglich kommt es ohne ein Basisverständnis des Klebstoffanwenders für die Besonderheiten des Einsatzes der Klebtechnik wiederholt zu Schadensfällen durch Versagen der Klebverbindung. Um dem vorzubeugen, hat das Klebtechnische Zentrum des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, in Zusammenarbeit mit dem Industrieverband Klebstoffe e. V. den Leitfaden »Kleben – aber richtig« erstellt.

Immer wieder wird die Komplexität eines Klebvorgangs unterschätzt und einfache Basisregeln finden aus Unkenntnis keine Beachtung, beispielsweise:

- Die grundsätzlichen Wirkungsmechanismen einer Klebung sind nicht bekannt.
- Bei der Auswahl des Klebstoffs wird oft nur der Werkstoff berücksichtigt.
- Das Verbot des Einsatzes von Silikonen und Silikonölen in der klebtechnischen Fertigung wird häufig ignoriert.
- Montageklebstoffe, Alleskleber, Leim und Sekundärklebstoffe sind bekannt, nicht aber die Unterschiede der Eigenschaften dieser und anderer Klebstoffe.

Da der Klebstoffanwender aus seiner subjektiven Sicht nach bestem Wissen und Gewissen gearbeitet und somit alles richtig gemacht hat, ist die Folge, dass im Versagensfall die Schuld dem Klebstoff bzw. der Klebtechnik zugerechnet wird. Dadurch werden dem Anwender die alten und falschen Vorurteile – »War ja nur geklebt«, »Kleben, das kann ja auch nicht halten« oder »Wäre das bloß geschweißt/geschraubt/genietet gewesen« – bestätigt.

Für den Klebstoffhersteller hat dieses Denken eine negative Auswirkung: Derartige Vorkommnisse gehen beim potenziel-

len Klebstoffanwender nachhaltig zulasten des Images der Klebtechnologie.

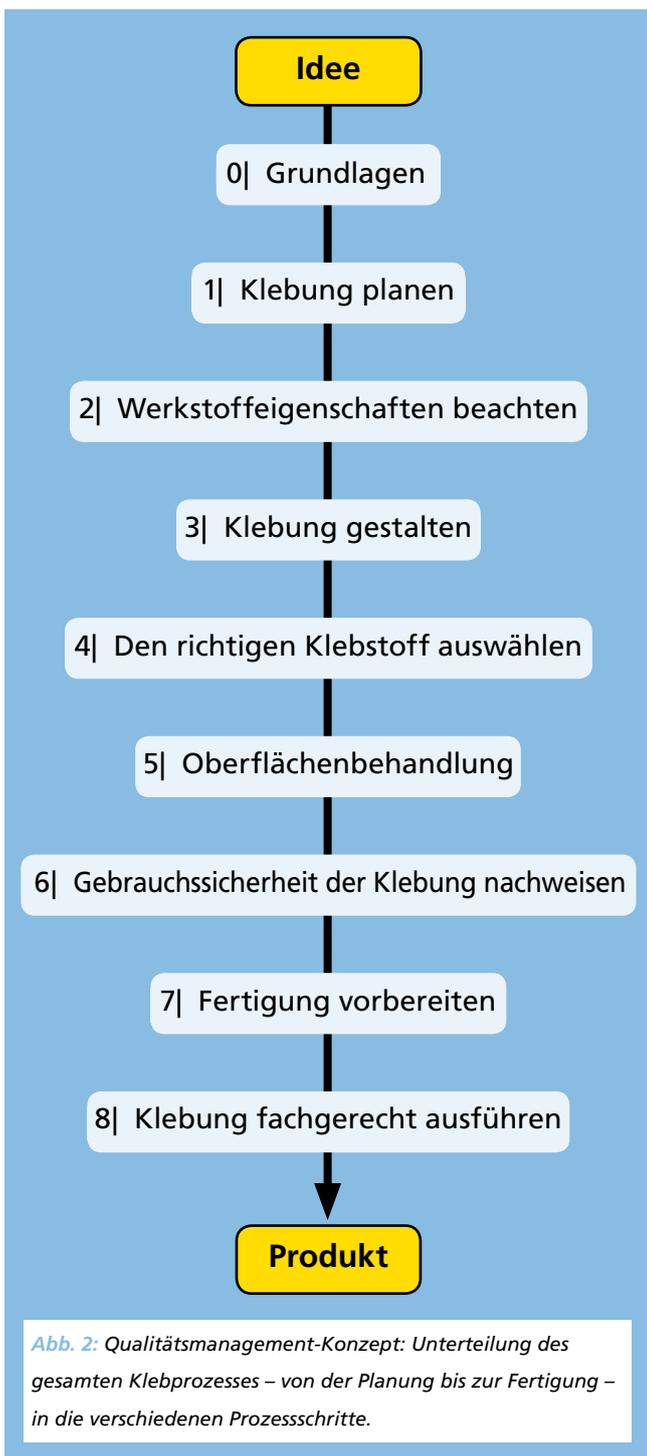
Der vom Fraunhofer IFAM in Zusammenarbeit mit dem Industrieverband Klebstoffe e. V. erarbeitete Leitfaden »Kleben – aber richtig« soll hier einen großen Beitrag leisten, um so nicht nur das Vertrauen in die Klebtechnik, sondern auch deren Image weiter zu verbessern (Abb. 1). Wenn es gelingt, die Zahl der Anwendungsfehler – und seien es nur die größten – zu reduzieren und dadurch die Zahl der erfolgreichen Klebungen zu erhöhen, kann das Projekt mit zu einer qualifizierten Marktentwicklung (QME) der Klebtechnik beitragen.

Ziel

Das Ziel des Projekts war das Verfassen eines allgemeinen Anwendungs- und Qualitätssicherungsleitfadens von der

1 *Klebstofftechnologie – ein sicheres Fügeverfahren.*

3 *Reinigung und Aktivierung von komplexen Fügeoberflächen durch Atmosphärendruck-Plasma.*



Produktplanung bis zur Reparatur bzw. Entsorgung des geklebten Produkts. »Kleben – aber richtig« soll primär den Klebstoffanwender in die Lage versetzen, Möglichkeiten der Qualitätssicherung für seine Anwendung zu identifizieren und geeignete Methoden auszuwählen.

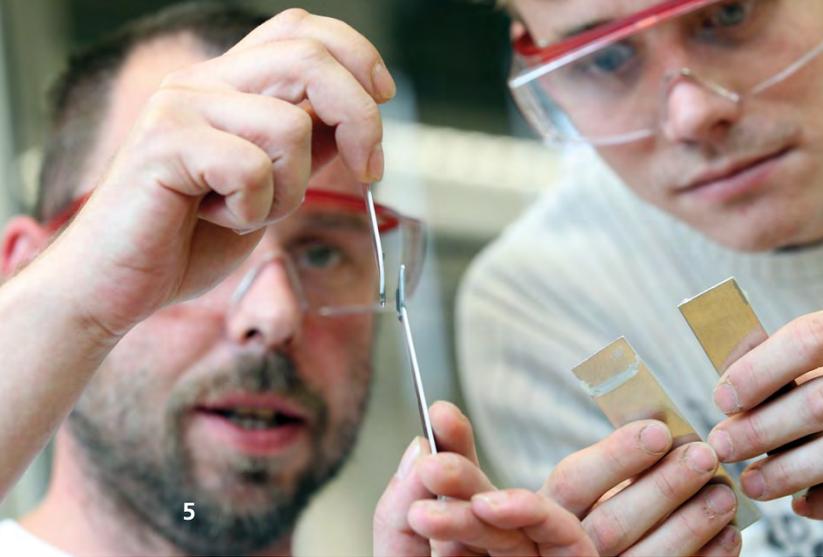
Darüber hinaus kann der Leitfaden den Klebstoffanwender für die grundsätzlichen Besonderheiten der Klebtechnik sensibilisieren und ihm bei der Vermeidung grober Fehler bei Auswahl und Einsatz von Klebstoffen helfen. Er stellt eine ideale Ergänzung zur überbetrieblichen klebtechnischen Weiterbildung, zur Anwenderberatung durch die Klebstoffhersteller und zu deren Produktschulungen dar.

Die Zielgruppe umfasst Anwender, die Klebtechnik bereits einsetzen bzw. dies vorhaben und eine Anleitung bekommen sollen, wie sich grobe Fehler beim Kleben vermeiden lassen. »Kleben – aber richtig« wurde für Klebstoffhersteller und -anwender branchenunabhängig und allgemeingültig entwickelt. Zudem ist der Ratgeber in deutscher und englischer Sprache verfügbar.

Inhalte

Der Leitfaden ist für einfache industrielle Beispiele von strukturellen Klebungen genauso wie für Fälle beispielsweise aus den Bereichen der Verpackung, dem Parkettverlegen, der Schuhindustrie sowie der Bauindustrie anwendbar. Er orientiert sich dabei an den bewährten Grundprinzipien des umfassenden Qualitätsmanagement-Konzepts (QM-Konzept), das im Fraunhofer IFAM entwickelt wurde (Abb. 2).

4 Manueller Kartuschenauftrag eines feuchtigkeithärtenden Polyurethanklebstoffs.



Die signifikantesten Merkmale des QM-Konzepts sind:

- die ganzheitliche Sicht auf den Klebprozess und
- die Differenzierung zwischen Klebprozess und Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

Zunächst einmal wird der Klebprozess in die einzelnen Abschnitte Planungs-, Konzept-, Entwurfs-, Ausarbeitungs-, Fertigungs- und Gebrauchsphase unterteilt. Für jede dieser Phasen gibt es eine weitergehende Unterteilung bis in die einzelnen Prozessschritte (Abb. 3 + 4). Damit ist für den Anwender erstmalig eine komplette und von der Abfolge her logische Beschreibung des Prozessablaufs verfügbar. Eine große Anzahl von Erfahrungen aus der Praxis zeigt, dass allein durch die Einhaltung der richtigen Reihenfolge bzw. Iteration der Prozessschritte – zum großen Teil gravierende – Fehler vermieden und nicht nur Zeit, sondern auch Geld gespart werden können. Der positive Effekt ist dabei im Wesentlichen auf die rechtzeitige und lückenlose Beschaffung, Erhebung sowie Berücksichtigung von Daten zurückzuführen.

»Kleben – aber richtig« enthält ebenfalls Hinweise zur fachgerechten Durchführung der Prozessschritte. Diese Informationen lassen sich zwar prinzipiell auch aus Lehrbüchern zur Konstruktion, aus Konstruktionskatalogen, technischen Datenblättern, klebtechnischen Lehrbüchern und Normen entnehmen, doch oftmals ist im betrieblichen Tagesgeschäft keine Zeit für eine aufwendige Recherche in unterschiedlichen Quellen. Deshalb sind die Aufnahme und die prozessablaufgerechte Bereitstellung dieser Informationen ein zusätzlicher Mehrwert des Leitfadens.

Die Hauptintention und Innovation des Leitfadens ist allerdings, zum Thema Qualitätssicherung zu informieren. Die Gliederung und Lenkung der Informationen erfolgt über die Prozessschritte, d. h., es werden zu jedem einzelnen Schritt die bekannten Möglichkeiten und Verfahren dargelegt, die es erlauben, die Qualität des jeweiligen Prozessschritts abzusichern (Abb. 5).

Fazit

Der Anwender erhält durch den Leitfaden auf drei unterschiedlichen Ebenen Informationen zu seinem Klebprozess. Als Erstes wird ihm eine bewährte Sequenz bzw. Iteration von Prozessschritten empfohlen, als Zweites bekommt er Hinweise zur fachgerechten Ausführung der einzelnen Schritte und als Drittes werden zu jedem Prozessschritt mögliche Verfahren zu dessen qualitativer Absicherung angegeben.

Eine ganzheitliche Sicht auf den Klebprozess, verbunden mit der Verknüpfung von Informationen in der beschriebenen Art, die einem unter Termindruck stehenden, klebtechnisch wenig erfahrenen Anwender einen schnellen und intuitiven Zugang ermöglicht, ohne ihn mit der Komplexität und schier Masse der Inhalte zu erschlagen, war bislang nicht verfügbar. Der Leitfaden »Kleben – aber richtig« schließt nun diese von vielen Anwendern als eklatant empfundene Lücke.

<http://leitfaden.klebstoffe.com/>

KONTAKT

Dr. Tanja Warratz

Weiterbildung und Technologietransfer

Telefon +49 421 2246-616

tanja.warratz@ifam.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

5 *Begutachtung geprüfter Zugscherproben.*

KLEBEN IM INGENIEURHOLZBAU

In der Baubranche werden die Aspekte geringe Baukosten, solide Bauweise sowie Nachhaltigkeit immer wichtiger und der verantwortungsvolle Umgang mit der Natur gewinnt zunehmend an Bedeutung. Es gilt, den Holzbau durch Forschung und Entwicklung zu stärken, um den wenigen Nachteilen des Baustoffs – wie der geringeren Witterungsbeständigkeit, dem kleineren Festigkeitsspektrum im Vergleich zu Strukturwerkstoffen sowie den Folgen der Richtungsabhängigkeit mechanischer Eigenschaften wie Steifigkeit und Festigkeit (Orthotropie) – technisch entgegenzuwirken und beste Voraussetzungen für eine effiziente Nutzung der Ressource zu schaffen.

Verbindungstechnik im Holzbau

Im konstruktiven Holzbau werden Bauteile meist durch stiftförmige Verbindungsmittel zusammengefügt. Sie haben aber den entscheidenden Nachteil, dass sie die Fasern durchtrennen und somit die Querschnitte signifikant schwächen. Zudem ist es typisch für diese Verbindungsmittel, dass zur Aktivierung der Anschlusskräfte eine relativ starke Verformung nötig ist. Dadurch werden die Anschlüsse »weich« und die so zusammengefügt Bauwerke haben eine verringerte Steifigkeit.

Durch die Einführung faserverstärkter Werkstoffe, wie glasfaserverstärkte und carbonfaserverstärkte Kunststoffe (GVK, CFK), z. B. im Flugzeug- und Fahrzeugbau, steht die Industrie seit Jahren vor ähnlichen Herausforderungen. Seitdem beschäftigt sich auch das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, in diesem Kontext intensiv an der Entwicklung, Auslegung und Prüfung von lastabtragenden klebtechnischen Lösungen sowie an deren Implementierung in die industrielle Fertigung. Auf Basis dieser Expertise gilt es nun, auf den Baustoff Holz adaptiertes Know-how in das Bauwesen zu transferieren und weiterzuentwickeln.

Auch im Holzbau verdeutlichen erfolgreich durchgeführte Forschungsvorhaben das Potenzial der Klebtechnik, dem konstruktiven Bauwesen neue Impulse geben zu können. Zum einen weisen geklebte Anschlüsse höhere Traglasten aus und sind deutlich verformungsärmer, zum anderen lässt sich Holz so viel einfacher und vor allem materialgerechter mit anderen Werkstoffen – wie Stahl, Glas, GFK oder CFK – kraftschlüssig zu hybriden Tragwerken verbinden.

Kleben – die Fügetechnik für hybride und multifunktionale Tragwerke

Seine volle Leistungsfähigkeit entfaltet Holz in Kombination mit anderen Werkstoffen – in Form von hybriden Bauteilen –, bei denen das Kleben als Fügetechnik dafür sorgt, dass die verschiedenen Komponenten materialgerecht beansprucht werden. Optimal ausgelegte hybride Bauteile oder Bauwerke kombinieren relativ kostengünstige Materialien mit leistungsfähigeren und tragen so zum preiswerteren Bauen bei. Das Fraunhofer IFAM ist aufgrund seiner Expertise von der Oberflächentechnik über die Auslegung von tragenden Klebungen auf verschiedensten Materialien bis hin zur Klebstoffauswahl,

-modifikation und -entwicklung sowie optimierter Applikationstechnik prädestiniert, bei der Entwicklung holzbasierter hybrider Tragwerke mitzuwirken.

Wird das Konzept der hybriden Strukturen konsequent zu Ende gedacht, in dem verschiedene Werkstoffe nicht nur statisch, sondern auch funktional mitwirken, entstehen hybride multifunktionale Tragwerke. Bei ihnen werden Form und Funktion bereits beim Entwurf gemeinsam berücksichtigt und Dopplungen vermieden. Ein typisches Beispiel sind Glaspaneele, die zur statischen Aussteifung eines Tragwerks mit einbezogen werden und gleichzeitig als Gebäudehülle den Raumabschluss bilden. Noch mehr als bei hybriden Tragwerken kommt es hierbei auf die sachgerechte Auslegung der Klebung an. Zusätzlich zur Gewährleistung der ausreichenden Tragfähigkeit muss sichergestellt sein, dass die Klebung auch die funktionale Integrität der Struktur aufrechterhält.

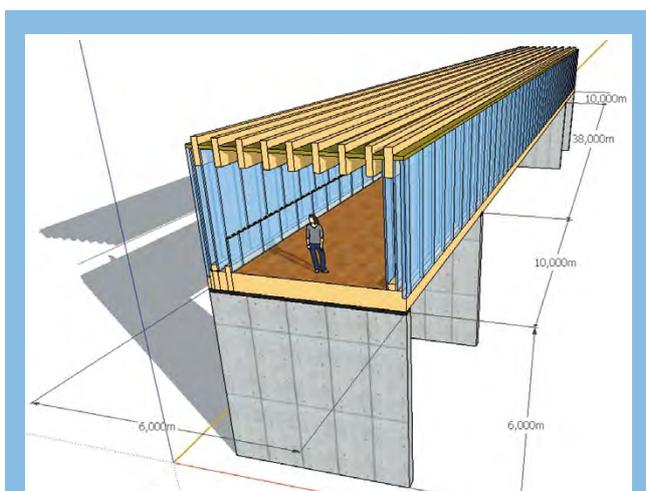


Abb. 1: Die als Demonstrator geplante Fußgängerbrücke ist statisch gesehen ein Balken mit Kastenquerschnitt, bei dem Ober- und Untergurt aus Holz bestehen, die durch die verklebten Glaspaneele kraftschlüssig miteinander verbunden sind.

Holz-Glas-Verbundbrücke

Um das Potenzial geklebter Verbindungen im Holzbau zu illustrieren, wurde am Fraunhofer IFAM, in Zusammenarbeit mit einem Architekturbüro, eine hybride multifunktionale Fußgängerbrücke aus Holz und Glas entworfen. Das statische Prinzip ist relativ einfach: Das Brückendeck, eine kreuzverleimte Holzplatte, wurde seitlich über Glaspaneele an eine Reihe oberliegender Brettschichtholzbinde kraftschlüssig verklebt. Insgesamt wirkt die in Abbildung 1 dargestellte Brücke als Kastenträger, bei dem das Glas im Wesentlichen dem Abtragen der Schubkräfte dient. Die Brücke überquert eine bestehende Autobahn mit einer Gesamtspannweite von 58 Metern über vier Auflager. Sie ist ein hybrides Tragwerk, denn Glas und Holz wirken statisch im Verbund. Zudem ist sie multifunktional, da das Glas zugleich als Gebäudehülle fungiert. Durch die Vermeidung von Dopplungen besticht die Brücke durch Transparenz und Leichtigkeit.

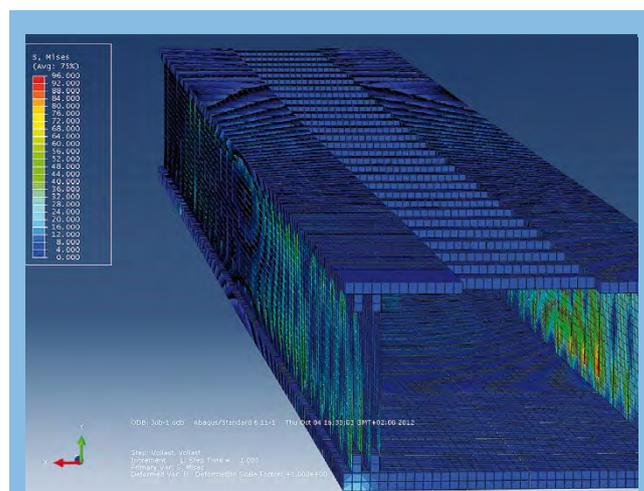


Abb. 2: Die Berechnung hybrider Strukturen, insbesondere die Bemessung der geklebten Verbindungen, erfolgt mithilfe der FEM. Experimentelle Untersuchungen an entsprechenden Holz- und Glas-Anschlüssen liefern die nötigen Parameter.

Basierend auf dem klebtechnischen Know-how des Fraunhofer IFAM sowie den Ergebnissen der experimentellen Charakterisierung von Holzverklebungen wurden alle Klebungen entsprechend den zu erwartenden Beanspruchungen mithilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) dimensioniert (Abb. 2). Durch die großzügig ausgelegten Klebflächen ließen sich die zu übertragenden Kräfte in relativ geringe Spannungen umwandeln.

Ausblick

Geklebte tragende Verbindungen werden nicht nur im Holzbau, sondern im gesamten Bauwesen oft mit Skepsis betrachtet. Dabei kommen sie in dieser Branche in Form von genormtem Brettschichtholz (»Leimholz«) bereits zum verlässlichen Einsatz. Zudem steht heute für nahezu jede individuelle Anforderung die passende klebtechnische Lösung zur Verfügung, um z. B. die spezifisch geforderten Festigkeiten zu gewährleisten und zugleich besonderen klimatischen Bedingungen standzuhalten. Dennoch steht die Klebtechnik beim Einsatz im Bauwesen besonderen Anforderungen gegenüber:

- Klebstoffe, die auf der Baustelle verarbeitet werden, müssen unter den Gegebenheiten, z. B. schwankenden Temperaturen und Feuchtigkeiten, verarbeitbar sein. Aufwendige Oberflächenvorbereitungen der zu fügenden Materialien sind hier unmöglich.
- »Gesundes Bauen« erfordert den Einsatz gesundheitlich und ökologisch unbedenklicher Klebstoffe, die im Innenbereich von Gebäuden einsetzbar sind.
- Die Wiederlösbarkeit von Klebungen ist im Bauwesen von besonderem Interesse, um den Austausch beschädigter Bauelemente zu erleichtern oder eine sortenreine Trennung von Klebstoff und Bauelement für Recycling zu gewährleisten.

Für die Erarbeitung von praxismgerechten Lösungen zu solchen und weiteren Aufgabenstellungen im Bauwesen ist der Bereich Klebtechnik und Oberflächen des Fraunhofer IFAM der geeignete Partner für Forschung und Entwicklung. Expertenwissen, optimale Ausstattung und jahrzehntelange Erfahrung in der Zusammenarbeit mit nahezu allen Branchen hinsichtlich Oberflächentechnik, Auslegung von Klebverbindungen, produkt- und anwendungsspezifischer Klebstoffentwicklung, Klebstoffdosierung und -applikation, Implementierung von klebtechnischen Prozessen in die Fertigung der Kunden sowie die Automatisierung von Prozessen bilden dafür eine fundierte Basis.

KONTAKT

Dr. Till Vallée

Klebtechnische Fertigung

Telefon +49 421 2246-474

till.vallee@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Cordula Grunwald

Klebtechnische Fertigung

Telefon +49 421 2246-7359

cordula.grunwald@ifam.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

SCHWINGFESTIGKEITSAUSLEGUNG VON GEKLEBTEN FAHRZEUG- STAHLBAUTEILEN UNTER BELASTUNG MIT VARIABLEN AMPLITUDEN

Strukturelles Kleben von hochfesten Stahlblechen spielt im Automobilbau eine zunehmend wichtige Rolle. Für neue Entwicklungen sind Berechnungs- und Simulationsverfahren zur Auslegung geklebter Leichtbaustrukturen unverzichtbar. Dies trifft insbesondere auf die Schwingfestigkeitsbetrachtung bzw. Lebensdauerabschätzung zu.

In einem Gemeinschaftsprojekt des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, und dem Institut für Mechanik (IfM) der Universität Kassel sowie dem Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik (SzM) der Technischen Universität Darmstadt wurden zwei verschiedene Ansätze zur Lebensdauerabschätzung betrachtet, die jeweils davon ausgehen, dass die Klebverbindung kohäsiv im Klebstoff versagt.

Zwei Ansätze zur Lebensdauerabschätzung struktureller Klebungen

Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM und der Universität Darmstadt bearbeiteten gemeinsam den ersten Ansatz zur Lebensdauerabschätzung struktureller Klebungen. Er basiert auf lokalen Spannungszuständen in hoch beanspruchten Bereichen der Klebschicht, die mit Finiten-Elementen (FE) unter Annahme eines linear elastischen Werkstoffverhaltens berechnet werden. Die Lebensdauerschätzung erfolgt mit einer Post-Processing-Software, die einen lokalen Spannungszustand auf Grundlage experimenteller Daten (Wöhler-Linien) auf eine Lebensdauer abbildet. Klebverbindungen wurden schwingend mit variablen und konstanten Lastamplituden untersucht.

Der zweite, von der Universität Kassel bearbeitete Ansatz kumuliert in der Berechnung die Schädigungen jedes Schwingspiels, die durch Kriech- und Schwingbeanspruchung verursacht werden.

Die Anwendung der beiden Ansätze basierte jeweils auf den gleichen experimentellen Daten. Der erste Ansatz erlaubt eine schnelle Berechnung, erfordert aber sowohl Erfahrung als auch umfangreiche Experimente zur Kalibrierung und Absicherung der Zuverlässigkeit der Lebensdauerschätzung. Der zweite Ansatz benötigt immer noch sehr lange Rechenzeiten.

Einfluss hydrostatischer Spannungszustände auf die Lebensdauer – ein innovativer Beitrag des Fraunhofer IFAM zum Gemeinschaftsprojekt

Der erste Ansatz lehnt sich an das Strukturspannungskonzept an, bei dem sich die Lebensdauer ausgehend von einer statischen Spannungsberechnung über die Wöhler-Linie von Klebstoffen bzw. von Klebverbindungen abschätzen lässt. Die berechnete Lebensdauer hängt dabei u. a. von der Vergleichsspannung ab, mit der der Spannungstensor auf eine skalare Größe zurückgeführt wird.

Durch das komplexe Verhalten von Klebstoffen und Klebverbindungen ergibt sich in der Praxis ein hoher Versuchsaufwand, um das Versagensverhalten und die Mittelspannungsabhängigkeit hinreichend zu charakterisieren. Trotz des hohen Aufwands bleibt die Vorgehensweise ein Näherungsverfahren, das von bestimmten Annahmen und einem dennoch begrenzten Satz an Experimenten ausgeht.

In diesem Kontext ist es gelungen, mehrachsige Spannungszustände in Klebfugen explizit zu berücksichtigen. Dazu wurde eine Vergleichsspannung gewählt, die den hydrostatischen Spannungsanteil – der zu einer Volumenänderung des Klebstoffs führt – mit dem deviatorischen Spannungsanteil – der eine Gestaltänderung des Klebstoffs zur Folge hat – verknüpft.

Die notwendigen Schwing- bzw. Wöhler-Versuche erfolgten mit Probekörpern, die jeweils ein unterschiedliches Verhältnis von hydrostatischem (p) zu deviatorischem (q) Spannungsanteil (Mehrachsigkeitsverhältnis) hatten. Bei den Proben handelte es sich um Scher-, Schräg- und Kopfzugproben (Abb. 1) jeweils mit massiven Stahlfügeteilen, um eine möglichst homogene Spannungsverteilung in der Klebfuge zu erreichen.

Es wurde ein Diagramm entwickelt (Abb. 2), in dem die gemessene Lebensdauer N mit den berechneten Spannungsanteilen von p und q korreliert ist. Dazu werden die Wertepaare von p und q eines Spannungszustands für eine jeweils gleiche Lebensdauer N (N = 1000, 10 000 etc.) der verschiedenen

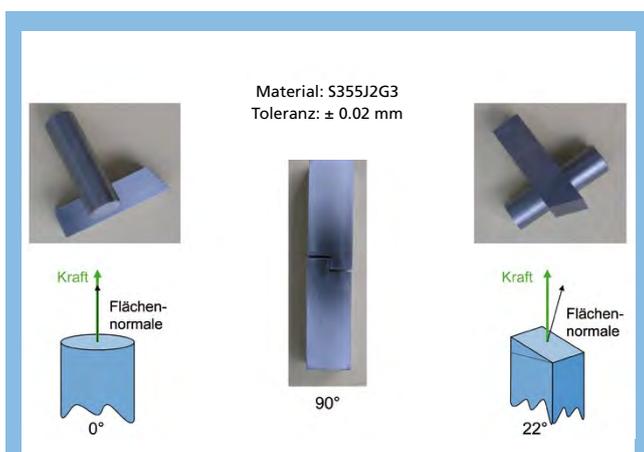


Abb. 1: Der Winkel zwischen der Flächennormalen und der Krafteinleitung bestimmt das Mehrachsigkeitsverhältnis in der Klebfuge der untersuchten Probenformen – Kopf-, Scher- und Schrägzugproben (von links nach rechts).

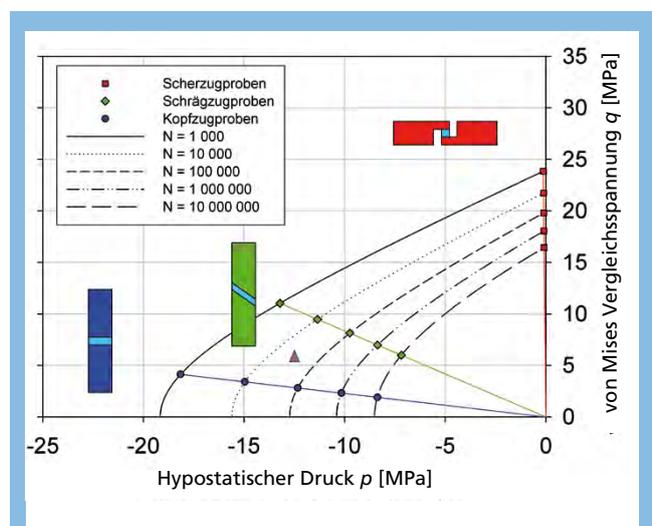


Abb. 2: Lebensdauer-Diagramm für mehrachsige Spannungszustände.

Probekörper (Scher-, Schräg- und Kopfbzugproben) eingetragen. Die Berechnung der Spannungsanteile p und q einer bestimmten Lebensdauer N erfolgte mit dem Finite-Elemente-Programm ABAQUS auf Grundlage entsprechender Modelle.

Anhand eines solchen Diagramms kann jedem kritischen Spannungszustand (p , q) in der Klebschicht eine Lebensdauer zugeordnet werden. Die Lebensdauer einer Probe mit den Spannungsanteilen p und q , die in Abbildung 2 mit »▲« symbolisiert ist, liegt zwischen 10 000 und 100 000 Schwingspielen, d. h., sie beträgt circa 50 000 Schwingspiele. Die grobe grafische Ermittlung der Lebensdauer auf diese Art ist einfach. Die rechnerische Vorgehensweise ist sehr komplex und erfolgt mit Tabellen, die die experimentell ermittelten Zusammenhänge darstellen.

Ergebnisse der Lebensdauerschätzung

Für Labor- und einfache Versuchsbauteile (Abb. 3) wurden die Lebensdauern mit guter Genauigkeit, d. h. einer Abweichung von etwa Faktor zwei bis acht, abgeschätzt. Es zeigte sich, dass die Genauigkeit der Vorhersage von Elementierung und Ausdehnung der Bereiche abhängig ist, für die ein Wertepaar (p , q) gemittelt wurde.

Fazit

Die Qualität der Lebensdauerschätzung geklebter Stahlbauteile mithilfe des erarbeiteten mehrachsigen Ansatzes liegt mit Abweichungsfaktoren unter zehn im Rahmen der industriell

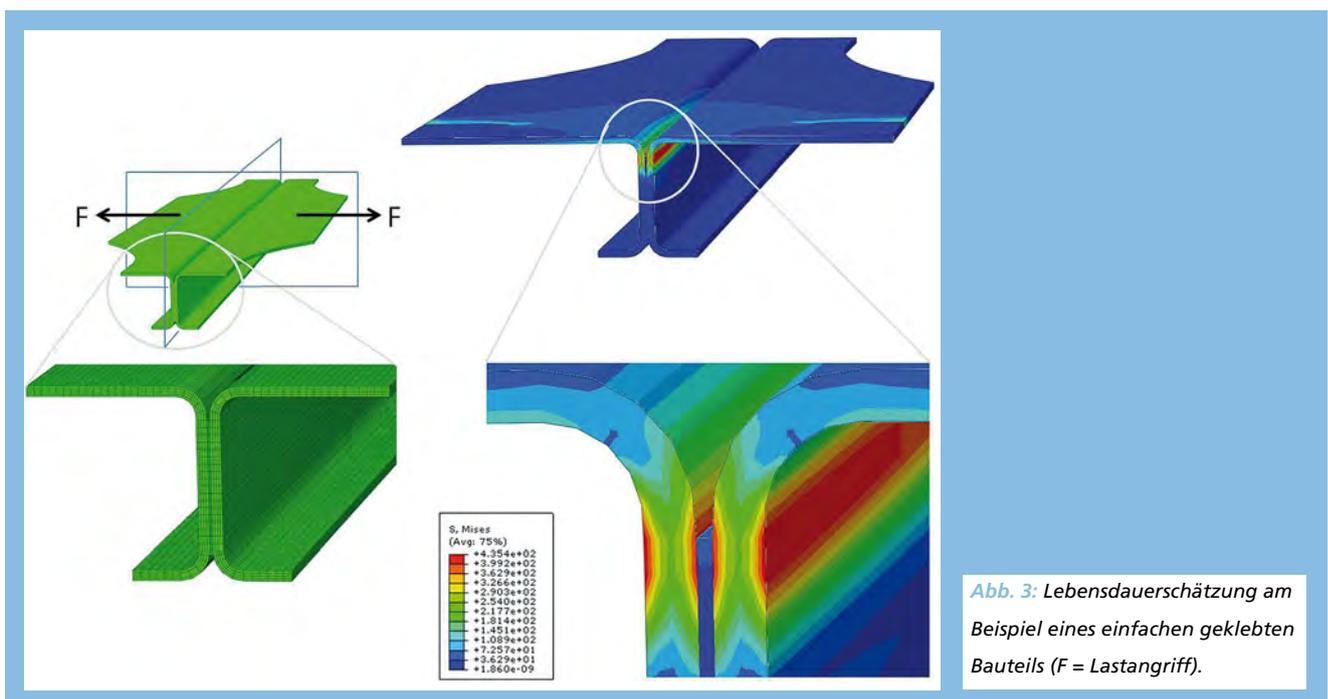


Abb. 3: Lebensdauerschätzung am Beispiel eines einfachen geklebten Bauteils (F = Lastangriff).

geforderten Genauigkeit und lässt sich mit dem betrachteten zäh modifizierten Klebstoff für die Auslegung von Bauteilen nutzen.

Experimente mit einem nicht zäh modifizierten Klebstoff verdeutlichten, dass die notwendige grundlegende Datenbasis, die zur Abschätzung der Lebensdauer nötig ist, vom Typ des Klebstoffs abhängt.

Ausblick

Bislang wurde der mehrachsige Ansatz nur für die schwellende Schwingbeanspruchung betrachtet. Untersuchungen unter Wechsellast sind geplant. Zudem läuft aktuell ein Gemeinschaftsprojekt zur Ermittlung der Lebensdauer geklebter Proben unter Temperatureinfluss [IGF-Vorhaben 428 ZN].

Förderhinweis und Projektpartner

Das IGF-Vorhaben 307 ZN der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, wurde am Institut für Mechanik (IfM) der Universität Kassel, im Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik (SzM) der Technischen Universität Darmstadt und am Fraunhofer IFAM durchgeführt. Die Förderung erfolgte durch die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

KONTAKT

Dr. Markus Brede

Werkstoffe und Bauweisen

Telefon +49 421 2246-476

markus.brede@ifam.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Bernhard Schneider

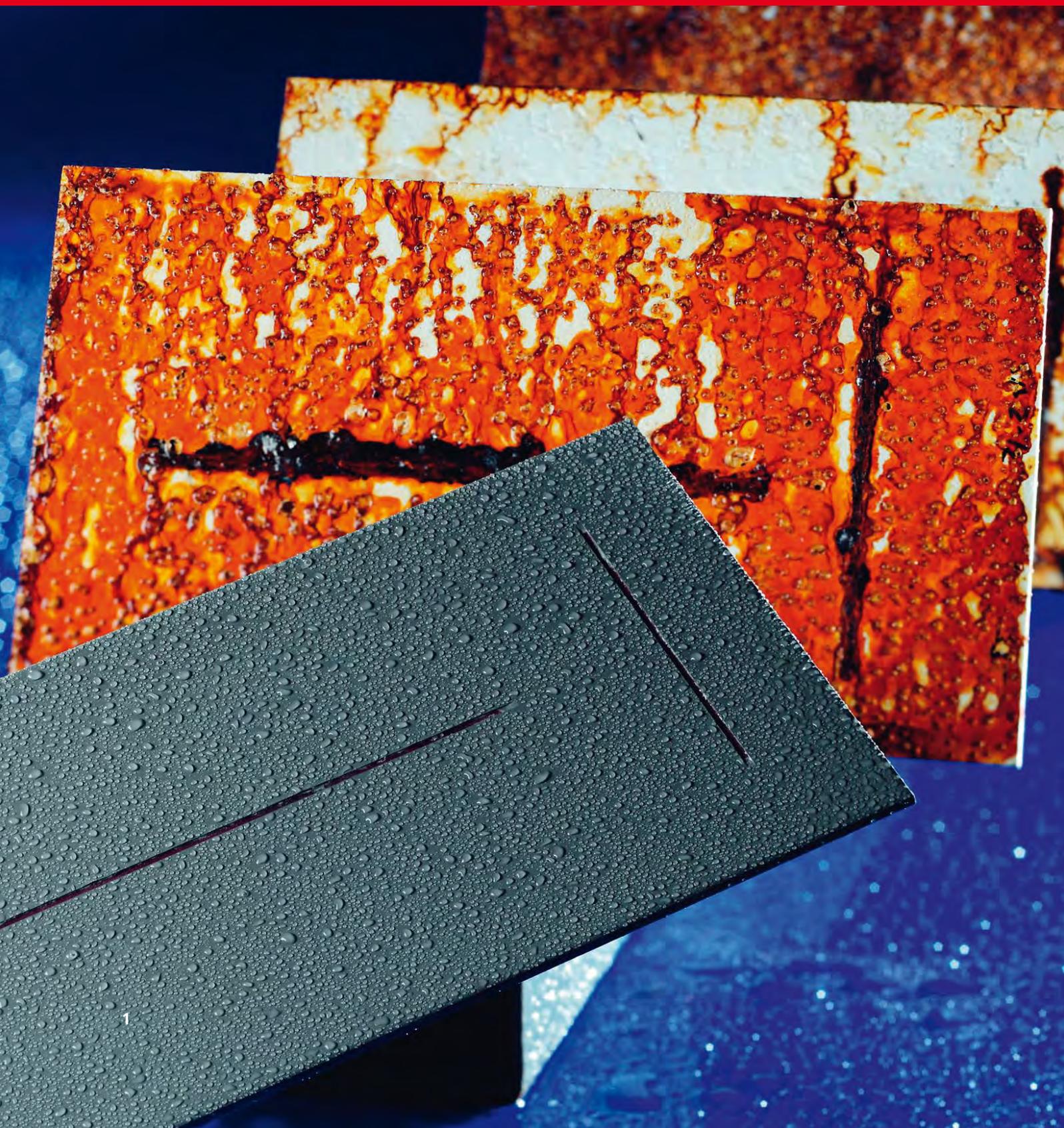
Werkstoffe und Bauweisen

Telefon +49 421 2246-422

bernhard.schneider@ifam.fraunhofer.de

Institut

*Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM,
Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen*



KERNKOMPETENZ OBERFLÄCHENTECHNIK

Neue Werkstoffe sind vielfach Treiber für Innovation und finden sich in Schlüsseltechnologien des täglichen Lebens. Das industrielle Einsatzspektrum vieler Werkstoffe wird durch maßgeschneiderte Oberflächenmodifizierungen deutlich erweitert oder deren technische Verwendung erst ermöglicht. Das Fraunhofer IFAM verfügt über eine breite und langjährige Kompetenz in der Oberflächentechnik, die es in Projekten mit Partnern aus verschiedensten Branchen und durch eine Reihe von Innovationen unter Beweis gestellt hat.

In der Regel erfolgt die Auslegung von Werkstoffen anhand zuvor definierter Eigenschaften wie Festigkeit, Elastizität, Temperaturbeständigkeit oder nach Anforderungen des Produktionsprozesses. Sollen Bauteile bestimmte zusätzliche Anforderungen erfüllen, ist das oft nur mithilfe spezieller Oberflächentechnik möglich. Intelligente Oberflächentechniken wie Vorbehandlungen oder Beschichtungen können Werkstoffe und Bauteile in ihren Eigenschaften verbessern oder sie mit zusätzlichen Funktionen versehen.

Die Kompetenz des Fraunhofer IFAM umfasst dabei die gesamte Prozesskette in der Oberflächentechnik, von der Materialentwicklung über die Charakterisierung und Bewertung von Oberflächen, deren Funktionalisierung und Modifizierung bis hin zu verschiedenen Applikationsverfahren. Die Entwicklung von Prozessen, wie z. B. trocken- und nasschemischen Vorbehandlungen, lacktechnische Verfahren, Druckverfahren sowie Dünnschicht- und Dickschichttechnologien, zählen ebenso zu den Arbeitsschwerpunkten wie die Qualitätssicherung in der Anwendung. Die Charakterisierung und Bewertung von Oberflächen mittels chemischer, elektrochemischer und struktureller Analysen sind wesentliche Elemente; zudem kommen verschiedene Simulationsverfahren zur Anwendung.

Über umfangreiche Kenntnisse verfügen die Experten am Fraunhofer IFAM beim gezielten Modifizieren und Funktionalisieren von Oberflächen. Dies umfasst die Reinigung und

Aktivierung ebenso wie eine entsprechende Vorbehandlung vor dem Lackieren und Kleben. Insbesondere die funktionalen Attribute von Oberflächen sind vielfältig und von der jeweiligen Anwendung abhängig: strömungsgünstig, eis- und schmutzabweisend, antibakteriell, bio-kompatibel oder mit Anti-Fouling-Charakter. Auch spezifische tribologische oder optische Anforderungen sowie die Sensorierung von Oberflächen können bedient werden. Zudem werden verschiedenste Applikationsverfahren abgedeckt, ausgehend vom Labormaßstab über Pilotanlagen bis zum Upscaling für die (Groß-) Serienfertigung.

Qualitätssicherung spielt in der Oberflächentechnik eine zentrale Rolle. Am Fraunhofer IFAM werden darum fertigungsintegrierte Qualitätssicherungskonzepte und Prüfverfahren entwickelt, die eine stabile Prozesskontrolle erlauben. Das Institut verfügt über akkreditierte Prüfeinrichtungen, die auch für Schadensanalytik genutzt werden. Themenspezifische Schulungen und ein regelmäßiger Technologietransfer in die industrielle Praxis runden die Kernkompetenz Oberflächentechnik ab.

1 *Untersuchung der Korrosionsbeständigkeit: Lackierte Probekörper nach der Auslagerung in der Salzsprühnebelkammer des Fraunhofer IFAM.*



GRÖßERE REICHWEITE UND CO₂-EINSPARUNG FÜR AUTOMOBILE DURCH REDUZIERUNG VON REIBUNG UND VERSCHLEISS

Die Experten von Plasmatechnik und Oberflächen – PLATO – des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, entwickeln Oberflächenfunktionalisierungen und Beschichtungen von der Grundlagenforschung bis zur Vorserien- und Produktreife. Aktuell werden zur Energieeinsparung im Automobil plasmapolymere Beschichtungen hinsichtlich ihrer reibungsreduzierenden und verschleißmindernden Wirkung auf elastomeren Substraten (»Gummi«) untersucht. Im Antriebsstrang des Automobils geht Bewegungsenergie durch Reibung und Verschleiß verloren. Einen gewissen Anteil am Energieverlust tragen dynamische Dichtungen, die zur Rückhaltung von Schmieröl notwendig sind. PLATO ist es gelungen, eine plasmapolymere Beschichtung auf dem nachgiebigen, viskoelastischen Elastomerwerkstoff nachhaltig zu applizieren (Abb. 1).

Minderung von Reibung und Verschleiß durch plasmapolymere Beschichtungen ...

Das ausgewählte Beschichtungssystem bewirkt eine Reduzierung von Reibung und Verschleiß im trockenen sowie im geschmierten Reibkontakt. Der Reibwert sinkt im trockenen Lauf bei einem Kugel-Ebene-Kontakt von 1,24 eines unbeschichteten Grundwerkstoffs auf ungefähr 0,17 mit plasmapolymere Beschichtung. Durch die Beschichtung lässt sich die trockene Reibung also um 86 Prozent reduzieren (Abb. 2). Dies ist insbesondere für Anwendungen mit hohem Reinheitsgrad von Interesse, bei denen keine Schmiermittel zugelassen sind. Der geschmierte Lauf ist zum Beispiel bei dynamischen Dichtungen im Automobil interessant. Am Modellprüfstand sind mithilfe eines repräsentativen Stift-Ebene-Kontakts ebenfalls Absenkungen durch die Beschichtung festzustellen. Im

ölgeschmierten Zustand zeigen sich bereits in Kombination mit Modellölen Minderungen von 55 Prozent und mit Serienölen mit voller Additivierung von 23 Prozent (Abb. 3). Bei der Nutzung von voll additivierten Serienschmierfetten, wie sie beispielsweise in Kassettendichtung bei Radlagern serienmäßig eingesetzt werden, ermöglicht die Beschichtung Verringerungen im Reibwert von bis zu 71 Prozent (Abb. 3).

Auch der Übergang auf Bauteile ist bereits gelungen: Mithilfe eines Bauteilprüfstands messen die Wissenschaftler auf industriell gefertigten und anschließend im Fraunhofer IFAM beschichteten Dichtungen bereits eine Reibungsminderung von knapp 20 Prozent bei Fett- sowie Ölschmierung.

1 Auf der Dichtkante plasmapolymere beschichtete Radialwellendichtungen.

... erzielt höhere Reichweite und weniger Kohlendioxid

Die verminderte Reibung spart Antriebsenergie, reduziert den CO₂-Ausstoß und erhöht die Reichweite bei gleicher Energiereserve, wie Benzin oder Energie aus dem Akku. Zudem lässt sich der Verschleiß selbst im trockenen Lauf durch die Beschichtung im Vergleich zum unbeschichteten Grundwerkstoff drastisch senken. Dies kann eine deutliche Erhöhung der Lebensdauer einer Dichtung und damit einen selteneren Austausch bedeuten. Abbildung 4 verdeutlicht den hohen Verschleißwiderstand und die Belastbarkeit der plasmapolymerten Beschichtung. Während der tribologischen Belastung mit einer Stahlkugel wurde die Probe um etwa 50 Mikrometer eingedrückt. Die nur 1 Mikrometer dünne Schicht hat selbst eine Langzeitbelastung einwandfrei überstanden. Zu sehen ist lediglich ein Druckverformungsrest des elastomeren Grundmaterials.

Maßgeschneiderte Beschichtungen

Um ein Optimum der Reduzierung von Reibung und Verschleiß im speziellen Anwendungsfall der Elastomerreibung einer Dichtung zu erhalten, wird die Beschichtung hinsichtlich der Herstellungsparameter – wie Gasmischungsverhältnis und eingebrachter Leistung – variiert.

Die Charakterisierung der Beschichtungen erfolgt durch ein hochwertiges Prüfsystem zur Messung von Reibung, Verschleiß und Schmierung: Dieses im Fraunhofer IFAM neu zur Verfügung stehende Tribometer ermöglicht es, in oszillierender wie rotierender Bewegung die Reibung und den Verschleiß im trockenen Lauf sowie im geschmierten Zustand bei definierter Temperatur zu ermitteln.

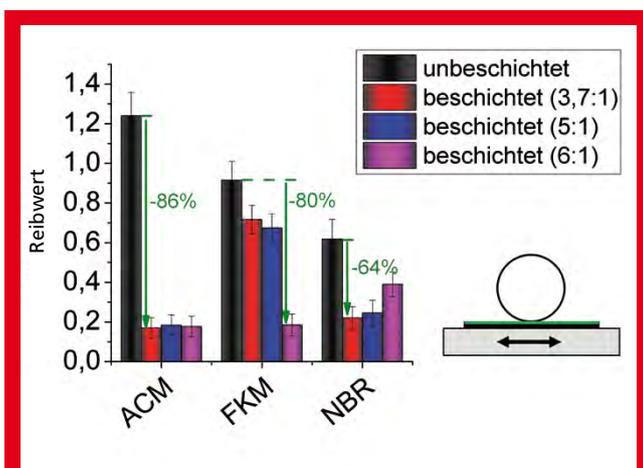


Abb. 2: Trockener Reibwert und Reibminderung von unbeschichteten und beschichteten Elastomeren. Variiert wurde bei der Beschichtung das Mischungsverhältnis O₂:HMDSO. Trockener Lauf, 1,5 MPa initiale Hertz'sche Flächenpressung.

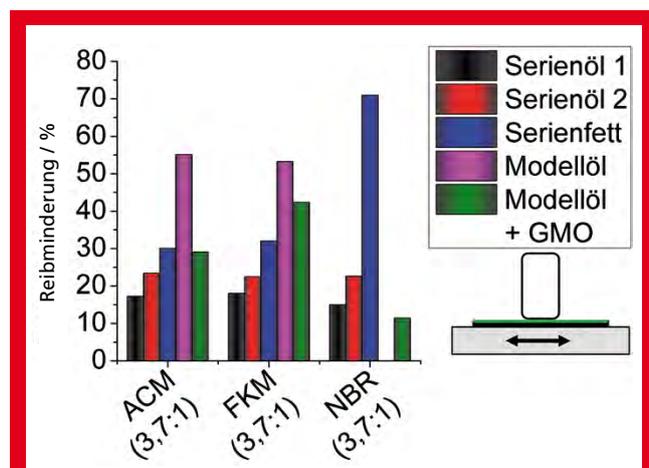


Abb. 3: Reibminderung im geschmierten System unter Verwendung der Beschichtungsvariante mit dem Mischungsverhältnis O₂:HMDSO 3,7:1 auf den verschiedenen Elastomertypen. Geschmierter Lauf, 0,5 MPa initiale Flächenpressung.



Abb. 4: Mit Serienöl geschmierte, beschichtete Elastomerprobe nach Belastungstest (1,5 MPa initiale Hertz'sche Flächenpressung) über circa 785 000 Zyklen (etwa 17,3 km Messstrecke bei oszillierender Bewegung): optisch ist kein Verschleiß feststellbar.

Es zeigt sich, dass für eine Reduzierung von Reibung und Verschleiß das gesamte Zusammenspiel von elastomerem Grundwerkstoff, Beschichtung sowie Schmierstoff zu betrachten ist. Im Falle der Elastomere sind z. B. neben der Härte, das auf die jeweilige Anwendung optimierte Dämpfungsverhalten, die

Zugfestigkeit, Flexibilität, Textur und Oberflächenrauigkeit von Relevanz. Eine besondere Herausforderung an die Beschichtung sowie die entsprechende Prüftechnik ist der nachgiebige Elastomerwerkstoff mit seinem viskoelastischen Verformungsverhalten. Die Beschichtung darf nicht zu steif sein, da sie sonst bricht und in Form von Schollen am Reibkontakt teilnimmt – die Gefahr von erhöhtem Verschleiß besteht. Außerdem ist bei einer zu harten Beschichtung die Dichtigkeit des Dichtelements in der entsprechenden Anwendung gefährdet.

Die PLATO-Wissenschaftler sind über ihre Expertise beim Beschichten von Trennfolien sowie flexiblen Kratzschutz etc. in der Lage, hier eine den speziellen Anforderungen entsprechende Beschichtung herzustellen, die zum einen den Bewegungen des Elastomers folgt, zum anderen aber auch reib- und verschleißärmer als der unbeschichtete Grundwerkstoff ist. Die Zusammensetzung der Beschichtung interagiert zudem chemisch mit den verwendeten Schmierstoffen und deren vielfältigen Additivbestandteilen. Auf Basis bereits gewonnener Er-

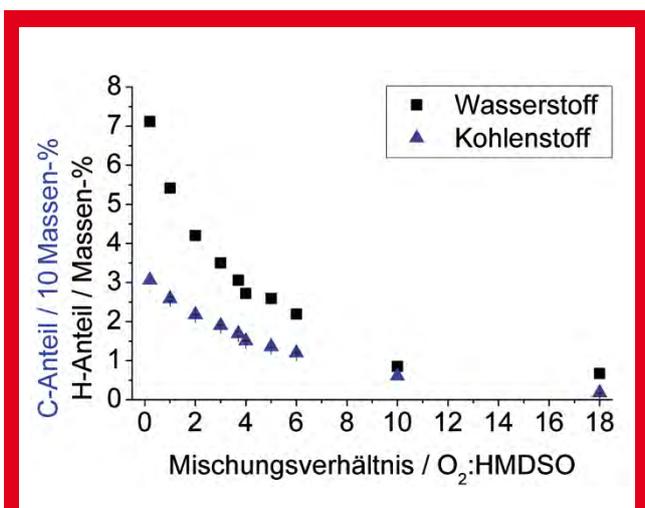


Abb. 5: Kohlenstoff- und Wasserstoffanteil der plasmapolymeren Beschichtung bei Variation des Gasmischungsverhältnisses. Feste Leistung bei 1500 W.

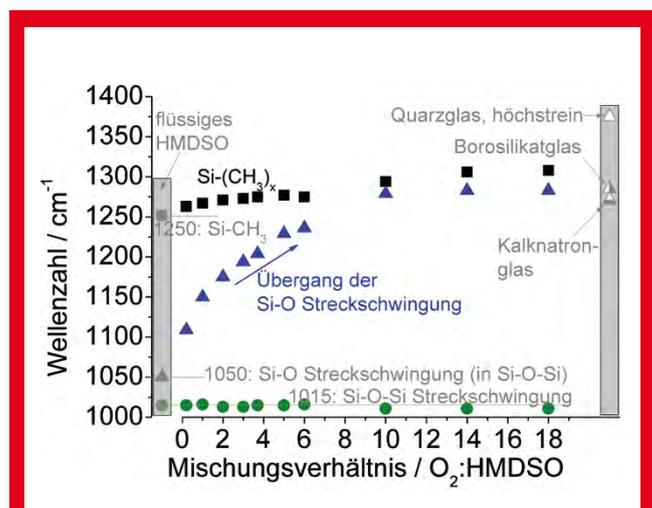


Abb. 6: Peak-Verschiebungen im IR-Spektrum der plasmapolymeren Beschichtung bei Variation des Gasmischungsverhältnisses. Feste Leistung bei 1500 W.

kenntnisse der Schichtzusammensetzung (Abb. 5–7) lassen sich die Beschichtungen für die jeweilige Anwendung maßschneidern.

Die neu im Fraunhofer IFAM verfügbare Messtechnik der Nanoindentierung ermöglicht die Bestimmung des Elastizitätsmoduls sowie der Nanohärte der reinen Beschichtung. Ermittelte Ergebnisse zeigen, dass diese mechanischen Eigenschaften der Beschichtung durch die vorhandenen Variationsmöglichkeiten nach Bedarf einstellbar sind (Abb. 7). Eine höhere Härte kann eine erhöhte Verschleißbeständigkeit bedeuten.

Ausblick

Die Wissenschaftler von Plasmatechnik und Oberflächen zeigen bereits, wie die Beschichtung von Radialwellendichtringen für die Produktion kostengünstig realisierbar ist. Die derzeitige

Entwicklungsarbeit von PLATO besteht darin, den Beschichtungsprozess auf die erforderlichen Stückzahlen aufzukalibrieren. Die Gesteuerungskosten für die Beschichtung werden dank des zugrunde liegenden Beschichtungsverfahrens nur noch einen Bruchteil der Bauteilkosten ausmachen. Aus den umfassenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist ableitbar, welche Schichtzusammensetzung auf dem speziellen Bauteil für einen optimalen Einsatz erforderlich ist. Diese wird im großen Maßstab über die Serie homogen eingestellt.

Auftraggeber

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und vielen Projektpartnern im Rahmen des Förderprogramms »Progressiver Energieeffizienz-Gewinn im Antriebsstrang durch Schichtwerkstoffe und Schmierstoffe« (PEGASUS) unterstützt. Das Förderkennzeichen lautet 0327499A.

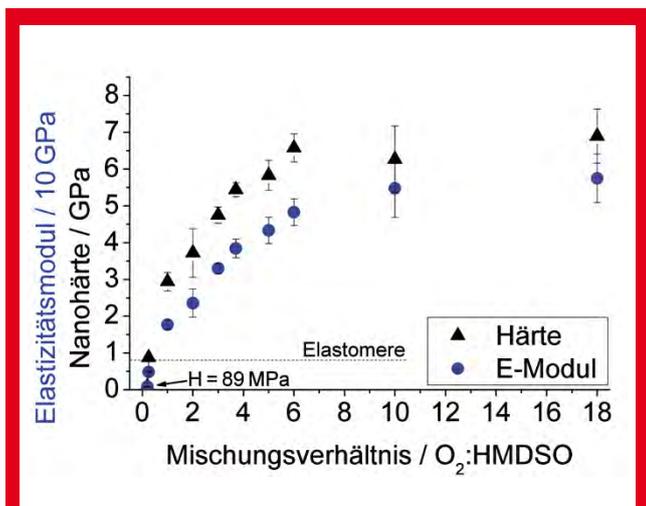


Abb. 7: Elastizitätsmodul und Nanohärte der plasmapolymere Beschichtung bei Variation des Gasmischungsverhältnisses. Feste Leistung bei 1500 W.

KONTAKT

Dr. Dominik Paulkowski
 Plasmatechnik und Oberflächen PLATO
 Telefon +49 421 2246-677
 dominik.paulkowski@ifam.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Klaus Vissing
 Plasmatechnik und Oberflächen PLATO
 Telefon +49 421 2246-428
 klaus.vissing@ifam.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

MASSGESCHNEIDERTE UV-LACKE AUS DEM FRAUNHOFER IFAM

Hochwertige Kunststoffteile kommen in verschiedensten Bereichen wie Automobilindustrie, Schienenfahrzeugbau, Luftfahrt oder Consumer-Elektronik zum Einsatz. Deren Beschichtung ist jedoch oft sehr anspruchsvoll und energieintensiv. Ein schneller und ressourcenschonender Beschichtungsprozess ist wünschenswert. Hier bietet sich die UV-Technologie an: In der Automobilindustrie könnten z. B. UV-härtende Klarlacksysteme verwendet werden, da sich mit ihnen harte und kratzfeste Oberflächen herstellen lassen, die zudem eine gute Langzeitbeständigkeit gegenüber Chemikalien, Temperaturen sowie UV-Strahlung aufweisen. Dafür müssen eine entsprechende Netzwerkstruktur und ein hoher Vernetzungsgrad erzeugt werden, weil diese beiden Faktoren direkt mit der Härte und Beständigkeit der Beschichtung verknüpft sind. Die Lacktechnik sowie die Adhäsions- und Grenzflächenforschung des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, haben im Rahmen des BMBF-Projekts ENSIKOM eine Methode entwickelt, die Eignung von UV-Klarlacken und ihre resultierenden Eigenschaften allein aus der Formulierung heraus vorab zu bewerten.

Einfluss der Netzwerkstruktur auf die mechanischen Eigenschaften

Der Vernetzungsgrad ergibt sich aus den Anteilen der verschiedenen reaktiven Gruppen, die alle unterschiedlich zum Netzwerk beitragen. Lacksysteme können daher bei gleichem Vernetzungsgrad durchaus sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Messtechniken wie Dynamische Mechanische Analyse (DMA), Infrarotspektroskopie (IR) und inverse Gaschromatografie (iGC) liefern jedoch nur diesen Gesamt-Vernetzungsgrad.

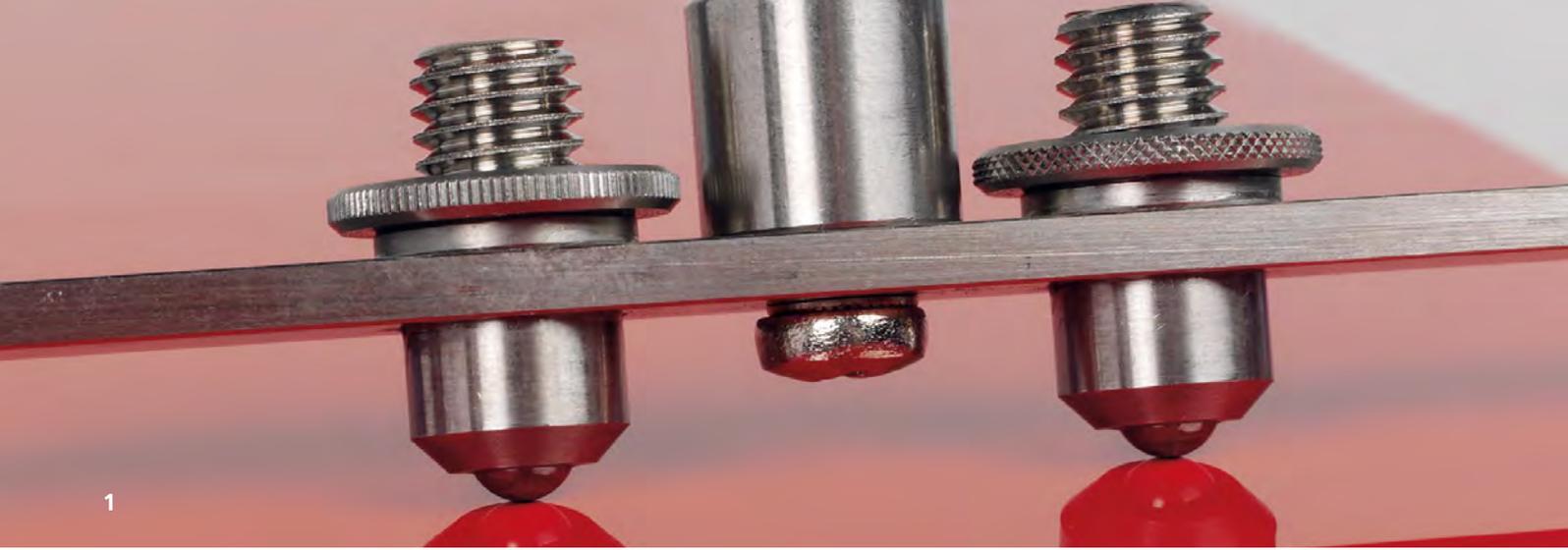
Durch eine Simulation des Aushärtungsprozesses lassen sich alle Beiträge zum Netzwerk entsprechend berücksichtigen und Vorhersagen zu den resultierenden Lackeigenschaften ableiten. Durch ein solches Screening im Vorfeld der Lackentwicklung besteht die Möglichkeit, Formulierungen für

entsprechende Applikationen vorab zu bewerten und Entwicklungszeiten zu verkürzen. Ziel war die Entwicklung einer solchen Simulationsmethode.

Charakterisierung der UV-Klarlacksysteme

In Zusammenarbeit mit BASF SE wählten die Experten des Fraunhofer IFAM zwei UV-Klarlacke aus, die sich hinsichtlich des Verhältnisses von Urethanacrylat zu Reaktivverdünner unterschieden (System 1: 7 zu 3 und System 2: 1 zu 1). Deren Vernetzungsreaktionen und resultierende Eigenschaften wurden untersucht.

Die Härtung der Lacke erfolgte unter CO₂-Atmosphäre und der Doppelbindungsumsatz wurde bei verschiedenen Här-



tungszeiten mittels IR-Spektroskopie gemessen. Außerdem ermittelten die Wissenschaftler die Pendeldämpfung nach König (Abb. 1) und die Kratzfestigkeit per Crockmeter.

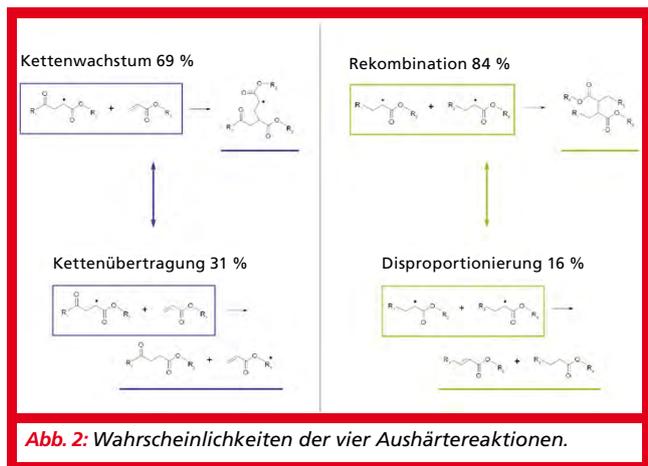
Es zeigte sich, dass zum Ende der Härtingszeit von System 2 etwa 93 Prozent der Doppelbindungen umgesetzt wurden, während System 1 mit der höheren Acrylatfunktionalität nur einen Umsatz von circa 80 Prozent aufwies. Die Pendeldämpfung-Tests ergaben, dass durch Härting unter Inertatmosphäre ausreichend hohe Filmhärten erreicht wurden und System 2 die höhere Härte erzielte. Dieselben Resultate ergaben sich bei den Crockmeter-Untersuchungen. Somit stellte sich System 2 als der bessere Lack heraus.

Simulation der Aushärtungsreaktion

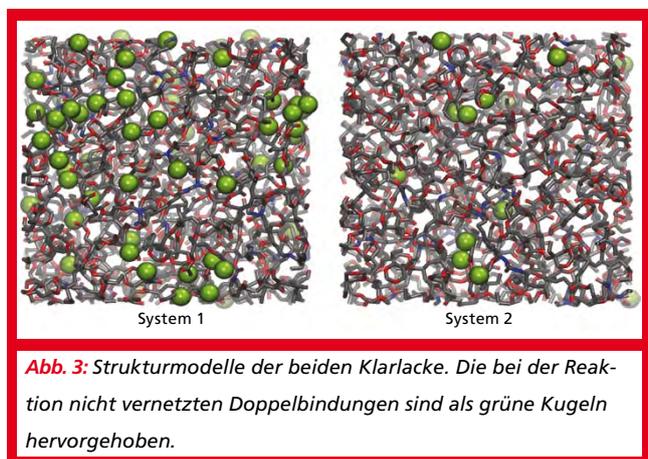
Für die Simulation der Aushärtung sind zwei Dinge nötig: Ein Reaktionsschema der bei der Aushärtung auftretenden Reaktionen mit den zugehörigen Wahrscheinlichkeiten und ein Startstrukturmodell, das das Lacksystem mit seinen Komponenten direkt nach der Mischung – also vor dem Aushärten – beschreibt.

Dazu wurden zuerst die Einzelschritte der Aushärtungsreaktion identifiziert und ein angepasstes Reaktionsschema, unter Inertbedingungen, aufgestellt. Ausgangspunkt dafür war die Formulierung der Lacksysteme (Bindemittel, Reaktivverdünner und zwei Photoinitiatoren).

Für die Reaktionen erfolgte die Berechnung der entsprechenden Edukte und Produkte mittels Molecular Modelling. Durch Vergleich der Energiedifferenzen des höchsten besetzten molekularen Orbitals des Radikals und des niedrigsten unbesetzten Orbitals des zugehörigen Monomers der jeweiligen Reaktion zusammen mit Aktivierungsenergie-daten ließen sich dann die entsprechenden Reaktionswahrscheinlichkeiten berechnen. Damit ergaben sich jeweils zwei miteinander konkurrierende Reaktionen (Abb. 2).



Aus der Formulierung der Lacksysteme ließen sich zudem die einzelnen Komponenten und deren Anzahl bzw. Verhältnis bestimmen – eine Voraussetzung für die Erstellung der Strukturmodelle der ungehärteten Lacke. Durch Anwendung des Reaktionsschemas konnten daraus nun Strukturmodelle des aushärtenden Lacksystems mittels molekular-dynamischer Vernetzungssimulation (Simulation der Bewegung der Atome bei gegebenem Druck und Temperatur) generiert werden, deren berechneter Umsatz an C=C-Doppelbindungen gut mit der zeitlichen Entwicklung des Umsatzes aus IR-Messungen übereinstimmte (Abb. 3).



1 Pendeldämpfung-Test nach König am Fraunhofer IFAM.

Bewertung der Formulierungen

Anhand dieser Strukturmodelle wurden nun die charakteristischen Struktureigenschaften untersucht. Es zeigte sich, dass System 2 eine höhere Vernetzungsdichte – mehr Vernetzungen pro Volumen – und eine geringere »Defektdichte«, d. h. wesentlich weniger nicht-vernetzte Doppelbindungen pro Volumen, aufwies (Abb. 4).

Darüber hinaus erfolgte eine effizientere und homogenere Vernetzung, da eine höhere mittlere Zahl an Vernetzungen pro reaktiver Gruppe und deutlich kleinere Standardabweichungen vorlagen (Abb. 5). Außerdem wies System 2 eine effizientere Topologie auf: Durch den höheren Anteil und effizienteren Einbau des Reaktivverdünners ergab sich damit eine höhere Härte bei gleichzeitiger Elastizität. Somit wurde System 2 – wie auch im Experiment – als der bessere Lack eingestuft.

Fazit

Durch die im Fraunhofer IFAM entwickelte Methode lassen sich, nur basierend auf der Formulierung, die Eigenschaften neuer UV-Lacke vorhersagen und unterschiedliche Formulierungen im Vorfeld bewertend vergleichen. So können Entwicklungszeiten für neue Lacke deutlich verkürzt werden.

Zudem ist die Ableitung von Aussagen über Chemikalienbeständigkeit, Volumenschumpf und Elastizität möglich. Die Methode kann auch problemlos auf andere Formulierungen und Systeme – zum Beispiel Klebstoffe mit thermisch initiiertes Polymerisation – übertragen werden.

Auftraggeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
 Projekt ENSIKOM – »Entwicklung, Simulation und prozesssichere Umsetzung zur umweltfreundlicheren und wirtschaft-

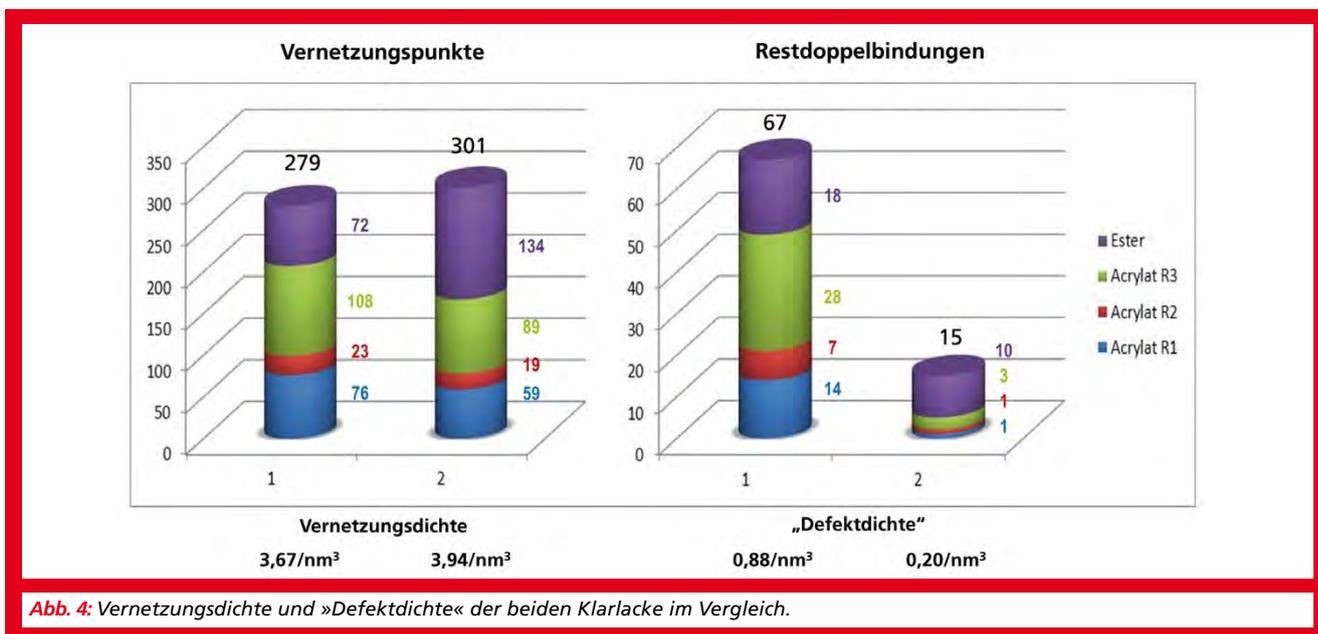


Abb. 4: Vernetzungsdichte und »Defektdichte« der beiden Klarlacke im Vergleich.

lichen Beschichtung von komplexen Kunststoffbauteilen«, Förderkennzeichen 033R030, 1.11.2009–31.10.2012.

Projektpartner

- JKL Kunststoff Lackierung GmbH
- BASF SE
- Mercedes-Benz Cars
- KARL WÖRWAG GmbH & Co. KG
- EISENMANN Anlagenbau GmbH & Co. KG
- Fusion UV Systems GmbH
- Linde AG
- tesa AG
- iLF Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft Lacke und Farben mbH
- LCS Life Cycle Simulation GmbH
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
- Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e. V.

KONTAKT

Dr. Marc Amkreutz
Adhäsions- und Grenzflächenforschung
Telefon +49 421 2246-647
marc.amkreutz@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Yvonne Wilke
Lacktechnik
Telefon +49 421 2246-613
yvonne.wilke@ifam.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

- 6 Hochleistungs-Compute-Cluster der Arbeitsgruppe Applied Computational Chemistry des Fraunhofer IFAM zur Berechnung der Struktureigenschaften der UV-Klarlacke.

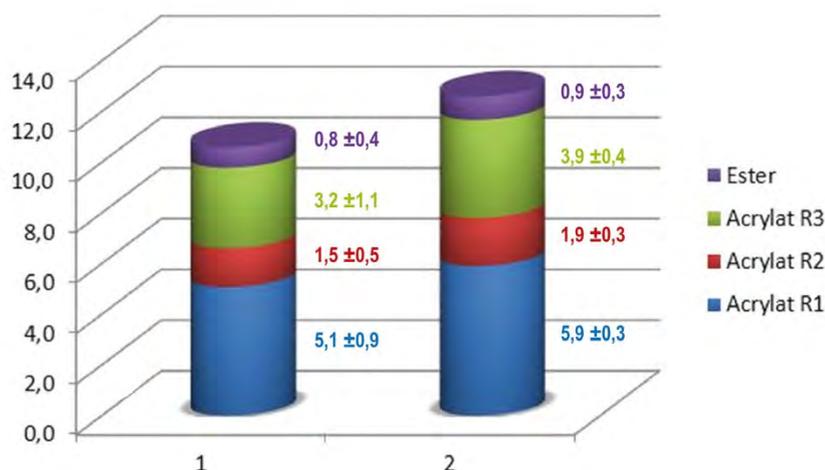


Abb. 5: Mittlere Zahl an Vernetzungen pro reaktiver Gruppe und Standardabweichung der beiden Klarlacke im Vergleich.

ENTWICKLUNG NEUARTIGER POLYMERER KORROSIONSINHIBITOREN FÜR ALUMINIUM- UND STAHLANWENDUNGEN

Anwender wünschen von innovativen Materialien und insbesondere Beschichtungen zunehmend die Erfüllung vielfältiger Funktionen. Grundlegend bleibt, dass Beschichtungen und Lacke die Ober- und Grenzflächen auch in der Entwicklung befindlicher Materialien zuverlässig schützen müssen. Dazu bietet eine moderne Oberflächentechnik, die empirisch erarbeitetes Können und Werkstoffkenntnisse mit geschickt in Computerprogrammen implementierten Algorithmen auf physikalisch-chemischer Grundlage paart, eine vorausblickende oder im Bedarfsfall auch reaktionsschnelle Plattform. Das bilaterale Projekt der Firma Straetmans High TAC GmbH und den Adhäsions- und Grenzflächenforschungs- sowie Lacktechnik-Experten des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, zeigt, wie das Konzept der Adsorption von Molekülen, also ihrer Anreicherung an Grenzflächen, das Fundament für die gezielte Entwicklung sowohl von temporären Schutzsystemen als auch von Additiven für langzeitbeständige Beschichtungen bilden kann.

Ausgangssituation

Im Hinblick auf die zukünftig verfügbare Auswahl adsorbierender Moleküle sind Wirkstoffentwickler aktuell nicht nur von chemischen und materialbezogenen Erfordernissen unter ökonomischen Gesichtspunkten herausgefordert, sondern auch von gesetzgeberischen Rahmenbedingungen, wie der aktuellen REACH-Verordnung, geleitet. Für nachhaltige Neuentwicklungen von Lacken werden wahrscheinlich im Wesentlichen zwei Gestaltungsmöglichkeiten interessant bleiben: intelligente Zubereitungen, die ohne Neustoffsynthese möglich sind, oder der auch im Projekt eingeschlagene Weg über Polymere, die als üblicherweise nicht sehr gefährlich gelten.

Aufgabe – Projektbeschreibung – Projektdurchführung

Grenzflächenaktive Moleküle übernehmen in der Natur in Zellmembranen eine ausgeprägte Schutzfunktion. Solche Amphiphile sind chemisch nicht reaktiv und nutzen das Konzept der Selbstorganisation zur Ausbildung dichter Schichten. Sollen neuartige amphiphile Polymere gezielt entwickelt werden, so erweist es sich als zeitsparend und hilfreich, rechnergestützte Simulationen einzusetzen, um für unterschiedlich aufgebaute Moleküle die Organisationsprinzipien in flüssigen Medien oder an Substratoberflächen herauszuarbeiten. In Gegenwart eines flüssigen Applikationsmediums bilden solche Polymere submikroskopische Mizellen, und an Grenzflächen zu Feststoffen entstehen am Substrat anhaftende Adsorbate



2

in einheitlicher und durch die Molekülmasse einstellbarer Schichtdicke. In Abbildung 1 sind für unterschiedliche Polymermoleküle beispielhaft Zwischenschritte bei der Ermittlung des Assoziationsverhaltens in einem polaren Lösemittel und des Adsorptionsverhaltens auf einer hydrophilen Substratoberfläche dargestellt. Die sich bildenden Strukturen aus Polymermolekülen sind in Grüntönen dargestellt.

Die Zielsetzung im Projekt war, die Umsetzung dieses Amphiphil-Konzepts in eine Synthesechemie mit reaktiven und strukturellen Grundelementen zu erreichen, die in den herzustellenden Polymermolekülen Kopf-, Schwanz- oder Abstandshaltereinheiten ausbilden können. Deren relative Anordnung in den Molekülen kann auch dank der Simulationsergebnisse in Abstimmung auf unterschiedliche flüssige Medien ausgewählt werden. Die chemische Reaktivität der so schließlich zusammengestellten Moleküle lässt sich durch teilweises oder vollständiges Einbringen praktischer unreaktiver molekularer Endgruppen einstellen. So werden weder die gewünschten

Beschichtungsformulierungen noch die zu beschichtenden Substratoberflächen durch chemische Reaktionen mit Inhibitormolekülen in kaum absehbarer Weise verändert.

Die entwickelten Polymermoleküle bilden nach Eintauchen zu schützender Metallsubstrate in Inhibitorlösungen oder -dispersionen dünne und geschlossene Schichten. Besonders effektive Molekülschichten wirken korrosionsinhibierend und können – derart appliziert – dem temporären Korrosionsschutz dienen. Oberflächenanalytische Untersuchungen an Blechen der Aluminiumlegierung AA 2024 mittels Röntgen-Photoelektronenspektroskopie, energiedispersiver Röntgenanalyse und Rasterelektronenmikroskopie zeigen, dass effektiv etwa 0,01 Mikrometer dünne Schutzschichten gebildet werden und dass im Zuge eines Salzsprühtests nur ein geringfügiger Anstieg der Dicke der Aluminiumoxidschicht auf dem Substratwerkstoff erfolgt. Wie Abbildung 2 zeigt, weisen 250 Stunden lang im Salzsprühtest geprüfte beschichtete Bleche visuell keine Korrosionserscheinungen auf (unten), im Unterschied zu

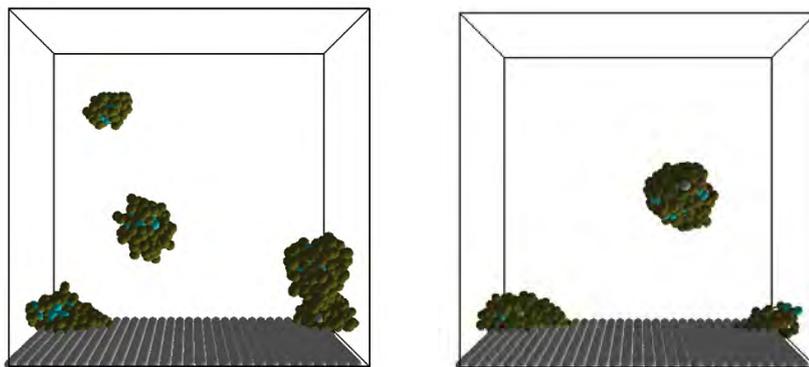


Abb. 1: Simulation der Frühphasen bei Assoziation und Adsorption von Polymermolekülen.

2 Korrosionsschutzeffekt einer in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IFAM entwickelten polymeren Inhibitorschicht auf Aluminium (oben unbeschichtet, unten beschichtet).

nur 24 Stunden getesteten nicht mit Inhibitorpolymeren geschützten Blechen (oben).

Dass auch auf Stahlblechen mit ein und derselben Polymerformulierung eine korrosionsinhibierende Wirkung erzielt wurde, steht im Einklang mit dem in Simulationsrechnungen herausgearbeiteten Wirkkonzept der physikalisch begründeten Schichtbildung.

Kann die inhibierende Wirkung der amphiphilen Polymere auch in gehärteten Lacksystemen erhalten bleiben, so lässt sie sich mit dem Einsatz weiterer Korrosionsschutzsysteme im Lack zeitlich effektiv abstimmen. Im Test wurden mit polymeren Korrosionsinhibitoren als zusätzlichen Additiven versehene neuartige Lacksysteme auf AA 2024-Bleche im Vergleich zu nicht mit Korrosionsinhibitoren modifizierten Lacken hinsichtlich der Schichtablösung im Salzsprühtest und des Fadenwachstums im Filiformtest untersucht. Testergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt und zeigen für mehrere, chemisch unterschiedliche Formulierungen vorteilhafte Eigenschaften der neuartigen Lacksysteme.

Ergebnis und Perspektive

Der mittelständische Projektpartner profitierte von der erarbeiteten interdisziplinären Vorgehensweise, die die Entwicklungszeit für marktfähige Produkte im Vergleich zu einer rein empirischen Materialentwicklungsstrategie verkürzt. Polymere Wirkstoffe, die auf Basis physikalischer Prinzipien in Beschichtungen und vernetzende Polymere zusätzliche Funktionalitäten einführen, tragen ihren Teil zu Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz bei.

Lacksystem	Unterwanderung im Salzsprühtest nach 1008 Stunden		Fadenlänge im Filiformtest nach 504 Stunden	
	ohne Inhibitor	mit 2 % Inhibitor	ohne Inhibitor	mit 2 % Inhibitor
Wasserbasierter 2K-Epoxid-Lack	6 mm	2 mm	9 mm	3 mm
Lösemittelbasierter 2K-Epoxid-Lack	7 mm	2 mm	12 mm	3 mm
Alkydharzlack	12 mm	4 mm	26 mm	7 mm
Alkyd-Melamin-Lack	nach 240 h: Abbruch	nach 480 h: 2 mm	nach 168 h: Abbruch	nach 240 h: 5 mm

Tab. 1: Testergebnisse gealterter Lacksysteme.

Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand – ZIM
Projekt »Entwicklung von Korrosionsschutzkonzepten für
Aluminium auf Basis polymerer Additive – KABA«
(Förderkennzeichen KF2139502 HA9)

Projektpartner

■ Straetmans High TAC GmbH, Hamburg

KONTAKT

Dr. Welchy Leite Cavalcanti

Adhäsions- und Grenzflächenforschung

Telefon +49 421 2246-487

welchy.leite.cavalcanti@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Sascha Buchbach

Lacktechnik

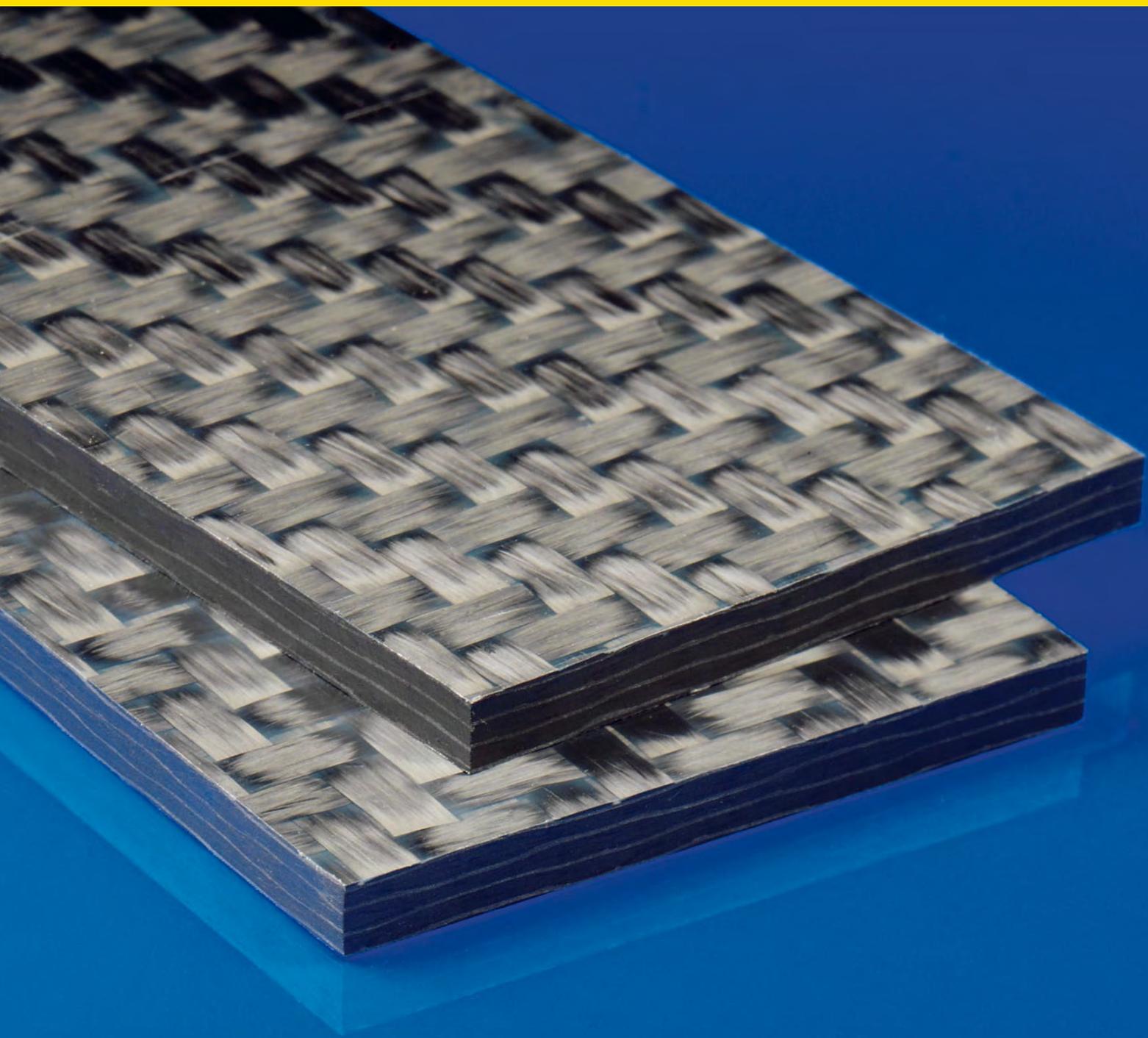
Telefon +49 421 2246-497

sascha.buchbach@ifam.fraunhofer.de

Institut

*Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM,
Klebtechnik und Oberflächen, Bremen*

FASERVERBUNDWERKSTOFFE



KERNKOMPETENZ FASERVERBUNDWERKSTOFFE

Als Faserverbundwerkstoff werden Verbundwerkstoffe bezeichnet, die aus einem Matrixwerkstoff mit eingebetteten Fasern bestehen; als Matrixwerkstoffe werden am Fraunhofer IFAM duromere Kunststoffe verwendet. Vorteile solcher Verbundwerkstoffe sind die hohe Steifigkeit in Faserrichtung in Verbindung mit der Möglichkeit der Formgebung durch die Matrix. Dadurch sowie aufgrund des niedrigen spezifischen Gewichts sind Faserverbundwerkstoffe prädestiniert für Leichtbauanwendungen, etwa dem Flugzeug- und Automobilbau.

In allen Bereichen der Transportmittelindustrie – Automobil, Schienenfahrzeug, Schiff und Flugzeug – spielen neue Materialien und Leichtbau eine tragende Rolle, wenn es um die Senkung des Treibstoffverbrauchs und des CO₂-Ausstoßes und damit um ressourcen- sowie umweltschonende Mobilität geht. Im Bereich der regenerativen Energien, insbesondere der Windenergie, gestatten sie energieeffiziente Bauweisen und erhöhen so die Wirtschaftlichkeit der Anlagen. Leichtbau – das bedeutet beim Fraunhofer IFAM insbesondere die Verwendung faserverstärkter Kunststoffe, wobei verschiedenste Fasertypen wie Glas- und Kohlenstofffasern sowie Naturfasern zum Einsatz kommen. Das Kompetenzspektrum reicht dabei von der Harzentwicklung über Design und Herstellung von Bauteilen und deren Oberflächenmodifikation bis zu automatisierten Montage- und Fügetechnologien.

Ausgangspunkt ist die Auswahl bzw. Entwicklung geeigneter Harzsysteme, um spezielle Anforderungen im Verarbeitungsprozess wie etwa einem geringen Härtungsschrumpf und der Schnellhärtung gerecht zu werden. Zudem werden Herausforderungen wie elektrische Leitfähigkeit, Blitzschutz und die Schlagzäh-Modifizierung adressiert. Erst durch ein optimales Einstellen der Grenzflächeneigenschaften zwischen Fasern und Matrixharz können die Werkstoffcharakteristika optimal genutzt werden. Dies gelingt nicht zuletzt durch den

Einsatz verschiedenster Oberflächentechniken, beispielsweise der Plasmabehandlung an Faseroberflächen. Aber auch bei der Herstellung und Weiterverarbeitung von Bauteilen spielen Oberflächenmodifikationen eine zentrale Rolle. An dieser Stelle seien das Reinigen und Aktivieren, das Lackieren sowie das Aufbringen von Funktionsschichten genannt.

Der zunehmende industrielle Einsatz von Faserverbundwerkstoffen bedingt eine verstärkte Automatisierung der Montage- und Fügetechnologien; dies ist ein weiteres Kompetenzfeld des Fraunhofer IFAM. Mithilfe optischer Vermessungstechniken können Form- und Lagekorrekturen auch an großen Bauteilen durchgeführt werden, um Präzisionsbearbeitungen durch Roboter zu ermöglichen.

Ein übergreifender Kompetenzbaustein ist die Qualitätssicherung – bei der Herstellung, der Montage sowie bei der Reparatur von Faserverbundbauteilen. Dies wird durch ein umfassendes Schulungsangebot flankierend unterstützt. Im Rahmen der Weiterbildung findet ein Technologietransfer statt, bei dem wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden den Weg in die industrielle Anwendung finden.

1 *Prädestiniert für den Leichtbau – carbonfaserverstärkter Kunststoff (CFK).*



AUTOMATISIERTE FVK-GROSSSTRUKTUR-MONTAGE – FRAUNHOFER FFM ENTWICKELT GRUND- LEGENDE VERFAHREN UND ANLAGEN

Im Stader Großforschungszentrum CFK Nord schließt die Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM ihre ersten Großprojekte erfolgreich ab. Für die Luftfahrtindustrie erarbeiten die FFM-Experten sowohl grundlegende Montage- und Bearbeitungsverfahren als auch beispielhafte Großanlagen, die bei der automatisierten Serienfertigung von XXL-Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) – wie carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) oder glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) – erforderlich sind. In zunächst drei großen Vorhaben haben die Wissenschaftler die notwendigen Verfahren sowie Komponenten entwickelt und für die Anwendung in der industriellen Produktion erste Qualifizierungen durchgeführt. In Stade wird derzeit vorrangig für den Einsatz in der Flugzeugindustrie gearbeitet – grundsätzlich lassen sich die Ergebnisse aber auch auf andere Branchen übertragen, in denen Großstrukturen aus Faserverbundkunststoffen ein Thema sind.

Neue Werkstoffe und Materialkombinationen für ein Produkt einzuführen oder neue Technologien zu integrieren wird oft erst dann wirtschaftlich, wenn Verfahren für eine kostengünstige Serienproduktion verfügbar sind. Das gilt auch für das »schwarze Gold«, wie carbonfaserverstärkte Kunststoffe gerne genannt werden. Die im Vergleich zu Stahl immer noch relativ junge Werkstoffgruppe weist zahlreiche Vorteile auf. Die beiden wichtigsten: Sie sind leicht und extrem belastbar. Deshalb erfreuen sich die Materialien in der Luftfahrtbranche zunehmender Beliebtheit. Schon heute werden Flugzeuge konstruiert, die zu mehr als 50 Prozent aus CFK bestehen – Tendenz stark steigend. Doch noch erfolgen Herstellung und Montage der Bauteile mit sehr hohem manuellem Aufwand. Das Ziel, ähnlich der Automobilindustrie, höhere Stückzahlen in kürzerer Zeit hochpräzise automatisiert zu bearbeiten, zu

fügen und abzudichten, steht daher bei der Luftfahrtindustrie weit oben – nicht zuletzt, um die steigende Nachfrage nach gewichtsreduzierten Flugzeugen bedienen zu können.

Vor diesem Hintergrund wurde im September 2010 in Stade das europaweit herausragende Großforschungszentrum CFK NORD eingeweiht (Abb. 1). Es ist eine Investition in die industrielle Zukunft Niedersachsens und eine Stärkung der Position Deutschlands im globalen Markt. Hier wird seither für die Luftfahrtbranche die automatisierte Produktion von CFK-Strukturen im 1:1-Maßstab auf den Weg gebracht. Weil diese Zukunftstechnologie für den Industriestandort Niedersachsen

1 *Großforschungszentrum CFK Nord in Stade.*

äußerst wichtig ist, hat das Land allein für den Bau des CFK NORD 19,7 Millionen Euro investiert. Zudem erhielt die Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM für ihre Arbeit bislang 11,5 Millionen Euro vom Land. FFM ist einer der beiden Hauptmieter in der etwa 8000 Quadratmeter großen und 24 Meter hohen Entwicklungshalle des CFK NORD. Zusammen mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft sowie Experten des Fraunhofer IFAM, Bremen, arbeiten die Forscher in Stade seit mehr als drei Jahren intensiv an zukunftsweisen- den Lösungen, mit denen Anwender aus der Luftfahrt bald CFK-Großbauteile mit hohem Automatisierungsgrad verarbeiten sollen. Von den FuE-Ergebnissen des Forschungszentrums werden aber auch weitere Branchen profitieren, die auf den Einsatz von FVK-Großstrukturen setzen, wie die Windenergie, der Nutzfahrzeugbau oder der Schienenfahrzeugbau.

Herausforderungen bei der Automatisierung

Automatisierung ist in der Luftfahrtbranche kein Fremdwort. Doch kommen bisher dafür meist Sondermaschinen zum Einsatz – Spezialanlagen, die für einen speziellen Arbeitsgang an einem bestimmten Bauteil konstruiert wurden. Oft sind sie als sogenannte Portalmaschinen ausgeführt, die sich auf Schienen über die Großstrukturen – beispielsweise Flugzeugrümpfe oder -flügel – führen lassen und dabei automatisiert nieten oder fräsen. Weil diese Maschinen normalerweise schwer, teuer und stark spezialisiert sind, ist der Bedarf nach preiswerten, flexibler einsetzbaren Lösungen, die schnell aus handlichen Modulen konfigurierbar sind, groß. Ziel ist es, künftig kurzfristig verfügbare, universellere Automatisierungstechnik bereitzustellen, die sich mit geringem Aufwand auf andere Bauteile und Montagesituationen umrüsten lässt oder sogar bislang aufeinanderfolgende Aufgaben parallel zur gleichen Zeit erledigt.

In der Automobilindustrie werden beispielsweise vor einem Produktionsstart die notwendigen Prozessabläufe auf Bruchteile eines Millimeters genau ermittelt und festgelegt. Roboter fahren danach präzise stets die gleichen Bahnen ab, um ihre Arbeit zu verrichten. Hinsichtlich kleinerer Bauteile mit minimalen Maßabweichungen ist das eine ausgezeichnete Automatisierungslösung. Was im Automobilbau bereits Alltag ist, ist für den Luftfahrtbereich jedoch eine große Herausforderung: Die Flugzeugbauteile mit ihren wesentlich größeren Abmessungen unterscheiden sich voneinander allein schon wegen des herstellungsbedingten Verzugs merklich in ihrer Geometrie – es sind Unikate. Würde bei ihnen ein Industrieroboter mit einer starren Programmierung Nietlöcher bohren, fänden sich die Löcher jedes Mal an einer etwas anderen Stelle – das ist inakzeptabel.

Bei der Bearbeitung und dem Fügen von Großstrukturen kommt es deshalb auf die individuelle Anpassung des Prozesses an die tatsächliche Form und Position des gerade in der Anlage befindlichen Teils an. Die hohe Präzision, mit der der Roboter eine einmal beherrschte Bewegung wiederholt, hilft in diesem Kontext nicht weiter. Um Roboter jeder Konturabweichung des Bauteils folgend steuern zu können, muss ihre absolute Positioniergenauigkeit, die deutlich geringer als die Wiederholgenauigkeit ist, auf das erforderliche hohe Maß gesteigert werden: Erst während des bereits laufenden Prozesses bekommt die Steuerung mitgeteilt, auf welcher Bahn exakt das Werkzeug zu führen ist. Da der Roboter die dafür optimalen Stellungen seines Arms vorher nicht kennengelernt hat, kann er sie nicht einfach wiederholen und so individuelle Abweichungen bei Getrieben und Achsen nicht berücksichtigen, was zu höheren Ungenauigkeiten führt. Es ist also notwendig, Anlage und Roboter so zu modifizieren, dass sie trotz unterschiedlicher Maße und Lage eines Bauteils stets die optimale Bahn garantieren.



Ziel: Serienmontage mit Industrierobotern

Herausforderungen wie diese bilden den Kern der Forschungs- und Entwicklungsarbeit der Fraunhofer FFM. Mehr als 25 Experten, darunter Produktions- und Automatisierungingenieure, Maschinenbauer, Flugzeugbauer, Materialwissenschaftler, Softwareprogrammierer, Elektrotechniker, Chemiker und Spezialisten für die Entwicklung von Prozessen und Anlagenkomponenten arbeiten hier an neuen Anwendungen, die die gesamte Prozesskette entlang der Bearbeitung und Montage von FVK-Großstrukturen abdecken. Ziel ist es, die Besonderheiten großer Bauteile auch hinsichtlich der Automatisierungsanforderungen so zu beherrschen, dass eine Serienfertigung mit herkömmlichen Industrierobotern möglich wird. Zudem besteht eine enge Kooperation auf den Gebieten Bearbeitung, Robotik und Messtechnik mit dem Institut für Produktionsmanagement und -technik (IPMT) der Technischen Universität Hamburg-Harburg. Darüber hinaus ergänzt das im CFK NORD benachbarte Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), das mit der automatisierten Bauteilherstellung den vorgelagerten Teil der Prozesskette abdeckt, die Fraunhofer FFM-Kompetenzen.

Einer der wichtigsten Ansätze der FFM-Forscher ist die selbsttätige Anpassung robotergestützter Prozesse an differierende Bauteilgeometrien und -positionen. Trotz dieser zusätzlichen Flexibilität muss die sehr präzise Bahnführung gewährleistet sein. Einerseits ist also eine auf wenige hundertstel Millimeter genaue Erfassung der Bauteilmaße erforderlich. Andererseits besteht die Anforderung an die Steuerungssoftware des Roboters, aus den immer wieder unterschiedlichen Bauteilmaßen die passenden Winkel für die fünf, sechs oder sieben Achsen des jeweiligen Roboters einzustellen und dabei genauigkeitsmindernde Einflüsse weitgehend zu kompensieren.

Zu diesem Zweck haben die Wissenschaftler in dem Vorhaben »Adaptive CFK-Fertigungs- und Montagezelle« (CFK-AFMO

FFM) eine Entwicklungsplattform für adaptive Montage- und Bearbeitungsprozesse aufgebaut, mit der auch neuartige Bauteilaufnahmen, Greifer, Messverfahren und Software erprobt und optimiert werden (Abb. 2). Eine erste Besonderheit der Anlage ist bereits ihre hochflexible Aufnahme: Sechs Hexapoden – Roboter mit sechs parallelen Antriebs-elementen – saugen das Bauteil mit Vakuumgreifern an und halten es fest. Die individuelle Verstellbarkeit jedes einzelnen Hexapods und Greifers führt zu einem dazu, dass die Zelle ganz unterschiedliche Großstrukturen mit verschiedenartigen Geometrien aufnehmen kann, ohne dass eine Umrüstung erforderlich ist (Abb. 3). Zum anderen lassen sich dadurch die Großbauteile sowohl in ihrer Lage verschieben, kippen oder drehen als auch innerhalb zulässiger Grenzen verformen, um sie an Fügepartner und Montageprozesse optimal anzupassen und so das Toleranzmanagement zu beschleunigen. Sensoren in den Vakuumgreifern, die permanent in das Bauteil eingebrachte Kräfte und Momente messen, vermeiden eine eventuelle Überlastung und gestatten die gezielte Beeinflussung sowie Dokumentation der Spannungssituation während der Montage. Damit steht erstmalig eine Versuchsplattform für die spannungskontrollierte Montage von Originalbauteilen zur Verfügung, was eine weitere erhebliche Vereinfachung des aufwendigen Toleranzmanagements verspricht. Die Anlage ist eine Eigenentwicklung der Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM in Kooperation mit dem IPMT der Technischen Universität Hamburg-Harburg, der intensive Untersuchungen und Versuche vorausgingen.

2 Entwicklungsplattform CFK-AFMO FFM.

3 Vakuumgreifer auf Hexapod.



Präzision durch Messen und Kalibrieren

Eine wesentliche Grundlage für die Serienbearbeitung von Großstrukturen ist eine exakte Vermessung. Das gilt jedoch nicht nur für das Großbauteil, sondern in einem ersten Schritt auch für die eingesetzten Roboter. Ausgewählte Stellen des Roboterarms werden hochgenau mit Lasern vermessen, um die präzisionsmindernden Auswirkungen von Fertigungstoleranzen zu bestimmen (Abb. 4). Das von den FFM-Wissenschaftlern zusammen mit Forschern des IPMT der Technischen Universität Hamburg-Harburg entwickelte Verfahren liefert für jeden Roboter – unabhängig von Hersteller, Typ und Steuerung – individuelle Korrekturparameter, mit denen er über seine Steuerungssoftware kalibriert wird. Auf diese Weise lässt sich schnell und ohne aufwendige Umrüstungen die für die Großstrukturmontage benötigte absolute Positioniergenauigkeit erreichen.

Zugleich ist eine exakte Vermessung des einzelnen Großbauteils notwendig, das bei Flugzeuigrümpfen durchaus bis zu 20 Meter lang sein kann. Während die Erfassung derart großer Geometrien heute oft noch unter sehr hohem Zeitaufwand mit taktilen Messtastern erfolgt, ist die von der Fraunhofer FFM in der Fertigungs- und Montagezelle eingesetzte berührungslose Messung durch Laser schnell und genau (Abb. 5). Mit den Messdaten lässt sich die virtuelle Beschreibung des Bauteils aus der Konstruktion durch den Abgleich mit den realen Parametern anpassen. Um den Messprozess möglichst kurz zu halten, werden die grundlegenden Bauteilmaße aus dem CAD-Modell übernommen; lasergestützt nachgemessen werden nur die Bereiche, die für die spätere Bearbeitung entscheidend sind. Durch die ermittelten Werte lassen sich die absoluten Raumkoordinaten errechnen, die die Steuerungssoftware in die entsprechenden Befehle für die einzelnen Stellen der Roboterachsen umsetzt.

Vorplanung in virtueller Umgebung

Grundsätzlich gilt bei der Einrichtung einer CFK-Serienfertigung, dass der gesamte Vermessungs-, Bearbeitungs- und Montageprozess der Großstrukturen mit allen Bewegungsabläufen und Fertigungsschritten zunächst in einer virtuellen Umgebung vorgeplant wird. Erst wenn sich im realen Prozess durch die hochpräzisen Messungen Unterschiede zum »offline« programmierten Modell ergeben, werden die dort zugrunde gelegten Werte mit aktuellen Parametern des tatsächlich in der Fertigungszelle befindlichen Bauteils modifiziert. Durch dieses Vorgehen passt sich der Prozess jedem Bauteil bei Bedarf individuell an, indem, falls erforderlich, eine »Nachregelung« stattfindet. Eine der wesentlichen Aufgaben der Fraunhofer FFM ist es unter anderem, Software für die vorgestellten Lösungen zu programmieren.

Die hier für den Einsatz in der Fertigungs- und Montagezelle CFK-AFMO FFM beschriebenen entwickelten Technologien bilden die Basis für alle weiteren Prozessschritte. Ob die Großstrukturen gebohrt, gefräst, durch einen Hochdruck-Wasserstrahl geschnitten oder gefügt werden müssen: Immer kommt es auf die exakte Kalibrierung der Roboter und die genaue Vermessung der Großstrukturen mit den beschriebenen Werkzeugen an.

4 Einmessen eines Roboters mit dem Lasertracker.

5 Einmessen eines Bauteils mit dem Laserradar auf der Plattform CFK-AFMO FFM.

Großstrukturbearbeitung – Gleiche Arbeit in der Hälfte der Zeit

Die Realisierung einer hochpräzisen, aber gleichzeitig schnell an verschiedene Bauteile und Geometrieabweichungen anzu-
passenden Serienbearbeitung von CFK-Großstrukturen steht
zahlreichen Herausforderungen gegenüber. Die momentan
eingesetzten konventionellen Portalmaschinen erfüllen viele
Anforderungen an eine flexible, hochproduktive Bearbei-
tungsanlage nicht: Sie sind teuer, sehr schwer und bei der
Einmessung sowie Bearbeitung zu langsam. Zudem gibt es
üblicherweise keine integrierte Prozessüberwachung. Be-
arbeitungsfehler können zur irreparablen Schädigung der
Großstruktur führen, wobei Lieferverzug und Ausschusskosten
bis zu mehreren Hunderttausend Euro pro Bauteil entstehen.
In dem Projekt »Prozesssichere hochproduktive Präzisions-
zerspanung von CFK-Großstrukturen« (ProsihP) beschäftigen
sich die Experten der Fraunhofer FFM deshalb damit, die pa-
rallele Bearbeitung von Großbauteilen durch mehrere Roboter
gleichzeitig zu ermöglichen. Durch Parallelisierung lassen sich
Prozesszeiten im Vergleich zum Stand der Technik auf die
Hälfte verkürzen. Weitere Prozessziele sind vollautomatische
Einmessverfahren und die Entwicklung einer kontinuierlichen
Prozessüberwachung, die nicht erst nachträglich Fehler er-
kennt, sondern bereits im Prozess bei steigendem Fehlerrisiko
rechtzeitig reagiert.

Bei der Bearbeitung einer CFK-Großstruktur gibt es zahlreiche
Parameter, die permanent verfolgt werden müssen. Schon
eine falsche Einstellung oder eine »unbemerkte« Unregel-
mäßigkeit am Werkzeug kann das teure Bauteil unbrauchbar
machen. Die Wissenschaftler entwickeln daher Online-Mess-
verfahren für charakteristische Prozesskenngrößen. Die Verfol-
gung dieser Zustände in Echtzeit garantiert, dass die Bearbei-
tung stets in der geforderten Qualität erfolgt. Ein Beispiel ist
die Erkennung und Überwachung von überstehenden Kohlen-
stofffasern, die bei der Fräsbearbeitung entstehen können.

Bleiben diese »ausgefranten« Kanten zunächst unentdeckt,
verursachen sie unter Umständen hohe Reparaturkosten oder
sogar Bauteilausschuss. Im Projekt ProsihP wurde deshalb eine
optische Überwachung realisiert, um unmittelbar während
der Fräsbearbeitung mögliche Fehler zu erkennen. Die Anlage
reagiert darauf mit einem sofortigen Bearbeitungsstopp oder
einer Anpassung der Bearbeitungsparameter, um Werkzeug
und Bauteil besser aufeinander abzustimmen.

Der Bearbeitungsprozess muss die Tatsache berücksichtigen,
dass jedes einzelne CFK-Großbauteil nicht nur in den Abmes-
sungen, sondern auch in seiner Materialstruktur unterschied-
lich sein kann. Anders als bei den homogeneren Metallen füh-
ren beim CFK die in eine nachgiebige Harzmatrix vielschichtig
eingelagerten und unterschiedlich orientierten steifen Car-
bonfasern zu erheblichen richtungsabhängigen Änderungen
von Materialeigenschaften – dabei verhält sich jedes Bauteil
individuell, weil es in Form und Struktur auf den jeweiligen
Einsatzbereich (Rumpf, Flügel, Leitwerke etc.) optimiert ist. In
einer vollautomatischen Parallelbearbeitung, die für differie-
rende Großbauteile konzipiert ist, spielen daher unter ande-
rem die Bearbeitungsstrategie, der Werkzeugtyp, der Werk-
zeugdurchmesser, die Drehzahl und der Vorschub eine große
Rolle. Für die einzigartigen CFK-Bauteile ist die jeweils richtige
Kombination dieser Prozesskomponenten entscheidend. Um
für ein Bauteil beispielsweise die richtige Drehzahl und den
richtigen Vorschub beim Bohren oder Fräsen zu ermitteln, ist
es zudem notwendig, die Prozesskräfte zu verfolgen. Wichtig
ist auch eine optimierte Bearbeitungsstrategie – wird das Bau-
teil sofort endbearbeitet, oder sind gegebenenfalls zwei oder
mehrere Bearbeitungsschritte sinnvoller? Die Fraunhofer FFM
hat bisher ausgezeichnete Erfahrungen mit einer Unterteilung
in Vor- und Endbearbeitung gemacht: Durch eine grobe Vor-
bearbeitung und eine abschließende Feinbehandlung lässt sich
beispielsweise die Fräskantentemperatur stark verringern. Dies
minimiert wiederum die möglichen Fehlerquellen und steigert
die Kantenqualität erheblich.



6



7

Vielschichtiges Optimierungspotenzial bei der Staubabsaugung

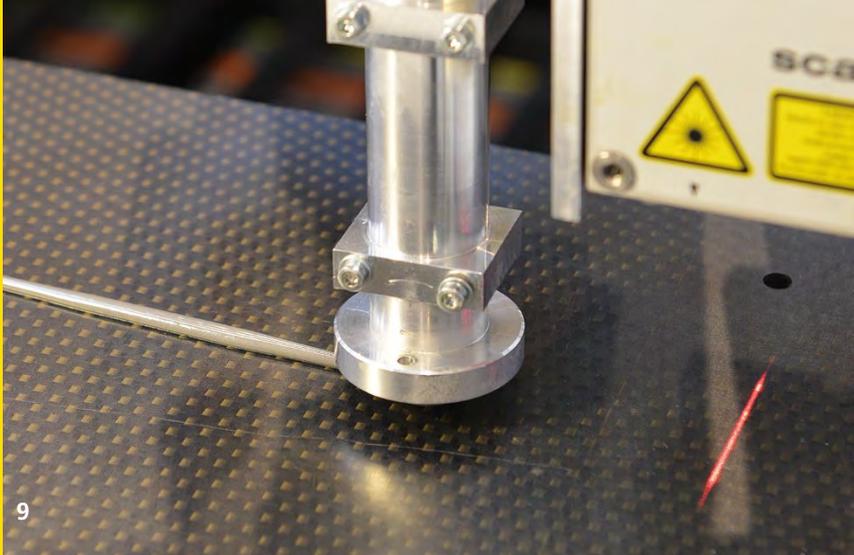
Ein großes Optimierungspotenzial für die Zerspanung von Großbauteilen erkannten die Forscher der Fraunhofer FFM hinsichtlich der Staubabsaugung. Fräsen oder Bohren führt auch bei CFK zu einer starken Staubentwicklung. Die feinen Partikel müssen annähernd rückstandslos entfernt werden, um Auswirkungen auf Menschen, Maschinen, Bauteile oder Fügeprozesse zu vermeiden. Bislang werden sie bei der CFK-Bearbeitung mit einem sehr hohen Energieeinsatz abgesaugt. Eine Großraum-Absaugung kommt für künftige Serienprozesse nicht infrage, weil sie unwirtschaftlich ist. Stattdessen haben die Wissenschaftler eine automatisierte adaptive Staub erfassung direkt an der Entstehungsstelle konzipiert, die sich flexibel an das jeweilige Bauteil und den aktuellen Bearbeitungsschritt anpasst. Frässtäube lassen sich so fast vollständig absaugen, bevor sie überhaupt in die Umgebung gelangen können. Die Herausforderung ist dabei, dass die Absaugung störende Konturen – beispielsweise Stringer oder Spanten – registriert und sich darauf einstellt (Abb. 6).

Um die verschiedenen Lösungsansätze für eine spätere industrielle Serienanwendung realitätsnah zu entwickeln und zu überprüfen, hat die FFM im Projekt ProsihP eine große Versuchsanlage zur spanenden Bearbeitung mit Robotern im CFK NORD aufgebaut. Sie ermöglicht die Aufnahme von Bauteilen mit bis zu 13 Metern Länge und 6 Metern Durchmesser. Hier kommen alle beschriebenen Bearbeitungs-, Monitoring- und Absaugtechnologien zum Einsatz. Mit drei Robotern gleichzeitig werden die bisher erzielten Ergebnisse an großvolumigen CFK-Strukturen optimiert und das Können permanent erweitert (Abb. 7). In der nächsten Projektgeneration konzentriert sich die Arbeit noch intensiver auf die Beherrschung von Störeinflüssen, zum Beispiel Vibrationen bei der simultanen Bearbeitung an mehreren Stellen desselben Bauteils.

Wasserstrahlschneiden – Alternative zum Zerspanen mit Klingen

Zusätzlich entwickelt die Fraunhofer FFM im Bereich der FVK-Bearbeitung eine aussichtsreiche Technologie weiter: das Wasserstrahlschneiden. Im Unterschied zum Zerspanen nutzt sich das schneidende Werkzeug – ein Wasserstrahl – nicht ab. Der mit einem Druck von bis zu 6000 bar erzeugte Strahl, der sowohl als reiner Wasserstrahl als auch abrasiv mit beigemengten Schneidmitteln einsetzbar ist, durchtrennt das Material durch gleichmäßigen Abtrag hochpräzise und qualitätsgesichert. Die Vorteile sind vielfältig: Aufgrund des kalten Schneidvorgangs werden thermische Schädigungen ausgeschlossen. Zudem lassen sich Delaminationen an den Schnittkanten besser vermeiden. Labile Schalenbauteile können durch niedrige Schneidkräfte schwingungsfrei geschnitten werden; im Gegensatz dazu erlaubt die Technologie aber auch das Schneiden von sehr dickwandigen Komponenten (bis 40 Zentimeter). Ob weiche oder harte Werkstoffe oder sogar Materialkombinationen mit gegensätzlichen mechanischen Eigenschaften: Wasserstrahlschneiden kann sich bei vielen Aufgabenstellungen als das bessere Trennverfahren herausstellen.

Die Fraunhofer FFM entwickelt diese Technologie daher parallel zum Fräsen, um dem Kunden je nach spezifischem Anwendungsfall künftig die passende Bearbeitungslösung optimiert anzubieten. Ziel der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist es, dass der Schneidprozess mit dem Roboter an Großstrukturen ausgeführt werden kann, wobei saubere Kantenaus- bildung, hohe Präzision und Prozessgeschwindigkeit sowie lange Standzeiten der Peripherie im Fokus stehen. Erprobt und weiterentwickelt wird die Bearbeitungstechnologie in Stade mit einer 3D-Hochdruck-Wasserstrahlschneidanlage neuester Generation für Teile bis 3 Meter Länge, 2 Meter Breite und 50 Zentimeter Höhe (Abb. 8).



Die Ein-Schritt-Montage: Schnelles und präzises Fügen

Das automatisierte Montieren von FVK-Bauteilen soll schon bald in allen Größendimensionen präzise, schnell und kostengünstig möglich sein. Bevor große CFK-Schalen miteinander zu Flugzeugsegmenten gefügt oder sogar ganze Rumpfabschnitte automatisiert miteinander verbunden werden können, beschäftigt sich die Fraunhofer FFM in ersten Schritten zunächst damit, in einem automatisierten Prozess kleinere Komponenten an Großbauteile zu fügen.

Beim präzisen Montieren von kleinen Teilen an eine Großstruktur gilt es, leichte Fehlstellungen oder Unregelmäßigkeiten der Fügeflächen durch eine Spaltfüllmasse – den sogenannten Shim – auszugleichen. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn Spante mithilfe eines CFK-Winkels – von Flugzeugbauern »Clip« genannt – am Rumpf angebracht werden. Gefügt werden zunächst die Clips, an denen in einem weiteren Schritt die Spante befestigt werden. Bei der Serienfertigung muss automatisch die Applikation der optimalen Shim-Menge – meist ein Zwei-Komponenten-Klebstoff – erfolgen, um unterschiedliche Spaltbreiten und die kleinen Unebenheiten auf der Innenhaut des Flugzeugs auszugleichen (Abb. 9).

Derzeit ist das Fügen der Winkel noch sehr zeit- und kostenintensiv. Die Kleinteile werden zunächst probefügt, um manuell die jeweiligen Spaltmaße zu bestimmen. Danach werden die zu fügenden Teile wieder getrennt und der Shim zusammen mit einer Trennfolie aufgebracht. Ein erneutes Probefügen zeigt, ob die richtige Shim-Menge vorhanden ist – gegebenenfalls ist eine Korrektur erforderlich. Erst vor dem abschließenden Fügeprozess wird die Trennfolie abgezogen, sodass im Anschluss die Teile endgültig miteinander verbunden sind. Diesen langwierigen, komplizierten und kostenintensiven Prozess möchten die Flugzeughersteller schon lange vereinfachen und straffen.

Die FFM-Experten streben nun im Projekt »Rumpf-Entwicklung Neuer Optimierter Komponenten« (RENO) die konsequente Reduktion der Abläufe auf eine »Ein-Schritt-Montage« an. Deshalb ist das Leitziel für die Entwicklung innovativer Prozesse, bei denen sowohl die Montage der beschriebenen Clips als auch die Befestigung von Kabelhalterungen automatisiert wird, mit »One-Step-Assembly« charakterisiert (Abb. 10). Was vorher manuell durch »Trial and Error« erfolgte, geschieht nun wesentlich schneller im Computer: Die neu entwickelten Verfahren ermöglichen es, nicht nur die Oberflächenkontur der Fügestelle auf der Flugzeughaut, sondern auch die der Fügefläche des Clips exakt zu vermessen. Eine Software ermittelt aus den Messwerten virtuell das Spaltmaß, sodass das bisher übliche Probefügen und manuelle Ausmessen entfällt (Abb. 11). Aus dem Ergebnis lassen sich die für den Roboter und das Klebstoffdosiermodul wichtigen Steuerungsparameter ableiten: Für jeden aufzuklebenden Winkel ist die Information verfügbar, wie viel Klebstoff an welcher Stelle aufgebracht werden muss, um den Klebspalt vollständig zu füllen. Darüber hinaus soll an den Rändern gerade so viel Klebstoff austreten, dass eine optische Kontrolle des Spaltfüllgrades möglich ist.

Das automatische Ankleben von Kabelhalterungen stellt geringere Anforderungen an die Präzision, weil hier Abweichungen von wenigen Millimetern tolerierbar sind. Allerdings sind es insgesamt mehrere Tausend Halter, die an die richtigen Stellen im Rumpf eines Flugzeugs gesetzt werden müssen. Der derzeitige Fügeprozess erfolgt ebenfalls noch manuell: Die Mitarbeiter ermitteln die Positionen und drücken die Halter an. Letztere werden anschließend mehrere Stunden mit einer selbstklebenden Kunststoffbrücke fixiert, bis die Klebverbindung ausgehärtet ist.

- 6 Adaptive Stauberfassung bei spanender CFK-Bearbeitung mit dem Roboter.
- 7 Versuchsanlage zur spanenden Bearbeitung mit Robotern.
- 8 3D-Hochdruck-Wasserstrahlchneidanlage der Fraunhofer FFM im CFK NORD.
- 9 Auftrag des Shims auf eine CFK-Oberfläche mit dem Roboter.



10

Die Forscher der Fraunhofer FFM entwickeln im Rahmen des Projekts RENO dafür einen vollautomatischen Ablauf. Dazu muss sichergestellt sein, dass zunächst die erforderliche Menge Klebstoff auf den Halter appliziert wird, bevor der Roboter zum Fügen und Fixieren an die richtigen Positionen im Rumpf fährt. Die Hauptaufgabe ist, das sichere Greifen, Zuführen und Fügen der Halter durch ein am Roboterkopf angebrachtes Multifunktionswerkzeug zu gewährleisten. Nach dem Auffinden der korrekten Fügeposition mithilfe integrierter Sensoren wird durch eine Druckkontrolle sichergestellt, dass die Halter ausreichenden Oberflächenkontakt an der betreffenden Position haben. Zurzeit ist die Fixierhilfe noch notwendig, um die Halter in dem mehrere Stunden andauernden Aushärtprozess des Klebstoffs an dieser Position zu halten. Die Experten arbeiten bereits parallel an einem Modul, das den Klebstoff durch einen Energiestoß in wenigen Minuten ausreichend anhärtet. Der Klebstoff selbst wirkt so als Fixiermittel für die Halter, die vom Greifer des Roboters deshalb schon nach kurzer Zeit freigegeben werden können. Als Zwei-Komponenten-Mischung härtet der Klebstoff anschließend auch bei Raumtemperatur vollständig aus.

Neue Tiefziehfolie revolutioniert Großstruktur-Herstellung

Ein besonderer Entwicklungserfolg, der die serienmäßige Herstellung und Verarbeitung von FVK-Großbauteilen entscheidend voranbringen kann, ist in einer gemeinsamen Fraunhofer IFAM-Arbeit der FFM-Wissenschaftler in Stade mit den Experten von Plasmatechnik und Oberflächen PLATO in Bremen gelungen: die tiefziehfähige Trennfolie Flex^{PLAS®}. Sie ermöglicht es, FVK-Großstrukturen ohne den Einsatz von Trennmitteln zu fertigen – ein signifikanter Fortschritt gegenüber den bisher angewendeten Technologien. Bislang war stets ein Trennmittel notwendig, um bei der Bauteil-

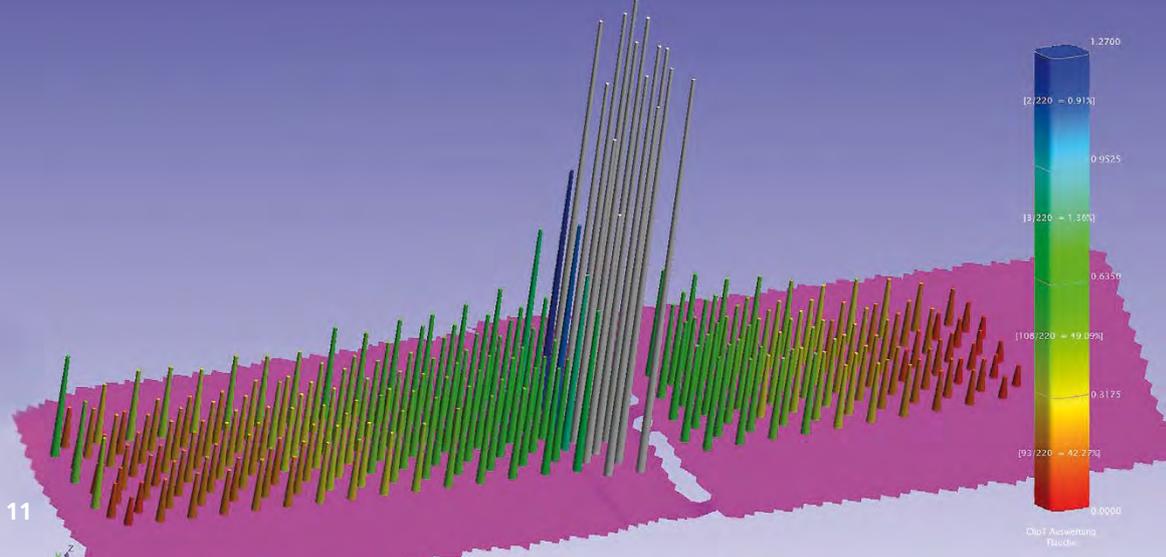
herstellung ein Anhaften des Bauteils am Formwerkzeug zu verhindern.

Die neue tiefziehfähige Flex^{PLAS®}-Trennfolie ist eine elastische Polymerfolie. Sie ist mit einer weniger als 0,3 Mikrometer dünnen plasmapolymerten Trennschicht versehen, die extrem flexibel ist. Die Folie lässt sich problemlos auch auf komplexe Werkzeuge aufbringen, ermöglicht ein müheloses Entformen und hinterlässt keinerlei Rückstände auf der Bauteiloberfläche. Die Trennfolie kann ohne Faltenbildung auch auf strukturierte oder gekrümmte Formen aufgebracht werden und eignet sich deshalb ganz besonders für FVK-Großbauteile. Mit dieser neuen Trennfolie gelang es bereits, große CFK-Strukturen im Autoklaven mit dem Prepreg-Verfahren bei 180 Grad Celsius herzustellen. Neben der Prepreg-Technologie ist die Trennfolie aber auch für Herstellungsverfahren wie dem (Vakuum-)Infusionsverfahren oder dem Handlegeverfahren einsetzbar.

Vorteilhaft ist, dass sich mit der Trennfolie gefertigte Bauteile – ohne weitere Vorbehandlung – unmittelbar nach Abzug der Trennfolie lackieren lassen. Zudem ermöglicht die neue Technik sogar ein In-mould-Coating von Faserverbundbauteilen. Ein weiterer Vorteil: Die Trennfolie kann bei Bedarf bis zur Auslieferung an den Endkunden auf dem Bauteil verbleiben und somit noch eine Schutzfunktion erfüllen (siehe Seite 107; »Bahnbrechende Entwicklung: Mit Flex^{PLAS®} lassen sich große Faserverbundbauteile ohne Trennmittel herstellen« und Seite 124; »AVK-Innovationspreis 2012 für Flex^{PLAS®}-Trennfolie an Dr.-Ing. Gregor Graßl und Dr. Matthias Ott«).

Ausblick

Für das Fraunhofer IFAM und seine Projektgruppe FFM in Stade stellen die bisher erzielten Projektergebnisse sowie die in Betrieb genommenen Großanlagen die Basis dar, um Prozesse mit komplexeren Strukturen und Abläufen, die noch höhere



Anforderungen an die Automatisierungstechnik stellen, für Kunden aus der Luftfahrt und anderen Branchen gezielt nach Anforderungsprofil zu entwickeln. Bereits begonnene Projekte fokussieren beispielsweise auf die automatisierte Montage von CFK-Seitenleitwerksstrukturen oder auf das Fügen größerer Komponenten im Bereich des CFK-Flugzeugrumpfs.

KONTAKT

Dr. Dirk Niermann

*Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM
Abteilungsleitung
Telefon +49 4141 78707-101
dirk.niermann@ifam.fraunhofer.de*

Dipl.-Ing. Tim Brencher

*Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM
Messtechnik I Robotik
Telefon +49 4141 78707-252
tim.brencher@ifam.fraunhofer.de*

Dipl.-Ing. Karsten Gensicke

*Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM
Montage- und Anlagentechnik
Telefon +49 4141 78707-221
karsten.gensicke@ifam.fraunhofer.de*

Dr.-Ing. Gregor Graßl

*Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM
Fügetechnologien I Trennmittelfreie Bauteilherstellung
Telefon +49 4141 78707-222
gregor.grassl@ifam.fraunhofer.de*

Dipl.-Ing. Simon-Markus Kothe

*Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM
Bearbeitungstechnologie
Telefon +49 4141 78707-272
simon-markus.kothe@ifam.fraunhofer.de*

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Hintze

*Technische Universität Hamburg-Harburg
Telefon +49 40 42878-3051
w.hintze@tu-harburg.de*

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Jörg Wollnack

*Technische Universität Hamburg-Harburg
Telefon +49 40 42878-3494
wollnack@tu-harburg.de*

Institut

*Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM,
Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Stade*

10 Versuchsanlage »One-Step-Assembly« mit Stationen für Halter- und Clip-Montage.

11 Optische Darstellung der berechneten Klebspaltgeometrie.

BAHNBRECHENDE ENTWICKLUNG: MIT FLEX^{PLAS}[®] LASSEN SICH GROSSE FASERVERBUNDBAUTEILE OHNE TRENNMITTEL HERSTELLEN

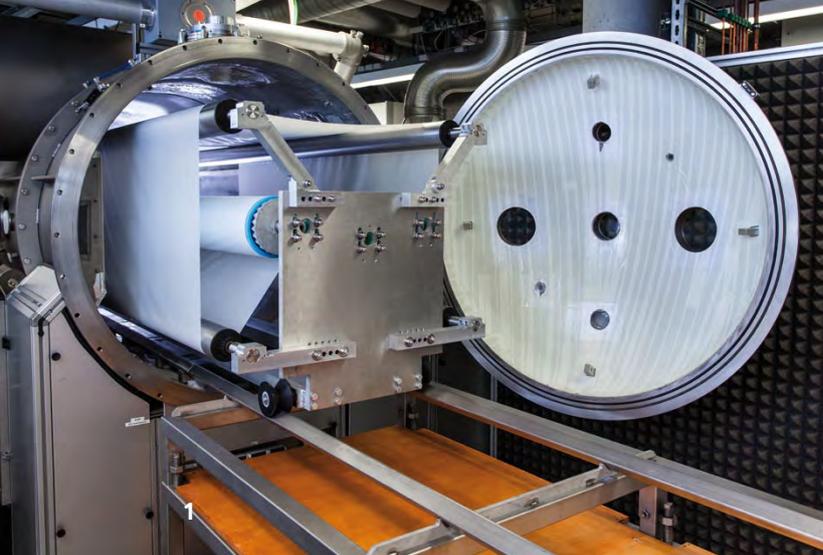
Flex^{PLAS}[®] heißt eine neue Trennfolie, die den Einsatz von Trennmitteln bei der Herstellung von Großbauteilen aus Faserverbundkunststoffen (FVK) überflüssig macht. Die gemeinsam von den Fraunhofer IFAM-Experten der Bremer Plasmatechnik und Oberflächen PLATO und der Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM in Stade entwickelte Folie weist zahlreiche Vorteile auf. Sie sorgt derzeit in vielen Industriebranchen für Aufsehen, da sie bei der Bauteilfertigung erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen ermöglicht.

Es ist ein Vorgang, der sich im kleinen Maßstab täglich hunderttausendfach wiederholt: Mit einer Werkzeugform wird ein Bauteil hergestellt und anschließend entnommen. Damit es nicht am Formwerkzeug »festbackt«, wird Trennmittel auf die Werkzeugoberfläche gesprüht. Dadurch lässt sich das Bauteil nach dem Aushärten sicher entformen – so, wie Kuchen nach dem Backen aus einer zuvor eingefetteten Kuchenform. Wissenschaftler aus dem Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM haben eine bahnbrechende Technologie entwickelt, die auch die Herstellung von großen Faserverbundbauteilen schneller und kostengünstiger macht. Für viele Industriebereiche, in denen zunehmend Großbauteile aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) eingesetzt werden, ebnet die Innovation den Weg zur wirtschaftlichen Serienfertigung dieser Komponenten. Ihr Name Flex^{PLAS}[®] steht für eine extrem elastische Polymerfolie, die mit einer flexiblen plasmapolymerten Trennschicht ausgestattet ist. Selbst bei Dehnungen von 300 Prozent ist noch ein problemloses Entformen möglich.

FVK-Großstrukturen kommen u. a. beim Bau von Flugzeugen oder Windenergieanlagen zum Einsatz – Tendenz stark stei-

gend. Materialien wie CFK sind für diese Branchen hochinteressant: Sie sind leicht, extrem belastbar und lassen sich sehr gut an die jeweiligen Anforderungen anpassen. Der Formprozess war bislang sehr aufwendig, weil beim Einsatz herkömmlicher Trennmittel sowohl auf dem Bauteil als auch auf dem Werkzeug Reste zurückblieben. Die Reinigung oder sogar das Abschleifen der Bauteiloberflächen waren bisher ein mühsamer und kritischer Vorgang, der nicht nur die Gefahr der Bauteilschädigung, sondern auch einen kostentreibenden Stillstand im Herstellungsprozess mit sich brachte.

Grundlage für die Idee zur tiefziehfähigen Flex^{PLAS}[®]-Trennfolie war eine Fraunhofer IFAM-Entwicklung zur Herstellung antihaftbeschichteter Formwerkzeuge mit einem Niederdruckplasmaverfahren. Dabei werden die zu beschichtenden Formen in einen Reaktor bei stark abgesenktem Druck durch die Zugabe spezieller Gase in einem Plasma behandelt. Hochreaktive silizium- oder kohlenstoffhaltige Molekülfragmente im Plasma führen zu Schichten, die hervorragend auf der Form haften. Eine derart modifizierte Form lässt sich bis zu 1000-mal nutzen, ehe das Verfahren erneut angewendet werden



muss – gegenüber der bisherigen Lösung mit aufgespritzten Trennmitteln ein Quantensprung. Die Technologie für diese Anwendung haben die PLATO-Wissenschaftler in jahrelanger Arbeit bis zur Einsatzreife vorangetrieben.

Folienbeschichtung im Plasmareaktor

Für die Herstellung großer Bauteile galt es, das Verfahren weiterzuentwickeln, denn die Maße des Plasmareaktors sind beschränkt. Die Lösung: Nicht die Werkzeugform wird im Reaktor beschichtet, sondern eine dehnbare, reißfeste Kunststoffolie. Sie ist weniger als 0,1 Millimeter dünn und weist nach der Beschichtung einen 0,3 Mikrometer dünnen plasma-polymeren Überzug auf, der keinerlei Rückstände auf der Bauteiloberfläche hinterlässt. Die Folienrollen gelangen auf einem Schlitten in den Reaktor (Abb. 1), wo die Beschichtung erfolgt – die Folie wird im Plasma gleichmäßig ab- und wieder aufgewickelt. Die PLATO-Experten optimierten den Plasmaprozess: Die Molekülsegmente innerhalb der Schicht ordnen sich so an, dass sich an der Oberfläche keine reaktionsfähigen Gruppen mehr befinden – die Beschichtung reagiert nicht mehr chemisch, weist also eine hundertprozentige Trennwirkung auf.

Aufgrund ihrer extremen Dehnbarkeit von bis zu 300 Prozent ist es problemlos möglich, die Trennfolie ohne Falten auch auf gekrümmte oder strukturierte Formen aufzubringen. Sie ist damit eine ideale Lösung für die angestrebte Serienproduktion von XXL-Großbauteilen aus FVK (Abb. 2). Diese effiziente Fertigung für Branchen wie Flugzeug- oder Windenergieindustrie zu entwickeln, ist eine der Aufgaben der Fraunhofer FFM im Stader Großforschungszentrum CFK Nord. Gemeinsam mit der PLATO brachte sie die Flex^{PLAS®}-Trennfolie bis zur Einsatzreife: Es gelang bereits, große CFK-Bauteile im Originalmaßstab mit einem Prepreg-Verfahren bei 180 Grad Celsius im Autoklav herzustellen.

Sofortige Lackierung möglich

Dabei kommen wannenförmige Werkzeugformen aus Spezialstahl zum Einsatz, in die zunächst die Flex^{PLAS®}-Trennfolie eingelegt wird. Vakuumpumpen saugen anschließend die Luft zwischen Form und Folie ab – die Folie liegt faltenfrei an. Die CFK-Bahnen können anschließend in der gewünschten Bauteilstärke in die Werkzeugform gelegt werden; nach dem »Backen« im Autoklav und dem Abkühlen lässt sich das Bauteil rückstandsfrei entnehmen. Die Trennfolie ist problemlos abziehbar, kann aber zunächst auch als Transportschutz verbleiben.

Weil die Bauteiloberfläche nach Entfernen der Folie weder Verschmutzungen noch Trennmittelrückstände aufweist, ist eine sofortige Lackierung ohne weitere Vorbehandlung möglich. Alternativ lässt sich die neue Technik allerdings auch für ein In-mould-Coating von Faserverbundbauteilen einsetzen. Dabei wird mit vergleichsweise geringem Aufwand in der Form ein Gelcoat-Lack auf die Flex^{PLAS®}-Trennfolie aufgebracht. Anschließend erfolgt die Fertigung des Faserverbundkunststoffs auf dem Lack, wobei der In-mould-Lack gemeinsam mit dem FVK-Bauteil ausgehärtet wird – das bereits fertig lackierte Bauteil kann mit der Trennfolie aus der Form entnommen werden (Abb. 3).

Die Entwicklung aus dem Fraunhofer IFAM sorgt nicht nur für immenses Interesse, sondern auch für rege Anfragen aus der Wirtschaft.

- 1 *Im Niederdruck-Plasmareaktor erfolgt die Beschichtung und Funktionalisierung von Folien zur Flex^{PLAS®}-Trennfolie.*
- 2 *Überprüfung der in der Form für eine CFK-Flugzeugrumpfschale tiefgezogenen faltenfreien Flex^{PLAS®}-Trennfolie.*



Zudem hat die Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe AVK Dr. Matthias Ott – PLATO – und Dr.-Ing. Gregor Graßl – Fraunhofer FFM – für ihre wissenschaftliche Arbeit zu Flex^{PLAS}® den AVK-Innovationspreis 2012 auf der Composites Europe verliehen. In der Kategorie »Innovative Prozesse und Verfahren« belegten die Forscher den 1. Platz (siehe Seite 124; »AVK-Innovationspreis 2012 für Flex^{PLAS}®-Trennfolie an Dr.-Ing. Gregor Graßl und Dr. Matthias Ott«).

Ausblick

Ein wichtiges Ziel der Entwicklung ist es, zukünftig die Vorteile der trennmittelfreien FVK-Bauteilfertigung einer breiten Palette von Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Dabei werden neben Verfahren, die vorimprägnierte Fasern verarbeiten, vor allem Infusionsverfahren adressiert, bei denen flüssiges Harz trockene Fasern in zumeist geschlossenen Werkzeugen umströmt. Eine weitere Herausforderung ist die Bereitstellung glänzender CFK-Oberflächen, die keine aufwendigen Schleif- und Polierprozesse erfordert.

KONTAKT

Dr.-Ing. Gregor Graßl

Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM

Telefon +49 4141 78707-222

gregor.grassl@ifam.fraunhofer.de

Dr. Matthias Ott

Plasmatechnik und Oberflächen PLATO

Telefon +49 421 2246-495

matthias.ott@ifam.fraunhofer.de

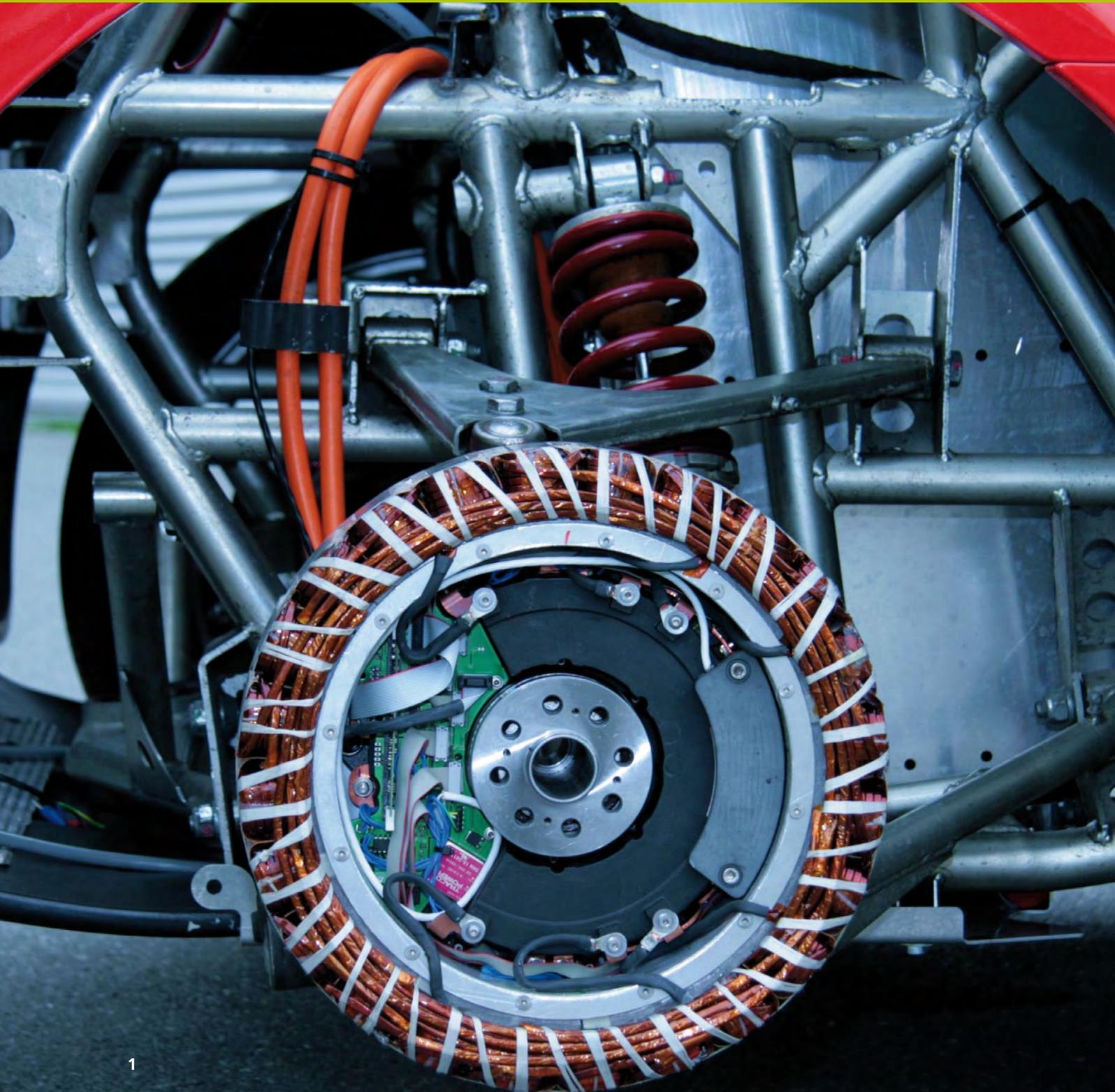
Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen und Stade

3 Abziehen der im Fraunhofer IFAM entwickelten Flex^{PLAS}®-Trennfolie von einem Faserverbundbauteil, das mit einem Gelcoat in der Form lackiert wurde.



KERNKOMPETENZ ELEKTRISCHE KOMPONENTEN UND SYSTEME

Die Kernkompetenz Elektrische Komponenten und Systeme ist am Fraunhofer IFAM noch vergleichsweise jung. In den letzten Jahren hat hier ein signifikanter Aus- und Aufbau von Kompetenzen stattgefunden. Wesentliches Merkmal ist dabei die starke Vernetzung mit anderen Kompetenzbereichen des Instituts.

Das Fraunhofer IFAM verfolgt in dieser Kernkompetenz einen Systemforschungsansatz, bei dem einzelne Technologien und Komponenten immer im Zusammenwirken im Gesamtsystem wie z. B. einem Elektrofahrzeug betrachtet und abgestimmt entwickelt werden.

Auf Komponentenebene beschäftigen sich die Wissenschaftler mit der Entwicklung neuartiger Metall-Luft-Batterien, bei der insbesondere die Synthese und Verarbeitung neuer Aktivmaterialien im Vordergrund steht. Darüber hinaus werden thermochemische Energiespeicher entwickelt, die auf neuartigen hydrierbaren Metalllegierungen beruhen. Die elektrische Antriebstechnik fokussiert auf die Entwicklung, Regelung, Aufbau und Erprobung von elektrischen Maschinen insbesondere für Antriebsanwendungen. Klebtechnik, Oberflächentechnik und Beschichtungen erweitern die Kernkompetenz um Aspekte wie das Verbinden, Kontaktieren, Isolieren und Schützen von elektrisch leitfähigen Materialien.

Da viele elektrische Komponenten für den Einsatz in Fahrzeugen entwickelt werden, ist ein Systemverständnis für Elektrofahrzeuge und Elektromobilität unumgänglich. Das fahrzeugtechnische Know-how umfasst die Konzipierung, sichere Steuerung, Aufbau und Erprobung von Fahrzeugen und Fahrzeugkonzepten sowie von deren Komponenten, insbesondere mit Elektro- und Hybridantrieb. Um die Zuverlässigkeit im Betrieb zu steigern, werden einzelne Komponenten wie z. B.

der elektrische Antriebsstrang mit »Hardware in the Loop«-Simulationen des Betriebsverhaltens auf einem Prüfstand qualifiziert. Hier fließen insbesondere die Erfahrungen aus dem Flottenbetrieb von Elektrofahrzeugen in der »Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg« ein. Abgerundet wird die Kernkompetenz durch die Technische Weiterbildung Elektromobilität. Hier stehen Konzeption und Aufbau eines spezifischen Weiterbildungsangebots mit den primären Zielmärkten Deutschland und China im Fokus.

Ein Beispiel für das integrative Zusammenwirken mehrerer Kompetenzen ist die gegossene Spule. Dieser originär am Fraunhofer IFAM entwickelte, innovative Ansatz vereint durch gemeinschaftliche Weiterentwicklung Aspekte der Gießertechnologie und der elektrischen Antriebstechnik mit der Entwicklung spezieller Isolationsbeschichtungen.

In den nächsten Jahren wird das Fraunhofer IFAM die Kernkompetenz Elektrische Komponenten und Systeme konsequent ausbauen. Dabei steht die thematische Vernetzung und Kooperation innerhalb des Instituts und mit anderen Partnern aus der Fraunhofer-Gesellschaft im Vordergrund. Ein Beispiel hierfür ist die »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität«.

1 *Stator des Radnabenmotors montiert am »Fraunhofer electric concept car«.*



GEGOSSENE SPULEN FÜR ELEKTRISCHE MASCHINEN

Gegossene Spulen bieten ein großes Potenzial zur Leistungs- und Drehmomentsteigerung elektrischer Maschinen. Für die Herstellung dieser innovativen Komponente kommt ein am Fraunhofer IFAM entwickeltes integratives Fertigungsverfahren zum Einsatz. Besondere Merkmale sind die deutlich verbesserte Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums einerseits und die dadurch ermöglichte Steigerung von Drehmomentdichte und Wirkungsgrad andererseits. Die Kombination verschiedener IFAM-Kompetenzen umfasst dabei eine ganzheitliche Betrachtung von der Auslegung bis hin zur wirtschaftlichen Fertigung elektrischer Maschinen.

Gießen statt wickeln

Etwa 40 Prozent des weltweiten Stromverbrauchs werden durch Elektromotoren verursacht [1]. Die elektrischen Maschinen werden hierbei für unterschiedlichste Antriebsaufgaben eingesetzt und decken einen Leistungsbereich über etwa 15 Größenordnungen von wenigen μW bis in den GW-Bereich ab. Die Effizienz und Leistungsfähigkeit aller elektrischen Maschinen wird dabei maßgeblich durch die magnetfelderzeugenden Spulen bestimmt. Die dominierende Fertigungstechnik für die Herstellung dieser Spulen ist das Wickeln von Kupferlackdraht um die ausgeprägten Pole des Stators und ggf. auch des Rotors. Aufgrund fertigungstechnischer Einschränkungen und aus wirtschaftlichen Gründen wird jedoch der eigentlich zur Verfügung stehende Bauraum typischerweise bis maximal zur Hälfte mit elektromagnetisch aktivem Leitermaterial ausgefüllt (siehe Abb. 2). Dies führt dazu, dass elektrische Maschinen tendenziell größer und schwerer werden, als diese eigentlich sein müssten. Die durch die Wickeltechnologie zwangsläufig entstehenden Lufträume zwischen den Leitern erschweren zudem die Entwärmung der Spulen, wodurch die Grenzleistung elektrischer Maschinen eingeschränkt wird.

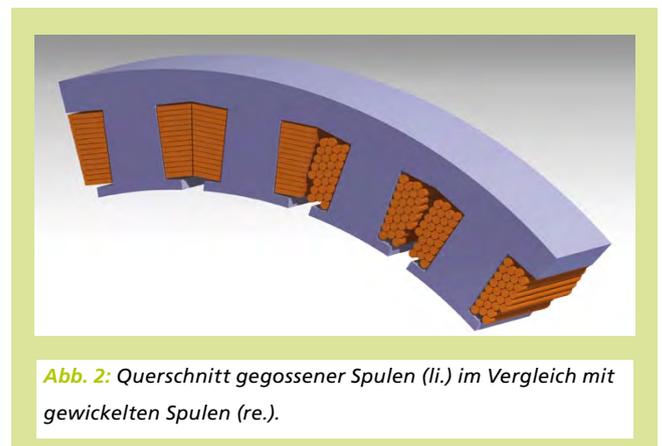


Abb. 2: Querschnitt gegossener Spulen (li.) im Vergleich mit gewickelten Spulen (re.).

Genau an diesem Punkt setzen die Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM mit ihrer Idee der gießtechnischen Herstellung von Spulen an. Die durch die Gießereitechnologie gegebene geometrische Gestaltungsfreiheit ermöglicht eine spezifische Konstruktion der Spule und eine optimale Anpassung an die Gegebenheiten des zur Verfügung stehenden Bauraums. Maßgeblich ist hier der sogenannte Nutfüllfaktor,

1 Gegossene Kupferspule.



der die Summe der Querschnittsflächen aller Leiter im Verhältnis zur verfügbaren Fläche in der Nut setzt. Die Nut ist der Zwischenraum zwischen den sogenannten Zähnen des Blechpakets und bildet zusammen mit den Zähnen und dem Joch den elektromagnetisch aktiven Teil der Maschine. Grundsätzlich gilt, dass mit steigendem Nutfüllfaktor der elektrische Widerstand der Wicklung und damit die Stromwärmeverluste sinken. Mithilfe der Gießereitechnologie können Nutfüllfaktoren von bis etwa 90 Prozent erzielt werden, der nicht mit Leitermaterial ausgefüllte Teil wird für die elektrische Isolation benötigt (Abb. 1 und 2).

Dadurch werden im Vergleich zu konventionell hergestellten gewickelten Spulen folgende Entwicklungsrichtungen ermöglicht (Abb. 3). Einerseits kann durch die größere zur Verfügung stehende Leiterquerschnittsfläche im gleichen Bauraum die Drehmomentdichte (sowohl volumetrisch als auch gravimetrisch) nennenswert gesteigert werden. Dies

führt zu einer stärkeren elektromagnetischen Ausnutzung des Blechpakets. Auf der anderen Seite kann die Stromdichte im Leiter bei gleichbleibenden Leistungsdaten gesenkt werden, was zu einer Verminderung der Verluste und damit einer Steigerung des Wirkungsgrads führt. Darüber hinaus wird auch die Verwendung alternativer Leitermaterialien zu Kupfer wie z. B. Aluminium-Legierungen möglich, da Leitfähigkeitsnachteile dieser Werkstoffe gegenüber konventionell gewickelten Spulen aus Kupfer bei ähnlichen Leistungsdaten mindestens kompensiert werden können.

Maßgeschneiderte Fertigung im Feinguss

Am Fraunhofer IFAM ist aktuell eine vollständige Prozesskette zur Auslegung, Herstellung und anschließenden Isolationsbeschichtung gegossener Spulen für elektrische Maschinen im Feingussverfahren etabliert. Die integrative Betrachtung und gemeinsame Optimierung des gesamten Prozesses unter konstruktiven, elektromagnetischen, fertigungstechnischen und kostenseitigen Anforderungen führt dabei zu spezifisch ausgelegten elektrischen Maschinen, die auf den jeweiligen Einsatz und die spezifischen Betriebspunkte im Drehmoment-Drehzahl-Kennfeld hin optimiert sind. Durch die Kombination der IFAM-Kompetenzen zur Auslegung und Simulation elektrischer Maschinen, zur Herstellung von Modellen im Wachs-spritzguss, zur Fertigung gegossener Spulen im Feinguss sowie zur Entwicklung und Qualifizierung innovativer Oberflächenvorbehandlungstechnologien und Isolationsbeschichtungen werden zudem alle wesentlichen Aspekte berücksichtigt und können in maßgeschneiderte Kundenangebote eingebracht werden (Abb. 4).

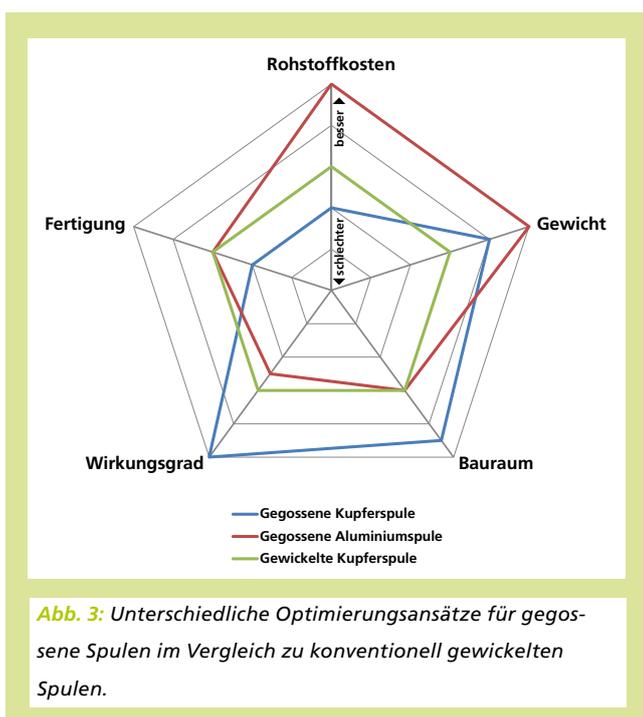


Abb. 3: Unterschiedliche Optimierungsansätze für gegossene Spulen im Vergleich zu konventionell gewickelten Spulen.

4 Gegossene Aluminiumspule mit Isolationsbeschichtung.

Mittels elektromagnetischer Simulationen und Leitfähigkeitsmessungen an gegossenen Spulen aus unterschiedlichen Leitermaterialien wurden die Eigenschaften dieser Spulen untersucht. Zusammenfassend stellen sich die wesentlichen Vorteile wie folgt dar:

- Die deutliche Erhöhung des Nutzfaktors ermöglicht eine erhebliche Steigerung der Drehmomentdichte und des Wirkungsgrades elektrischer Maschinen.
- Durch eine Automatisierung des Gießprozesses können Gusspulen kostengünstig gefertigt werden.
- Weitere Kostensenkungspotenziale können durch Einsparung von Aktivmaterial (Elektroblech und Permanentmagnete) und Verwendung von Aluminium als Leitermaterial erschlossen werden.
- Durch die flache Leiteranordnung werden Stromverdrängungseffekte bei hohen Ständerstromfrequenzen deutlich reduziert.
- Die thermischen Eigenschaften der Maschine können durch gezielte Entwärmungsmaßnahmen und die insgesamt bessere Wärmeleitfähigkeit der Spulen deutlich verbessert werden.
- Der hohe Füllfaktor ermöglicht bei gleichbleibender Maschinengeometrie äquivalenten Ersatz des Kupfers durch Aluminium, wodurch eine deutliche Gewichts- und Kostenersparnis erzielt wird.

Anwendungsszenarien

Wesentliche Anwendungsfelder für gegossene Spulen lassen sich insbesondere im Bereich der Traktionsantriebe identifizieren, bei denen aus Gründen des zur Verfügung stehenden, meist begrenzten Bauraums hohe Anforderungen an die Drehmomentdichte gestellt werden. Besonders in Direktantrieben wie Radnabenmotoren können die Vorteile von

Gusspulen gut genutzt werden. In Radnabenmotoren kann zudem die Ausführung mit einer gegossenen Wicklung aus Aluminium-Legierung aus Gründen der vergleichsweise geringeren Kosten und des deutlich geringeren Gewichts attraktiv sein.

Im Bereich der Industrieantriebe im Leistungsbereich bis 375 kW werden durch die Anforderungen der EU-Verordnung Nr. 640/2009 zur umweltgerechten Produktgestaltung und der Forderung nach Einhaltung der Effizienzklasse IE3 ab dem Jahr 2015 Maßnahmen zur Wirkungsgradsteigerung seitens der entsprechenden Hersteller erforderlich [2]. Die in diesem Marktsegment bisher dominierende Drehstrom-Asynchronmaschine kann diese Effizienzanforderungen nicht mehr oder nur mit großem Aufwand erfüllen, sodass auch im industriellen Umfeld zunehmend permanentmagneterregte Maschinen verwendet werden. Für diese Maschinentypen eignen sich die Gusspulen in besonderem Maße und können zu einer erheblichen Steigerung des Wirkungsgrades beitragen. Es eröffnen sich dadurch enorme Energieeinsparpotenziale, wodurch für das Fraunhofer IFAM ein zukunftssicherer Markt für Forschungsdienstleistungen entsteht.

Bei Windenergieanlagen bieten gegossene Spulen eine Möglichkeit zur gezielten Entwärmung von »Hotspots« im Betrieb durch spezifische Gestaltung der Ständer- sowie ggf. Erregerwicklung. Dabei können die gestalterischen und konstruktiven Freiheiten der ebenfalls am Fraunhofer IFAM etablierten Lost-Foam-Technologie genutzt werden, um Spulen mit größeren Abmessungen mit entsprechenden Wärmeaustauschflächen kostengünstig und variantenflexibel zu erzeugen.

Ausblick

Im nächsten Schritt werden sich die Fraunhofer-Wissenschaftler auf den Aufbau und die Leistungsprüfung eines Fraunhofer-Radnabenmotors mit gegossener Wicklung konzentrieren, um ein detailliertes Benchmarking gegenüber einer konventionellen Wicklung durchzuführen. Die detaillierte Vermessung des Betriebsverhaltens ermöglicht hierbei eine genaue elektrische und thermische Charakterisierung der Gusspulen. Hierdurch werden auch Potenziale zur weiteren Verfahrensverbesserung und zur Kostensenkung aufgezeigt.

Perspektivisch soll die Entwicklung insbesondere im Bereich neuartiger Leiterwerkstoffe mit sehr guter elektrischer Leitfähigkeit und guter Gießbarkeit vorangetrieben werden. Diese sollen dann ebenfalls im realen Einsatz in einer entsprechenden elektrischen Maschine qualifiziert werden.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Felix Horch

Gießereitechnologie und Komponentenentwicklung

Telefon +49 421 2246-171

felix.horch@ifam.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen



ELEKTROMOBILITÄT – WISSENS- VORSPRUNG DURCH WEITERBILDUNG

Unser Verständnis für Mobilität wird sich mit Elektrofahrzeugen in den kommenden Jahren von Grund auf verändern. Der Startschuss ist gefallen: Neben vielversprechenden Ansätzen im Bereich der Infrastruktur werden in der Industrie zahlreiche neue Fahrzeugtechnologien und -konzepte erprobt. Dieser Wandel setzt maßgeblich neue Qualifizierungen für Fachkräfte voraus. Das Fraunhofer IFAM hat den Handlungsbedarf erkannt und bietet ab August 2013 ein Weiterbildungsseminar »Fachkraft für Elektromobilität« in Kooperation mit der TÜV Rheinland Akademie an.

Elektromobilität – praxisnah vermittelt

Die Teilnehmer erhalten in dem Kurs »Fachkraft für Elektromobilität« eine Übersicht zu den wichtigsten Themenfeldern, dazu zählen Normen und Sicherheit, Energie- und Speichertechnik, Antriebstechnik und Fahrzeugkonzepte. Neben dem theoretischen Grundwissen vertiefen die Kursbesucher anhand praktischer Übungen an realen Bauteilen ihr Know-how über die Funktionsweise der wichtigsten Fahrzeugkomponenten. So untersuchen die Teilnehmer beispielsweise das Lade- und Entladeverhalten von Batterien und die Eigenschaften verschiedener Elektroantriebe direkt am Motorenprüfstand. Gleichzeitig erproben sie unterschiedliche Elektrofahrzeuge im Straßenverkehr mit anschließender Analyse des Energieverbrauchs. Auf diese Weise wird Elektromobilität im wahrsten Sinne des Wortes erfahrbar.

Darüber hinaus sind im Bereich Elektromobilität auch übergreifende Themenfelder relevant, wie z. B. die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, elektrischen Speichern und Verbrauchern – und damit auch die Integration der Elektromobilität in gesamtheitliche Energiekonzepte. Zusammenfassend lässt sich dabei feststellen, dass in den ver-

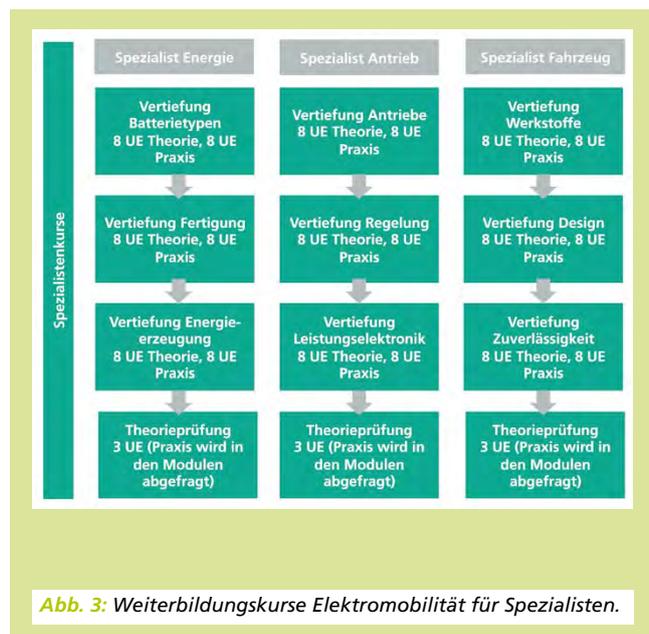
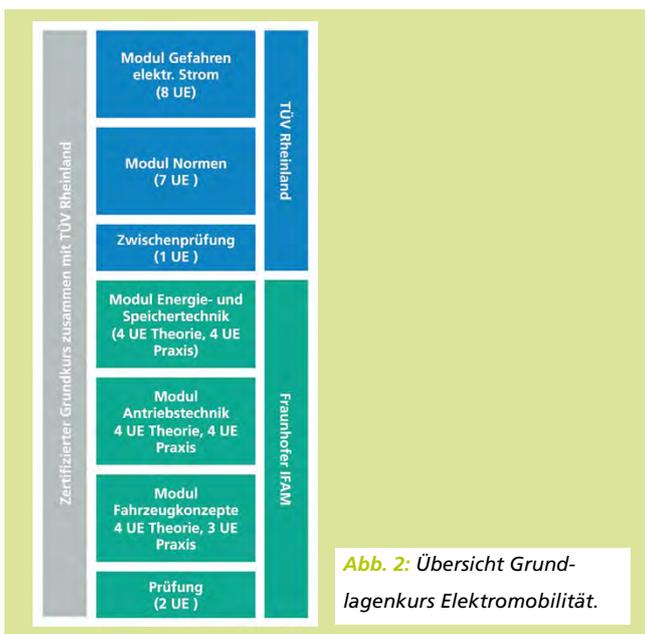
schiedenen Themen ein Weiterbildungsbedarf in der praxisnahen Vermittlung erforderlich ist.

Fachkraft für Elektromobilität

Das gemeinsame Weiterbildungsseminar richtet sich an Personen mit einer technisch-gewerblichen Ausbildung aus der Zulieferindustrie, an Fachkräfte aus der Produktion und Entwicklung sowie an Sachverständige und Gutachter.

Der fünftägige Kurs wird von ausgewiesenen Experten gelehrt und ist modular (A bis E) aufgebaut (Abb. 2). Nach erfolgreich bestandener Prüfung erhalten die Teilnehmer ein PersCert-Zertifikat mit dem Titel »Fachkraft für Elektromobilität«. Die Kursteilnehmer sind nach BGI/GUV-I 8686 qualifiziert und befugt, selbstständig an Hochvolt-eigensicheren Fahrzeugen Arbeiten durchzuführen.

1 *Schematische Darstellung eines Hybrid-Fahrzeugs (© iStockphoto).*



Darüber hinaus werden optional weitere Kurse angeboten, die z. B. die systematische Fehlersuche an Elektrofahrzeugen behandeln oder die zukünftigen Mobilitätskonzepte unserer Gesellschaft beinhalten.

Spezialistenkurse – vertiefendes Wissen

Zur weiteren Vertiefung im Bereich Elektromobilität sind 2014 zudem Spezialistenkurse geplant (Abb. 3). Thematisch bauen diese auf dem Grundkurs auf, zeichnen sich aber durch eine größere inhaltliche Tiefe mit umfangreicheren praktischen Übungen aus. Zunächst sind drei Spezialistenkurse über Energie- und Speichertechnik, Fahrzeugkonzepte und Antriebs-technik geplant. Die Zielgruppe dieser Seminare sind Mitarbeiter mit (An-)Leitungsfunktion sowie Ingenieure aus den Bereichen Forschung und Entwicklung, die im Themenfeld der Elektromobilität tätig sind.

Weitere Informationen zum Weiterbildungsseminar »Fachkraft für Elektromobilität« sowie zur Anmeldung sind online unter www.ifam.fraunhofer.de/fachkraft-emobility erhältlich.

In Kooperation mit



KONTAKT

Dr.-Ing. Marcus Maiwald
Technische Weiterbildung Elektromobilität
Telefon + 49 421 2246-124
marcus.maiwald@ifam.fraunhofer.de

Institut

*Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM,
Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen*



INTERNATIONALISIERUNG – BRASIL IEN UND CHINA IM FOKUS

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat in den letzten Jahren ihr internationales Engagement konsequent ausgebaut. Auch das Fraunhofer IFAM verfolgt eine internationale Ausrichtung, bei der es einerseits um eine Steigerung der Auslandserträge geht, andererseits um die Kooperation mit exzellenten Forschungspartnern. Zunehmend weitet sich dabei der Blick auch auf außereuropäische Partner. Das Jahr 2012 brachte wichtige Fortschritte in der Zusammenarbeit mit chinesischen und insbesondere mit brasilianischen Partnern.

Intensivierte Zusammenarbeit mit Brasilien

Ein starker Rückenwind für die Zusammenarbeit mit brasilianischen Universitäten und Industriepartnern kam aus Richtung forschungsorientierter politischer Entscheidungsträger in Deutschland und Brasilien. Dieser manifestierte sich 2010/11 im Deutsch-Brasilianischen Jahr der Wissenschaft, Technologie und Innovation (DBWTI). Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IFAM bauen seitdem verstärkt und in mehreren Netzwerken Strukturen auf und bündeln die dynamischen Entwicklungen in gemeinsamen Projekten.

Die Netzwerke sind dabei zwischen drei großen Säulen gespannt: der universitären Ausbildung und Forschung, der angewandten Forschung und der industriellen Anwendung. Die internationale Sichtbarkeit auf beiden Seiten des Atlantiks ist eine Voraussetzung dafür, zukünftige Partner und die regulatorischen Rahmenbedingungen für Kooperationen kennenzulernen. Die intensive Zusammenarbeit mit brasilianischen Universitäten, Lehrenden und vor allem deren Studierenden bietet eine pulsierende Plattform zum Austausch auf dem Gebiet der Forschung, deren Anwendungsbezug an einem Fraunhofer-Institut besonders lebendig ist. Es ist auch attraktiv für industrielle Forschungspartner in Brasilien, die den hohen

Qualitätsstandard deutscher Entwicklungen schätzen. Ein Höhepunkt war die Einladung zu einem Treffen mit der brasilianischen Staatspräsidentin Dilma Rousseff und dem brasilianischen Bundesminister für Forschung, Technologie und Innovation, Dr. Marco Antonio Raupp, an Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IFAM sowie an brasilianische Studierende, die ihr Auslandspraktikum am Fraunhofer IFAM absolvieren. Beim Gespräch im März 2012 in Hannover konnten Konzeption und erste Erfahrungen bei der Umsetzung der brasilianischen Initiative »Wissenschaft ohne Grenzen« (Ciência Sem Fronteiras) sowie der Einrichtung der Brasilianischen Gesellschaft für Forschung und industrielle Innovation Embrapii (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) und deren Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Gesellschaft ausführlich diskutiert werden.

Die acht brasilianischen Stipendiaten, die im Rahmen dieser Initiative 2012 ihr einjähriges Praktikum am Fraunhofer IFAM absolvierten, stellen zusammen mit den Studierenden aus dem bilateralen Austausch mit Lehrstühlen der Bundesuniversität von Santa Catarina (UFSC) das größte Kontingent unter den internationalen Studierenden am Fraunhofer IFAM. Wie gerne diese Zusammenarbeit von brasilianischer Seite gesehen wird, bewies der Besuch des Präsidenten der Brasilianischen Vereinigung bundesstaatlicher und kommunaler



2

Universitäten (ABRUEM) und Rektors der Universität von Ponta Grossa (UEPG), Prof. João Carlos Gomes, im Juni 2012 am Fraunhofer IFAM. Eine weitere Brücke bildet der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD). Nach einem gelungenen Förderungsantrag unterstützte dieser eine im September/Oktober 2012 in Florianópolis von der Technischen Universität Dresden (Dr. Jan-Ole Joswig) zusammen mit dem Fraunhofer IFAM (Dr. Welch Leite Cavalcanti) organisierte Sommerschule mit dem Thema »Nanotechnologie für das Design funktionaler Materialien: Theorie, Experimente und Entwicklungen«. Hier wurden landesweit ausgewählte brasilianische Studierende auch von den in Deutschland tätigen Dozenten Prof. Dr. Florian Müller-Plathe (TU Darmstadt), Prof. Dr. Michael Springborg (Universität des Saarlandes), Dr. Michael Noeske und Dr. Klaus Rischka (beide Fraunhofer IFAM) sowie auf Seiten der gastgebenden Bundesuniversität von Santa Catarina (UFSC) von Prof. Dr. André Avelino Pasa, Prof. Dr. Mauricio Girardi und Prof. Dr. Aloisio Nelmo Klein für aktuelle und zukünftige Forschungsarbeiten begeistert.

Forschungsschwerpunkte am Fraunhofer IFAM wurden im September auf der Jahrestagung der Brasilianischen Materialforschungsgesellschaft (SBPMat) im Rahmen eines Plenarvortrages von Prof. Dr. Bernd Mayer in Florianópolis vorgestellt. Ein in Zusammenarbeit zwischen den Organisatoren der Tagung, Dr. Welch Leite Cavalcanti vom Fraunhofer IFAM und der SBPMat eigens neu eingerichtetes Symposium zum Thema »Fügetechnologie – Adhäsion in Forschung und Entwicklung« erlaubte unter anderem die Vorstellung von Forschungsergebnissen, die am Fraunhofer IFAM in Zusammenarbeit mit brasilianischen Studierenden erzielt wurden. Zudem bot sich im engen Kontakt mit dem Präsidenten der 2012 gegründeten Brasilianischen Vereinigung für Klebstoffe und Adhäsion, Prof. Silvio Barros, die Möglichkeit einer Anknüpfung an die erste Brasilianisch-Portugiesische Konferenz für Klebstoffe und Adhäsion (ABAA). Auch in diesem Rahmen konnten am Fraunhofer IFAM forschende brasilianische Studierende über ihre Arbeit berichten.

Elektromobilität als Motor der Kooperation mit China

Im Juli 2011 wurde zwischen dem Bundesministerium für Verkehr-, Bau und Stadtentwicklung der Bundesrepublik Deutschland (BMVBS) und dem Ministerium für Wissenschaft und Technologie der Volksrepublik China (MOST) eine vertiefte Zusammenarbeit im Bereich alternative Antriebe und Elektromobilität vereinbart. Diese Zusammenarbeit erfolgt insbesondere im Rahmen eines breit angelegten Austausches zwischen sechs deutschen und chinesischen Modellstädten bzw. -regionen.

Eine der ausgewählten Partnerschaften ist die zwischen den Modellregionen Bremen/Oldenburg und Dalian in Nordchina, die auf der seit 1985 bestehenden Städtepartnerschaft zwischen Bremen und Dalian aufbaut. Im April 2012 war eine 23-köpfige Delegation aus Dalian unter Leitung von Liu Yan, Assistant Mayor and Director of Dalian Economic and Information Technology Committee, zu einem Besuch in Bremen, bei dem ein erster Austausch zum Thema Elektromobilität stattfand. Im Mai 2012 erfolgte der Gegenbesuch von Staatsrat Heiner Heseler mit einer Bremer Delegation in Dalian.

Derzeit sind weitere deutsch-chinesische Workshops in Planung. Sie adressieren die Themen Stadtentwicklung und Elektromobilität am Beispiel von Gated Areas (z. B. Überseestadt Bremen), Hafenlogistik, batterieelektrische Busse im ÖPNV, Taxiverkehr auf Basis von E-Fahrzeugen und Hybriden sowie Ladeinfrastruktur.

- 1 Prof. Dr. João Carlos Gomes mit Stipendiaten des brasilianischen Studienprogramms »Wissenschaft ohne Grenzen« und Forscherinnen und Forschern des Fraunhofer IFAM beim Besuch in Bremen.
- 2 Besuch der Delegation aus Dalian (China) am Fraunhofer IFAM in Bremen.

Neben der Kooperation im Bereich Modellregionen bieten sich große Chancen insbesondere im Bereich Weiterbildung Elektromobilität. Das Fraunhofer IFAM hat 2012 die Basis gelegt, um in Zusammenarbeit mit einem deutschen Automobilhersteller in China entsprechende Weiterbildungsangebote zu entwickeln. Zudem wurden wichtige Kontakte zu Forschungseinrichtungen (Universitäten und Instituten) vor allem in Shanghai aufgebaut.

KONTAKT

Dr. Welchy Leite Cavalcanti

Adhäsions- und Grenzflächenforschung

Telefon +49 421 2246-487

welchy.leite.cavalcanti@ifam.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Horst-Erich Rikeit

Business Development

Telefon +49 421 2246-674

horst-erich.rikeit@ifam.fraunhofer.de

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

Dr.-Ing. Gerald Rausch

Elektrische Systeme

Telefon +49 421 2246-242

gerald.rausch@ifam.fraunhofer.de

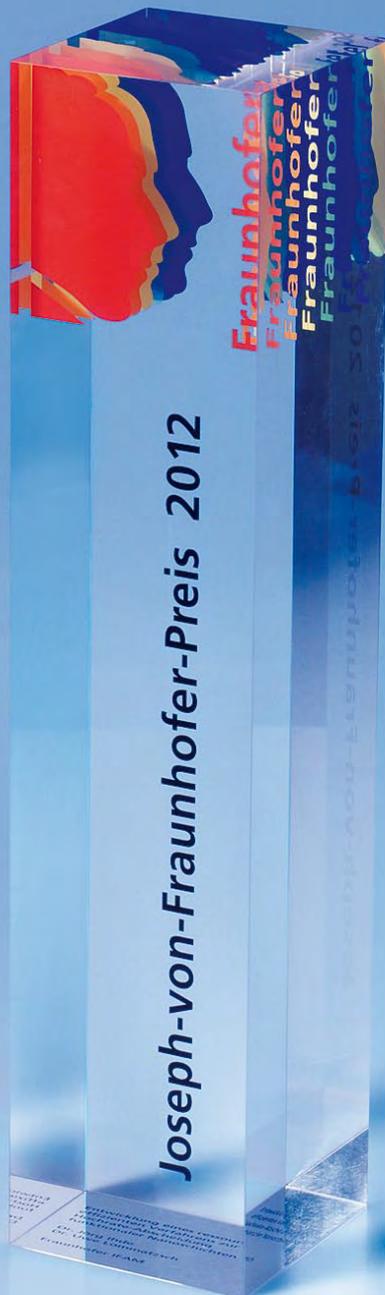
Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen

MENSCHEN UND MOMENTE





1

STELLVERTRETENDER INSTITUTSLEITER ANDREAS HARTWIG ZUM PROFESSOR DER UNIVERSITÄT BREMEN ERNANNT

Die Universität Bremen verlieh Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Andreas Hartwig am 18. Oktober 2012 den Professorentitel. Der stellvertretende Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, der hier zudem die Abteilung Klebstoffe und Polymerchemie leitet, vertritt am Fachbereich 2 – Chemie/Biologie – der Universität Bremen das Lehrgebiet der Makromolekularen Chemie.

Über die bisherige Lehre der Grundlagen der Makromolekularen Chemie hinaus wird Professor Andreas Hartwig nun die Ausbildung durch vertiefende praktische und theoretische Module im Master-Studiengang Chemie der Universität Bremen in enger Kooperation mit dem Fraunhofer IFAM ausbauen. Hierbei steht nicht nur die Polymerchemie in ihrer gesamten Breite im Fokus, sondern insbesondere auch ihre Verknüpfung mit ingenieurwissenschaftlichen Aspekten. Die Schwerpunkte der Forschung von Andreas Hartwig sind vernetzte Polymere und heterogene Polymersysteme, die typischerweise für Klebstoffe, Matrixharze für Faserverbundwerkstoffe und Beschichtungsmittel erforderlich sind.

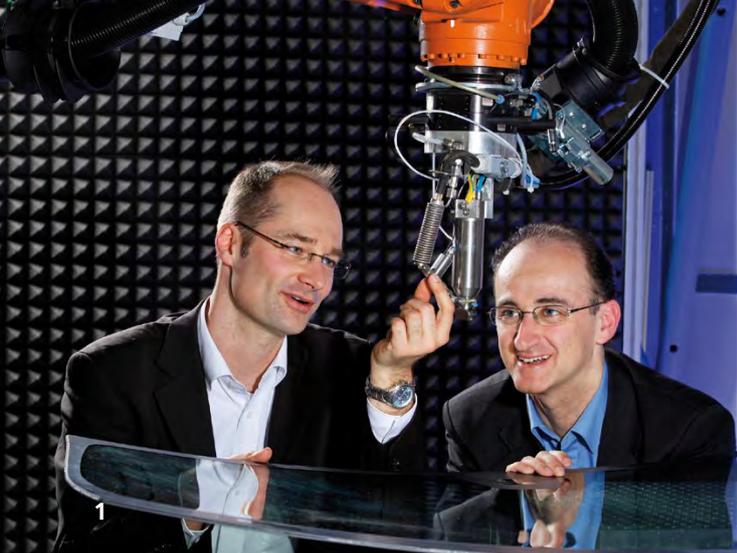
Diese Themengebiete stellen nicht nur sehr hohe Anforderungen an die Synthese und Charakterisierung der Materialien, sondern sind zugleich von enormer wirtschaftlicher Bedeutung in nahezu allen Branchen. Dennoch sind sie kaum Gegenstand von Lehre und Forschung an europäischen Universitäten. Dieser Herausforderung – und insbesondere auch der Gewinnung von wissenschaftlichem Nachwuchs im Bereich der vernetzten Polymere – stellt sich Professor Andreas Hartwig mit seinen Aktivitäten an der Universität Bremen, wobei er sich der Exzellenz der Universität in hohem Maße verpflichtet fühlt.

KONTAKT

Institut

*Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM,
Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen*

1 *Der stellvertretende Institutsleiter des Fraunhofer IFAM
Prof. Dr. Andreas Hartwig hat am Fachbereich Chemie/Biologie
der Universität Bremen das Lehrgebiet der Makromolekularen
Chemie inne.*



FUNKTIONALE SCHICHTEN AUS DER PLASMADÜSE AUSGEZEICHNET: JOSEPH-VON-FRAUNHOFER-PREIS FÜR DR. JÖRG IHDE UND DR. UWE LOMMATZSCH

Auf der unter dem Motto »Leben und Arbeiten in der Morgenstadt« stehenden Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft am 8. Mai 2012 in Stuttgart erhielten Dr. Jörg Ihde und Dr. Uwe Lommatzsch den Joseph-von-Fraunhofer-Preis für ihr neuartiges Plasma-Beschichtungsverfahren, das bei Atmosphärendruck arbeitet – eine besondere Ehre zudem in der Hinsicht, dass der Preis 2012 letztmalig von dem noch amtierenden Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger überreicht wurde.

Sie bieten Schutz vor Rost, Kratzern und Feuchtigkeit oder modifizieren die Haftung: Oberflächen mit einer Nanobeschichtung. Mit dem neuen Plasmaverfahren können sie noch einfacher, schneller und kostengünstiger aufgebracht werden – im industriellen Maßstab.

Das von dem Team um die Wissenschaftler Jörg Ihde und Uwe Lommatzsch aus dem Bereich Plasmatechnik und Oberflächen PLATO des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM gemeinsam mit der Plasmateat GmbH entwickelte innovative Verfahren basiert auf einer Atmosphärendruck-Plasmadüse, in der das ausströmende Plasma kontrolliert relaxiert wird. Zur Schichtabscheidung wird polymerisierbares Material gezielt in das relaxierende Plasma eingeleitet. Durch das besondere Düsendesign werden sehr hohe Abscheideraten und Schichtqualitäten erreicht. Die Oberflächeneigenschaften sind dabei maßgeschneidert einstellbar: unter anderem lassen sich so Korrosionsschutz-, Haftvermittler- oder Antihafbeschichtungen abscheiden.

Das Verfahren zeichnet sich neben der Schonung der Umwelt durch geringe Investitionskosten und eine hohe Produktions-

sowie Ressourceneffizienz aus. Es kann leicht in eine Inline-Fertigung integriert werden, lässt sich automatisieren – somit per Roboter steuern – und kommt mit einem geringen Chemikalienverbrauch aus. Hohe Prozessgeschwindigkeiten senken zudem die Kosten. Die Innovation ist bereits erfolgreich in der industriellen Produktion – z. B. im Automobilbau und in der Energietechnik – im Einsatz und sorgt unter anderem für lokalen Korrosions- und Alterungsschutz.

KONTAKT

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

1 *Dr. Jörg Ihde und Dr. Uwe Lommatzsch (von links nach rechts) entwickelten ein neues ressourceneffizientes Verfahren zur Hochrate-Abscheidung funktionaler Nanoschichten mittels Atmosphärendruck-Plasmatechnik.*



AVK-INNOVATIONSPREIS 2012 FÜR FLEX^{PLAS}®-TRENNFOLIE AN DR.-ING. GREGOR GRASSL UND DR. MATTHIAS OTT

Die Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V. (AVK) verlieh den AVK-Innovationspreis 2012 an Dr. Matthias Ott – Plasmatechnik und Oberflächen PLATO – und Dr.-Ing. Gregor Graßl – Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM – für ihre herausragenden Entwicklungsarbeiten zur trennmittelfreien FVK-Bauteilherstellung mittels innovativer Folientechnologie. Die beiden Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen und Stade, nahmen den ersten Preis in der Kategorie »Innovative Prozesse/Verfahren« auf der Composites Europe, der Europäischen Fachmesse für Verbundwerkstoffe, Technologie und Anwendungen, am 8. Oktober 2012 in Düsseldorf entgegen.

Die neu entwickelte Flex^{PLAS}®-Trennfolie ermöglicht die trennmittelfreie Fertigung von Großstrukturen aus Faserverbundkunststoffen (FVK), wie sie z. B. beim Bau von Flugzeugen oder Windenergieanlagen verwendet werden. Sie führt nicht nur zu einer höheren Produktivität während der Herstellung von FVK-Bauteilen, sondern auch hinsichtlich Lackierung und Transportschutz. All diese Attribute sind für die Industrie von großem Interesse, das sich in der immensen Nachfrage widerspiegelt (siehe S. 107: »Bahnbrechende Entwicklung: Mit Flex^{PLAS}® lassen sich große Faserverbundbauteile ohne Trennmittel herstellen«).

Die Flex^{PLAS}®-Trennfolie ist mit einer fest haftenden, weniger als 0,3 Mikrometer dünnen plasmapolymerten Trennschicht ausgestattet. Dies ermöglicht ein einfaches Entformen und hinterlässt dabei keinerlei Rückstände auf der Bauteiloberfläche. Mithilfe einer speziellen Tiefziehtechnik kann die Folie ohne eine bauliche Änderung sowohl in Female- als auch in Male-Werkzeuge eingebracht werden. Zudem ist sie sehr strapazierfähig und elastisch. Selbst extremen Dehnungen von bis zu 300 Prozent hält sie ohne Funktionsbeeinträchtigung stand – die ideale Voraussetzung dafür, dass sie sich auch auf

gekrümmten oder strukturierten Formen ohne Faltenbildung aufbringen lässt.

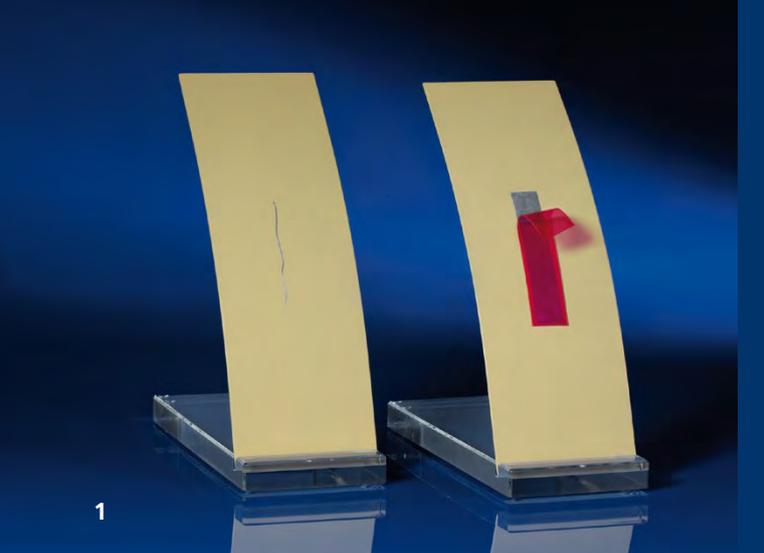
Im Anschluss an die Fertigung können die Bauteile ohne weitere Vorbehandlung lackiert werden, da die Entformung durch die Trennfolie übertragsfrei erfolgt. Zudem ermöglicht die neue Technik ein In-mould-Coating: Das Bauteil wird durch das Einbringen eines Gelcoats auf die Folie integriert lackiert.

KONTAKT

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen und Stade

1 AVK-Vorstandsmitglied Dr. Gerd EBwein überreichte Dr. Matthias Ott und Dr.-Ing. Gregor Graßl zusammen mit AVK-Vorstandsmitglied Dr. Rudolf Kleinholz den AVK-Innovationspreis 2012 (von links; © AVK/Foto Behrendt & Rausch).



1



SURFAIR AWARD FOR INNOVATION AN DR. MALTE BURCHARDT UND DR. MALTE KLEEMEIER FÜR BEIZKLEBEBÄNDER ZUR LOKALEN VORBEHANDLUNG VON ALUMINIUM

Bei der 19th International Conference on Surface Treatment in the Aeronautics and Aerospace Industries – SURFAIR in Biarritz, Frankreich, wurden die Ergebnisse des Forschungsprojekts »Beizklebeband zur lokalen Vorbehandlung von Aluminium« am 1. Juni 2012 mit dem SURFAIR Award for Innovation ausgezeichnet. Linda Duschl, Senior Manager bei Boeing Research & Technology, überreichte Dr. Malte Burchardt den Preis stellvertretend für das Entwicklungsteam des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen.

Für dauerhaft beständige Klebungen und Lackierungen von Aluminium ist die richtige Vorbehandlung unabdingbar. Ein etabliertes Vorbehandlungsverfahren für Aluminium ist das Beizen mit sauren oder alkalischen Bädern in zum Teil mehrstufigen Prozessen. Allerdings stoßen diese Badverfahren an Grenzen, wenn im Fall von Reparaturen, Nacharbeiten oder großen Bauteilen nur eine lokale Vorbehandlung an bestimmten Stellen des Bauteils gefragt ist.

Hierfür haben die Experten des Fraunhofer IFAM eine Lösung entwickelt. Daran beteiligt waren Dr. Malte Burchardt, Dr. Stefan Dieckhoff, Philippe Vulliet und Dr. Ralph Wilken aus dem Bereich Adhäsions- und Grenzflächenforschung sowie Dr. Malte Kleemeier und Katharina Teczyk aus dem Gebiet Klebstoffe und Polymerchemie. Das funktionale Klebeband erlaubt ein gezieltes Beizen von Metalloberflächen vor dem Kleben und Lackieren. Das Beizklebeband wird wie ein normales Klebeband angewendet und einfach auf die zu behandelnde Stelle aufgeklebt. Im Klebeband sind alle für den Beizprozess notwendigen Chemikalien enthalten. Im Gegensatz zu Beizpasten ist nur eine einfache Nachreinigung erforderlich – so

lassen sich beizehaltiger Spülwässer vermeiden. Die Handhabung ist einfach, sicher und umweltfreundlich.

Das Beizklebeband ist bei der Vorbehandlung von Aluminium vor dem Kleben oder Lackieren in praktischen Tests ebenso leistungsfähig wie konventionelle Badverfahren. Die Haftfestigkeiten werden – insbesondere in korrosiver Umgebung – deutlich erhöht. Anwendungsgebiete sind lokale Nacharbeiten im Produktionsprozess, Reparaturen sowie eine teilweise Vorbehandlung großer Bauteile in Fügezonen, wenn eine Badbehandlung unwirtschaftlich ist.

KONTAKT

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

1 *Mit dem SURFAIR Award for Innovation 2012 prämiert: das im Fraunhofer IFAM entwickelte Beizklebeband.*



EFFIZIENTER KORROSIONSSCHUTZ – ANDREAS BRINKMANN MIT DR. KLAUS SEPPELER STIFTUNGSPREIS PRÄMIERT

Andreas Brinkmann wurde für seine Masterarbeit »Untersuchungen zum Korrosionsschutz von Beschichtungen auf Polypyrrol-Basis für unlegierten Stahl als Alternative zu Phosphatschichten« im Rahmen der Jahrestagung der GfKORR – Gesellschaft für Korrosionsschutz e. V. – am 6. November in Frankfurt am Main mit dem Dr. Klaus Seppeler Stiftungspreis 2012 ausgezeichnet. Der Preis für wissenschaftliche Nachwuchsförderung im Bereich Korrosion und Korrosionsschutz wurde vom GfKORR-Vorstandsvorsitzenden Prof. Dr.-Ing. Bernd Isecke und dem Geschäftsführer der Seppeler Gruppe Kai Seppeler überreicht.

In seiner Abschlussarbeit im Masterstudiengang »Corrosion Protection Technology« beschäftigte sich der Diplom-Chemieingenieur (FH) Andreas Brinkmann mit der Herstellung und Charakterisierung von unterschiedlich dotierten Polypyrrolen als intelligentem Korrosionsschutz. Durch den gezielten Einbau von Anionen (Dotierung), die für Stahl eine korrosionsinhibierende Wirkung besitzen, in Polypyrrol entsteht ein bedarfsgerechter Korrosionsschutz: Erst durch die Korrosion des Stahlsubstrats wird die Anionenfreisetzung initiiert, wodurch die Inhibitor dosierung gezielt erfolgt – so wird ein nachhaltiger, ressourceneffizienter und umweltschonender Korrosionsschutz erreicht.

Die Wirkung der Korrosionsschutzschichten auf Basis von Polypyrrol wurde mittels elektrochemischer Methoden untersucht und ihre Schutzwirkungen für unlegierten Stahl im Vergleich zu handelsüblichen, standardmäßig in der Automobilindustrie eingesetzten Phosphatschichten betrachtet. Es ließ sich nachweisen, dass die korrosionsinitiierte Inhibitorfreisetzung wirksam ist. Zudem zeigten die Polypyrrolschichten eine Korrosionsschutzwirkung, die nicht nur die von Phosphatschichten übertrifft, sondern vor allem auch die von einer

Verletzung der Schicht ausgehende Unterwanderung effektiv verhindert.

Die von Andreas Brinkmann gemeinsam mit den Experten der Lacktechnik sowie des Bereichs Elektrochemie und Korrosionsschutz am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, erzielten Ergebnisse bilden die Grundlage für zukunftsreiche Weiterentwicklungen eines ressourceneffizienten umweltschonenden Korrosionsschutzes.

KONTAKT

Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

1 Andreas Brinkmann bekommt den Dr. Klaus Seppeler Stiftungspreis von Kai Seppeler, dem Geschäftsführer der Seppeler Gruppe, überreicht (von links; © Kaczykowski, DECHEMA).



FABIAN PETERS MIT »DRIVE-E-STUDIENPREIS« GEEHRT

Mit 62 Bewerbungen aus 16 Fachhochschulen und 12 Universitäten von Aachen bis Dresden und von Bremen bis Konstanz war das Interesse am DRIVE-E-Studienpreis hoch wie nie. In Aachen haben das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und die Fraunhofer-Gesellschaft am 14. März 2012 zum dritten Mal exzellente studentische Arbeiten zum Thema Elektromobilität ausgezeichnet – so auch die von Fabian Peters. Der Preis ist Teil des DRIVE-E-Programms, das vom BMBF und der Fraunhofer-Gesellschaft 2009 gemeinsam ins Leben gerufen wurde, um den akademischen Nachwuchs zum Engagement im Bereich der Elektromobilität zu motivieren.

Fabian Peters hat im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen studiert. In seiner Masterarbeit »Herstellung und Charakterisierung von hochkapazitiven siliziumbasierten Anoden für Lithiumbatterien der nächsten Generation« untersuchte der jetzige Ingenieurwissenschaftler die Frage, wodurch Energiedichte und Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien begrenzt werden. Die Masterarbeit entstand am Bremer Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM.

Auf die Energiedichte der Batterie haben viele Faktoren großen Einfluss. Deshalb ist das grundsätzliche Verständnis physikalischer und chemischer Vorgänge in einer Batteriezelle die Basis für die Optimierung des Gesamtsystems. Die mit dem 1. Preis ausgezeichnete Arbeit untersucht sehr systematisch und gründlich diejenigen Prozesse, die die Energiedichte und Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien mit Silizium-Anoden beschränken. Ein Verständnis dieser Prozesse hilft, diese Beschränkung zu vermeiden und damit eine deutlich größere Reichweite als mit heute favorisierten Batterietypen zu erreichen.

Betreut wurde Fabian Peters bei seiner Arbeit von Professor Matthias Busse und der Projektgruppe »Elektrische Energiespeicher« am Fraunhofer IFAM.

KONTAKT

Institut

*Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM,
Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen*

1 Fabian Peters am Testsystem zur Erprobung von Materialien für elektrische Energiespeicher (© Christian Schmid).

NAMEN | DATEN | EREIGNISSE



Das Fraunhofer IFAM versteht sich als materialwissenschaftliches und fertigungstechnologisches Forschungsinstitut. Neben der starken Anwendungsorientierung, die in Projekten mit Partnern aus den verschiedensten Industrien ihren Ausdruck findet, ist wissenschaftliche Exzellenz in den Kernkompetenzen eine zentrale Leitlinie des Instituts.

Kooperation mit Hochschulen

Die intensive Zusammenarbeit und Vernetzung mit den Universitäten und Hochschulen an den Standorten des Instituts spielt für das Fraunhofer IFAM eine große Rolle. Das gilt insbesondere für die Universität Bremen und die Technische Universität Dresden, die 2012 beide im Rahmen der Exzellenzinitiative ausgezeichnet wurden.

Im vergangenen Jahr haben sechs Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihre Promotion an der Universität Bremen erfolgreich abgeschlossen. Forscher und Forscherinnen des Fraunhofer IFAM waren zudem im Sommersemester 2012 und im Wintersemester 2012/2013 mit über dreißig Lehrveranstaltungen an der Universität Bremen, der Technischen Universität Dresden, der Hochschule Bremen, der Hochschule Bremerhaven und der International University Dresden aktiv.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Vorträge

Deutlich über 100 Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Publikationen dokumentieren am Fraunhofer IFAM erzielte Forschungsergebnisse und bestätigen die starke Position des Instituts auch in der akademischen Community. Ehrungen und Preise für Angehörige des Instituts unterstreichen das.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM waren auch 2012 wieder intensiv beteiligt an Konferenzen, Messen und Tagungen. Der Schwerpunkt der über 170 aktiven Beiträge (in Form von Vorträgen oder Postern) lag dabei in Deutschland. Die starke internationale Vernetzung des Instituts zeigt sich darüber hinaus darin, dass mehr als jeder vierte Beitrag bei Veranstaltungen im europäischen Ausland, in Asien oder in Nord- und Südamerika gehalten wurde. Neben der aktiven Teilnahme an von anderer Seite organisierten wissenschaftlichen Fachveranstaltungen tritt das Institut auch regelmäßig selbst als Veranstalter auf: So fanden 2012 durchschnittlich mehr als einmal pro Monat vom Fraunhofer IFAM oder mit Beteiligung desselben organisierte Konferenzen, Tagungen und Workshops statt.

Patente

Patente dokumentieren die Innovationsfähigkeit einer Organisation. Mit der Erteilung von zehn Patenten im Jahr 2012 hält das Fraunhofer IFAM das hohe Niveau der Vorjahre aufrecht.

Die detaillierte Aufstellung von

- Konferenzen, Tagungen, Workshops,
- wissenschaftlichen Veröffentlichungen (Promotionen, Vorlesungen, Veröffentlichungen, Vorträgen und Postern),
- Patenten sowie
- Ehrungen und Preisen

findet sich im Internet unter www.ifam.fraunhofer.de/nde

NAMEN | DATEN | EREIGNISSE



KONFERENZEN | TAGUNGEN | WORKSHOPS

Konferenzen, Tagungen und Workshops	132
-------------------------------------	-----

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN

Promotionen	133
Vorlesungen	133
Veröffentlichungen	135
Vorträge und Poster	142

PATENTE

Erteilungen	155
-------------	-----

EHRUNGEN UND PREISE

Ehrungen und Preise	156
---------------------	-----

Konferenzen | Tagungen | Workshops

Workshop

Innovative Fertigungstechnologien für medizinische Instrumente und Implantate

Fraunhofer IFAM, Bremen
1./2.2.2012

Industrietag

Herstellung von Wärmespeicher-Modulen auf Basis von Al-Fasern

International Congress Center, Dresden
8.6.2012

Tagung

Tagung des Arbeitskreises »Mechanisches Fügen der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.«

Fraunhofer IFAM, Bremen
12.6.2012

4. Deutscher Elektro-Mobil Kongress

Fraunhofer Academy Elektromobilität

Bundesverband Solare Mobilität, Essen
14./15.6.2012

Workshop

11. Bremer Klebtage Klebtechnische Fortbildung im Rahmen der DVS®/EWF-Personalqualifizierung

Fraunhofer IFAM, Bremen
19./20.6.2012 sowie
28./29.11.2012

Fachtag

7. Rapid Prototyping-Fachtag »Vom Objekt zum Bauteil«

Fraunhofer IFAM, Bremen
21.6.2012

Vortragsveranstaltung

1. Internationales VDI-Forum Lost Foam

(mit VDI und LFC)
Swissôtel, Bremen
26./27.6.2012

Symposium

Prozess- und Werkstoffinnovationen in der Pulvermetallurgie

International Congress Center, Dresden
5.7.2012

Workshop

1. Dresdner VDI Werkstoffabend

International Congress Center, Dresden
17.9.2012

OTTI-Seminar

Funktionale Implantatoberflächen

Hotel COURTYARD by Marriott, Regensburg
17./18.9.2012

Workshop

Polymerverguss in Elektrik und Elektronik

SKZ Weiterbildungszentrum, Würzburg
7./8.11.2012

Konferenz

CELLMAT 2012

Fraunhofer-Institutszentrum, Dresden
7.–9.11.2012

Workshop

EAB-Refresher Fortbildung für DVS®/EWF-Klebpraktiker

Fraunhofer IFAM, Bremen
14./15.11.2012

Wissenschaftliche
Veröffentlichungen

Promotionen

M. F. Rehan

Immobilization of Active
Compounds on Polymer Sur-
faces after Plasma Activation
Universität Bremen

Gutachter:

Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig
Prof. Dr. Dieter Wöhrle
Datum der Prüfung:
18.7.2012

K. Richter

Peptidbasierte Material-
entwicklung
Universität Bremen

Gutachter:

Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig
Prof. Dr. Franz-Peter Montforts
Datum der Prüfung:
26.7.2012

G. Patzelt

Untersuchung des Vernet-
zungs- und Alterungsverhal-
tens von Klebstoffen mittels
elektrochemischer Impedanz-
spektroskopie
Universität Bremen

Gutachter:

Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig
Prof. Dr. Marcus Bäumer
Datum der Prüfung:
9.11.2012

S. Vasić

Herstellung und in-situ-
Charakterisierung von
Katalysator-Sputterschichten
sowie deren elektrochemi-
sche Leistungsfähigkeit in
Polymer-Elektrolytmembran-
Brennstoffzellen
Universität Bremen

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. M. Busse
Prof. Dr.-Ing. J. Thöming
Datum der Prüfung:
23.11.2012

S. Lösch

Agglomeration von Nickel-
Nanopartikeln in einem
thermisch erzeugten Nickel-
Aerosol unter Gravitation und
Mikrogravitation
Universität Bremen

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. M. Busse
Prof. Dr. C. Lämmerzahl
Datum der Prüfung:
7.12.2012

G. GraBl

Entwicklung und Bewertung
plasmapolymere Trenn-
schichten für die Entformung
von CFK-Bauteilen im Flug-
zeugbau
Universität Bremen

Gutachter:

Prof. Dr. Bernd Mayer
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Hintze
Datum der Prüfung:
14.12.2012

Vorlesungen

M. Busse, B. H. Günther

Funktionswerkstoffe im
Automobilbau
Universität Bremen
SoSe 2012

**S. Dieckhoff, M. Noeske,
U. Lommatzsch,
T. Fladung, M. Burchardt**

Oberflächentechnik
Hochschule Bremerhaven
SoSe 2012

H. Fricke

Simultaneous Engineering
and Rapid Prototyping
Hochschule Bremen
WiSe 2012/2013

I. Grunwald

Proteomics in Practice
Universität Bremen
SoSe 2012

I. Grunwald, R. Dringen

Bioorganic Chemistry
Universität Bremen
WiSe 2012/2013

A. Hartwig

Makromolekulare Chemie –
Grundlagen
Universität Bremen
SoSe 2012

A. Hartwig

Makromolekulare Chemie und supramolekulare Chemie der Polymere für Fortgeschrittene
Universität Bremen
SoSe 2012

A. Hartwig

Mitarbeiterseminar Oberflächen und Polymere
Universität Bremen
SoSe 2012

A. Hartwig

Vertiefungspraktikum Makromolekulare Chemie
Universität Bremen
SoSe 2012

A. Hartwig

Chemisches Kolloquium
Universität Bremen
WiSe 2012/2013

A. Hartwig

Mitarbeiterseminar Oberflächen und Polymere
Universität Bremen
WiSe 2012/2013

A. Hartwig, M. Bäumer, P. Swiderek, T. M. Gesing,

W. Dreher
Festkörper- und Oberflächenanalytik
Universität Bremen
WiSe 2012/2013

A. Hartwig, P. Spittler, J. Beckmann,

F.-P. Montforts
Integriertes Syntesepraktikum
Universität Bremen
WiSe 2012/2013

B. Kieback

Pulvermetallurgie und Sinterwerkstoffe II
Technische Universität Dresden
SoSe 2012

B. Kieback

Festkörperchemie II
Technische Universität Dresden
SoSe 2012

B. Kieback

Technologien zur Werkstoffherstellung und -verarbeitung
Technische Universität Dresden
WiSe 2012/2013

B. Kieback

Festkörperchemie I
Technische Universität Dresden
WiSe 2012/2013

B. Kieback

Pulvermetallurgie und Sinterwerkstoffe I
Technische Universität Dresden
WiSe 2012/2013

B. Kieback, T. Schubert

Verbundwerkstoffe
Technische Universität Dresden
SoSe 2012

S. Lösch

Technische Mechanik
Hochschule Bremen
WiSe 2012/2013

B. Mayer

Blockpraktikum Polymere
Universität Bremen
SoSe 2012

B. Mayer

Kleben und Hybridfügen
Universität Bremen
SoSe 2012

B. Mayer

Werkstofftechnik – Polymere
Universität Bremen
WiSe 2012/2013

J. Meinert

Technische Thermodynamik
Dresden International University
SoSe 2012

U. Meyer

Angewandte Mathematik
Hochschule Bremen
SoSe 2012

U. Meyer

Festigkeitslehre II
Hochschule Bremen
SoSe 2012

U. Meyer

Festigkeitslehre I
Hochschule Bremen
WiSe 2012/2013

U. Meyer

Grundlagen der Mathematik
Hochschule Bremen
WiSe 2012/2013

F. Petzoldt

Produktionsorientierte medizinische Prozessketten
Hochschule Bremerhaven
WiSe 2012/2013

F. Petzoldt, M. Busse

Endformnahe Fertigungstechnologien II
Universität Bremen
SoSe 2012

F. Petzoldt, M. Busse

Endformnahe Fertigungstechnologien I
Universität Bremen
WiSe 2012/2013

P. Plagemann

Elektrochemie
Universität Bremen
SoSe 2012

P. Plagemann

Korrosion
Hochschule Bremerhaven
SoSe 2012

M. Popp, M. Noeske

Strukturelles Kleben
Hochschule Bremerhaven
SoSe 2012

J. Weise, S. Lösch

Werkstoffwissenschaft/
Mechanik
Hochschule Bremen
WiSe 2012/2013

T. Weißgärber, B. Kieback

Werkstoffe der Energie-
technik II
Technische Universität
Dresden
WiSe 2012/2013

Veröffentlichungen

**M. Amkreutz, Y. Wilke,
M. Hoffmann**

Simulierte Vernetzung – Vor-
hersage des Einflusses der
Netzwerkstruktur auf die
mechanischen Eigenschaften von
UV-Lacken
Farbe & Lack, 5, 2012, 28–33

**O. Andersen, S. Kaina,
T. Studnitzky, G. Stephani,
C. Saame, J. Münchhoff,
R. Mayer, B. Kieback**

Multi-material brake disc con-
cept utilising 3D wire struc-
tures for weight savings and
improved venting behaviour
Proceedings EuroBrake 2012,
Dresden, 16.–18.4.2012

**O. Andersen, C. Liebert,
C. Kostmann, G. Stephani**

Manufacturing and joining of
advanced metallic filter media
for demanding environments
Proceedings 11th World Fil-
tration Congress Graz, Graz,
Österreich, 16.–20.4.2012

**O. Andersen, J. Meinert,
T. Studnitzky, G. Stephani,
B. Kieback**

Highly heat conductive open-
porous aluminium fibre based
parts for advanced heat
transfer applications
Materials Science and Engi-
neering Technology, 43, No.
4, 2012, 328–333

J. Baumeister, J. Weise

Metallschaumkugeln –
Neues Verfahren eröffnet
neue Möglichkeiten
Konstruktion, 3, 2012, 10–11

**G. Benedet Dutra,
M. Mulser, R. Calixto,
F. Petzoldt**

Investigation of material com-
binations processed via Two-
Component Metal Injection
Moulding (2C-MIM)
Materials Science Forum,
Vols. 727–728, 2012, 248–
253

**M. Bitar, V. Friederici,
P. Imgrund, C. Brose,
A. Bruinink**

In vitro bioactivity of micro
metal injection moulded
stainless steel with defined
surface features
European Cells and Materials,
23, 2012, 333–347

**E. Brauns, T. Seemann,
V. Zoellmer, W. Lang**

A miniaturized catalytic gas
sensor for hydrogen detec-
tion containing a high porous
catalytic layer formed by dry
lift-off
Procedia Engineering, Vol. 47,
2012, 1149–1152

S. Buchbach, H. Kordy

HAI-Tech-Oberflächen
Schiff & Hafen, 6, 2012

S. Buchbach, H. Kordy

Treibstoffverbrauch in der
Schifffahrt durch strömungs-
günstige Oberflächen senken
Materialkompass – Das Ma-
gazin der Landesinitiative
Nano- und Metallinnovatio-
nen Niedersachsen

**J. v. Byern, R. Wani,
T. Schwaha, I. Grunwald,
N. Cyran**

Old and sticky-adhesive me-
chanisms in the living fossil
nautilus pompilius (mollusca,
cephalopoda)
Zoology, 115, 2012, 1–11

W. L. Cavalcanti,

**A. Brinkmann, M. Noeske,
S. Buchbach, F. Straetmans,
M. Soltau**

Dual-purpose defenders – organic polymers protect metals in both thin layers and coatings
European Coating Journal, 10, 2012, Vincentz Network

W. L. Cavalcanti,

S. Buchbach, M. Soltau

Polymere Korrosionsinhibitoren – Organische Moleküle wirken in überraschend dünnen Schichten
Farbe & Lack, 6, 2012, Vincentz Network

J. Clausen, U. Specht,

M. Busse, B. Mayer

Bei Mischbauweise stößt das Nieten an Grenzen
Maschinen Markt – Composites World, Oktober 2012, 24–25

C. Dölle

Licht als Werkzeug: Einsatz von Vakuum-UV-Excimerstrahlung zur Aktivierung von Polymeren
Galvanotechnik, 10, 2012, 2108–2119

K. Eymann, T. Riedl,

**A. Bram, M. Ruhnow,
A. Kirchner, B. Kieback**

Consolidation of mechanically alloyed nanocrystalline Cu-Nb-ZrO₂ powder by spark plasma sintering
Journal of Alloys and Compounds, 535, 2012, 62–69

J. Fu, L. Röntzsch,

**T. Schmidt, M. Tegel,
T. Weißgärber, B. Kieback**

Comparative study on the dehydrogenation properties of TiCl₄-doped LiAlH₄ using different doping techniques
International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 37, Issue 18, 2012, 13387–13392

J. Fu, L. Röntzsch,

**T. Schmidt, T. Weißgärber,
B. Kieback**

Improved dehydrogenation properties of lithium alanate (LiAlH₄) doped by low energy grinding
Journal of Alloys and Compounds, 525, 2012, 73–77

A. Gaede-Koehler,

**A. Kreider, P. Canfield,
M. Kleemeier, I. Grunwald**

Direct measurement of the thermal hysteresis of anti-freeze proteins (AFPs) using sonocrystallization
Anal. Chem., 20.11.2012 [Epub ahead of print], PMID: 23121544, 10229–10235

M. Gerber, R. Poss,

**A. Tillmann, G. Walther,
B. Kieback, K. Wolf,
F. Hänel**

Fabrication and properties of stainless steel foams for sandwich panels
Journal of sandwich structures & materials 14, No. 2, 2012, 181–196

H. Göhler, U. Jehring,

**K. Kümmel, J. Meinert,
P. Quadbeck, G. Stephani,
B. Kieback**

Metallic hollow sphere structures – Status and outlook
Proceedings CELLMAT 2012, Dresden, 7.–9.11.2012

J. Haack

Chitosan – Ein vielseitiger Biowerkstoff
Materialkompass, Ausgabe 1, 2012, 9

J. Haack, P. Imgrund

Quality control of micro metal injection moulding via neural networks
Commercial micro manufacturing Europe, Vol. 5, No. 1, 2012, 37–41

B. Hahn, T. Vallée,

B. Stamm, Y. Weinand

Experimental investigations and probabilistic strength prediction of linear welded double lap joints composed of timber
International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 39, 2012, 42–48

A. Hartwig

Quo vadis, Klebtechnik? Kleben und gut?
Gastkommentar, Zuliefermarkt, Februar 2012, 24

C. Heintze, M. Hernández-

Mayoral, A. Ulbricht,

F. Bergner, A. Sharig,

T. Weißgärber,

H. Frielinghaus

Nanoscale characterization of ODS Fe-9%Cr model alloys compacted by spark plasma sintering
Journal of nuclear materials, 428, No. 1–3, 2012, 139–146

M. Heuser, M. Haesche
Alterungsvorgänge bei Zinkdruckgusslegierungen
Giesserei, 12/2012, 52–58

J. Hohe, V. Hardenacke, V. Fascio, Y. Girard, J. Baumeister, K. Stöbener, J. Weise, D. Lehmus, S. Pattofatto, H. Zeng, H. Zhao, V. Calbucci, F. Fiori, F. Rustichelli
On the potential of graded cellular sandwich cores for multi-functional aerospace applications
Journal of materials and design, 39, 2012, 20–32

T. Hutsch, J. Gradl, T. Schubert, T. Weißgärber, B. Kieback
Comparison of dispersion strengthened aluminium materials
Proceedings WorldPM 2012, Yokohama, Japan, 14.–18.10.2012

T. Hutsch, R. Hauser, B. Kieback
Oxidationsschutzschichten für Heißgasverrohrungen und deren Charakterisierung mittels High Speed Ofen
OnSet, 10, 2012, 6–9

T. Hutsch, T. Schubert, T. Weißgärber, B. Kieback
Graphite metal composites with tailored physical properties
Emerging Materials Research, Vol. 1, Issue 2, 2012, 107–114

A. Ibragimov, H. Pleteit, C. Pille, W. Lang
A thermoelectric energy harvester directly embedded into casted aluminum
IEEE Electron Device Letters, Bd. 33, Nr. 2, 2012, 233–235

P. Imgrund, S. Hein
Innovative Kompositwerkstoffe für biodegradierbare Knochenimplantate
INNO 53, 2012, 1–2

S. Kaina, D. Weck, A. Gruhl, R. Böhm, M. Thieme, C. Kowtsch, G. Hoffman, G. Stephani, W. Hufenbach, Ch. Cherif, B. Kieback
Cellular metal for lightweight design based on textile wire structures
Proceedings CELLMAT 2012, Dresden, 7.–9.11.2012

S. Kaina, D. Weck, A. Gruhl, R. Böhm, M. Thieme, C. Kowtsch, G. Hoffmann, G. Stephani, W. Hufenbach, Ch. Cherif, B. Kieback
Textile based metal sandwiches and metal-matrix-composites reinforced with 3D wire structures
Part II: Joining technology and interface modification for MMC
Proceedings ECCM15, Venedig, Italien, 24.–28.6.2012

B. Kieback, M. Nöthe, R. Grupp, J. Banhart, T. Rasp, T. Kraft
Analysis of particle rolling and intrinsic rotations in copper powder during sintering
Journal of Materials Science, 47, 2012, 7047–7055

A. Kirchner, B. Kieback
Solubility of carbon in nanocrystalline α -Iron
Journal of Nanomaterials, Vol. 2012, Article-ID 953828

A. Kirchner, T. Riedl, K. Eymann, M. Noethe, B. Kieback
Near-equilibrium solubility of nanocrystalline alloys
Materials Research Society Symposium Proceedings (2012) imrc11-1371-s1-p131

M. Klingner, J. Meinert, U. Potthoff, J. Standfuß, C. van Treeck, A. Zwick
Innenraumklimatisierung
In: U. Buller, H. Hanselka (Hrsg.), Elektromobilität, Fraunhofer Verlag, 2012, 142–147

B. Klöden, U. Jehring, T. Weißgärber, B. Kieback, I. Langer, R. W.-E. Stein
Fabrication of a Ni- and Fe-based superalloy by MIM and their properties
Proceedings World PM 2012, Yokohama, Japan, 14.–18.10.2012

B. Klöden, M. Lincke, E. Friedrich, R. Poss, A. Tillmann, S. Gläser
Ein neuartiges System für die Entschwefelung von Biogas
Schriftenreihe des BMU Förderprogramms »Energetische Biomassenutzung«, Band 9, 296

J. Kolbe
Steigerung der Lebensdauer elektronischer Komponenten und Sensoren durch eine neuartige Kombination von Kleb- und Dichttechnik
Jahrbuch Mikroverbindungstechnik, 2012/2013, 186–202

J. Kolbe

Wirksame Barriere gegen-
über Feuchtigkeit
Adhäsion Kleben & Dichten,
11, 2012, 16–20

**E. D. Kouloukakis,
S. S. Makridis, L. Röntzsch,
E. Pavlidou, A. Ioannidou,
E. S. Kikkinides,
A. K. Stubos**

Structural, microchemistry,
and hydrogenation pro-
perties of $\text{TiMn}_{0.4}\text{Fe}_{0.2}\text{V}_{0.4}$,
 $\text{TiMn}_{0.1}\text{Fe}_{0.2}\text{V}_{0.7}$ and
 $\text{Ti}_{0.4}\text{Zr}_{0.6}\text{Mn}_{0.4}\text{Fe}_{0.2}\text{V}_{0.4}$ metal
hydrides
Journal of Nanoscience and
Nanotechnology, 12, 2012,
No. 6, 4688–4696

**T. Kowalik, M. Amkreutz,
C. Harves, A. Hartwig,
S. J. Abhoff**

Conductive adhesives with
self-organized silver particles
Materials Science and Engi-
neering, 40, 2012, 012033

**A. Lesch, D. Momotenko,
F. Cortés-Salazar, I. Wirth,
U. M. Tefashe, F. Meiners,
B. Vaske, H. H. Girault,
G. Wittstock**

Fabrication of soft gold mic-
roelectrode arrays as probes
for scanning electrochemical
microscopy
Journal of Electroanalytical
Chemistry 666, 2012, 52–61

**T. Lukasczyk, J. Ihde,
J. Degenhardt, R. Wilken,
T. Fladung, M. Burchardt**

Active corrosion protection
of aluminium alloys via thin
plasma polymeric coatings
Conference proceedings of
the Aluminium 2012 Confe-
rence (Session »Surfaces«),
Paper 4, 1–15

**H. Lützen, P. Bitomsky,
K. Rezwan, A. Hartwig**
Partially crystalline polyols
lead to morphology changes
and improved mechanical
properties of cationically
polymerized epoxy resins
European Polymer Journal,
DOI: 10.1016/j.europo-
lymj.2012.10.015

**H. Lützen, T. M. Gesing,
B. K. Kim, A. Hartwig**

Novel cationically poly-
merized epoxy/poly-(ϵ -
caprolactone) blends with
shape memory effect
Polymer, 53, 2012, 6089–
6095

**H. Lützen,
M. Wirts-Rütters,
A. Hartwig**

Structural studies of aromatic
surfactants of dispergation of
multiwall carbon
Soft Material, 10, 2012,
462–471

**M. März, D. Eilers,
A. Gillner,
H.-J. Schliwinski,
M. Schneider-Ramelow,
T. Schubert, U. Partsch,
U. Paschen, R. Wilken**

Leistungselektronik und
elektrische Antriebstechnik
In: U. Buller, H. Hanselka
(Hrsg.), Elektromobilität,
Fraunhofer Verlag, 2012,
34–41

S. Marzi
Measuring the critical energy
release rate in mode II of
tough, structural adhesive
joints using the tapered end-
notched flexure (TENF) test
Eur. Phys. J. Special Topics
206, 2012, 35–40

**J. Meinert, S. Synowzik,
W. Menzel, P. Quadbeck,
G. Stephani, B. Kieback**

Systematic thermal and flow
characterisation of open
cellular structures
Proceedings CELLMAT 2012,
Dresden, 7.–9.11.2012

**W. G. Menezes, V. Zielaski,
G. I. Dzhardimalieva,
S. I. Pomogailo, K. Thiel,
D. Wöhrle, A. Hartwig,
M. Bäumer**

Synthesis of stable AuAg bi-
metallic nanoparticles encap-
sulated by diblock copolymer
micelles
Nanoscale, 4, 2012, 1658–
1664

**C. Merten, C. Regula,
A. Hartwig, J. Ihde,
R. Wilken**

Track by track: The structure
of single tracks of atmosphe-
ric pressure plasma polyme-
rized hexamethyl disiloxane
(HMDSO) analyzed by infra-
red microscopy
Plasma Process. Polym.,
2012, DOI: 10.1022/
ppap.201200015

**M. Monno, M. Goletti,
V. Mussi, J. Baumeister,
J. Weise**

Dynamic behavior of hybrid
APM and aluminum foam
filled structures
Metals, 2, 2, 2012, 211–218

I. Morgenthal,

**O. Andersen, B. Kieback,
G. Stephani, T. Studnitzky,
F. Witte**

Highly porous magnesium al-
loy fibre structures and their
properties regarding degrad-
able implant application
Proceedings CELLMAT 2012,
Dresden, 7.–9.11.2012

**M. Mulser, T. Hartwig,
F. Petzoldt**

Co-Sintering of Titanium/
Stainless Steel Bi-Material
Parts produced by 2C-MIM
Proceedings of the Euro
PM2012 Congress & Exhibi-
tion, Vol. 3, 2012, 37–42

**M. Mulser, T. Hartwig,
F. Petzoldt**

Tungsten-Copper/Stainless
Steel Bi-Material Parts by
2C-MIM
Proceedings World PM
2012, Yokohama, Japan,
14.–18.10.2012

**C. Nagel, A. Sondag,
M. Brede**

Designing adhesively bonded
joints for wind turbines
In: Adhesives in Marine En-
vironment, J. Weitzenböck,
Ed., Woodhead, Cambridge,
2012, 46–71

**R. Neugebauer, M. Israel,
B. Mayer, H. Fricke**

Numerical and experimental
studies on the clinch-bonding
and riv-bonding process
Key Engineering Materials,
Vols. 504–506, 2012, 771–
776, Trans Tech Publications

**M. Ott, C. Dölle,
V. Danilov, A. Hartwig,
J. Meichsner, D. Salz,
C. Schmäser, O. Schrosch,
M. Sebald, H.-E. Wagner,
K. Vissing**

Photocatalytic thin films pre-
pared by plasma curing of
non-reactive siloxane disper-
sions containing TiO₂ particles
Contrib. Plasma Phys., 52,
No. 7, 2012, 591–598

**E. Pál, V. Hornok,
R. Kun, V. Chernyshev,
T. Seemann, I. Dékány,
M. Busse**

Growth of raspberry-, prism,
and flower-like ZnO parti-
cles using template free low
temperature hydrothermal
method and their application
as humidity sensors
Journal of Nanoparticle
Research, 2012, 14:1002

**E. Pál, V. Hornok, R. Kun,
A. Oszkó, T. Seemann,
I. Dékány, M. Busse**

Hydrothermal synthesis and
humidity sensing property
of ZnO nanostructures and
ZnO-In(OH)₃ nanocomposites
Journal of Colloid and
Interface Science, 378, 2012,
100–109

**L. Peroni, M. Scapin,
M. Avalle, J. Weise,
D. Lehmus**

Dynamic mechanical behavior
of syntactic iron foams with
glass microspheres
Materials Science and
Engineering, A 552, 2012,
364–375

**L. Peroni, M. Scapin,
M. Avalle, J. Weise,
D. Lehmus, J. Baumeister,
M. Busse**

Syntactic iron foams – on
deformation mechanisms and
strain-rate dependence of
compressive properties
Adv. Eng. Materials, 14, 10,
2012, 909–918

F. Petzoldt

Advances in PIM Biomaterials:
Materials, design, processing
and biofunctionality
PIM International, Vol. 6 No.
2, 2012, 31–36

F. Petzoldt

Current status and future
perspectives of the MIM
technology
Proceedings World PM
2012, Yokohama, Japan,
14.–18.10.2012

**R. C. Picu, J. J. Gracio,
G. T. Vincze, N. Mathew,
T. Schubert, A. B. Lopez,
C. Buchheim**

Al-SiC nanocomposites pro-
duced by ball milling and
spark plasma sintering
Proceedings MRS Fall Mee-
ting, Boston, Massachusetts,
USA, 25.–30.11.2012

**C. Pille, S. N. Biehl,
M. Busse**

Encapsulating piezoresistive thin film sensors based on amorphous diamond-like carbon in aluminium castings
Proceedings of the 1st Joint International Symposium on System-Integrated Intelligence 2012, Hannover, 2012, 192–194

**C. Pohlmann, L. Röntzsch,
J. Hu, B. Kieback,
M. Fichtner**

Tailored heat transfer characteristics of pelletized LiNH₂-MgH₂ and NaAlH₄ hydrogen storage materials
Journal of Power Sources, 205, 2012, 173–179

**P. Quadbeck, H. Göhler,
B. Wegener, V. Jansson,
G. Stephani, B. Kieback**

Corrosion and cytotoxicity study on biodegradable iron alloys
Proceedings Biometals 2012, Brüssel, Belgien, 15.–19.7.2012

**T. Riedl, T. Gemming,
C. Mickel, K. Eymann,
A. Kirchner, B. Kieback**

Preparation of high-quality ultrathin transmission electron microscopy specimens of a nanocrystalline metallic powder
Microscopy Research and Technique, 75, 2012, 711–719

**A. Schmidt, T. Schubert,
L. Röntzsch,
T. Weißgärber, B. Kieback**

Rapidly solidified Fe-base alloys as electrode materials for water electrolysis
International Journal of Materials Research, 103, 2012, 1155–1158

**T. Schmidt, L. Röntzsch,
T. Weißgärber, B. Kieback**

Influence of transition metal dopants and temperature on the dehydrogenation and rehydrogenation kinetics of NaAlH₄
International Journal of Hydrogen Energy, 37, 2012, 4194–4200

**T. Schubert, P. Kumar,
B. Kieback**

Improving mechanical properties of magnesium pressure die castings
Proceedings 9th International Conference on Magnesium Alloys and their applications, 2012, 1223–1228

**T. Schubert, B. Lorenz,
J. Steger, T. Weißgärber,
R. Neugebauer, B. Kieback**

Microstructure and mechanical properties of melt-spun aluminium alloys consolidated by spark plasma sintering and forging
Proceedings WorldPM 2012, Yokohama, Japan, 14.–18.10.2012

**T. Schubert, S. Müller,
T. Weißgärber, T. Müller,
B. Kieback**

Sintering and age-hardening of a hypereutectic aluminium-silicon P/M alloy
Proceedings WorldPM 2012, Yokohama, Japan, 14.–18.10.2012

**U. Specht,
S. Zimmermann,
M. Himmerlich, J. Ihde,
B. Mayer**

Erhöhte Langzeitstabilität von Titanklebung durch badfreie Oberflächenvorbehandlung
Tagungsband zum 2. Workshop Oberflächentechnik Ilmenau, Bd. 2, 2012, 74–79

**G. Standke, P. Quadbeck,
K. Kuemmel, H. Balzer,
A. Wierhake**

Transfer of manufacturing process for stainless-steel foam to industrial scale
Proceedings CELLMAT 2012, Dresden, 7.–9.11.2012

**P. Swiderek, E. Jolondz,
J. H. Bredehöft,
T. Borrmann, C. Dölle,
M. Ott, C. Schmüser,
A. Hartwig, V. Danilov,
H.-E. Wagner, J. Meichsner**

Modification of polydimethylsiloxane coatings by H₂ RF plasma, Xe₂⁺ excimer VUV radiation, and low-energy electron beams
Macromol. Mat. Engineer, 2012, DOI: 10.1002/mame.201100353

M. E. Toimil-Molares, L. Röntzsch, W. Sigle, K.-H. Heinig, C. Trautmann, R. Neumann

Pipetting nanowires: In situ visualization of solid-state nanowire-to-nanoparticle transformation driven by surface diffusion-mediated capillarity

Advanced Functional Materials, 22, 2012, 695–701

T. Vallée, C. Grunwald, S. Fecht

Tragende Verbindungen im konstruktiven Holzbau – Erfahrungen und Perspektiven Adhäsion Kleben & Dichten, 12, 2012, 16–21

T. Vallée, T. Tannert, C. Grunwald

Seemingly contradictory: Influence of stress-reduction methods on the strength of bonded joints composed of brittle adherends Conference proceedings of 10th International Probabilistic Workshop, Stuttgart, 15./16.11.2012

T. Vallée, T. Tannert, R. Meena, S. Hehl

Dimensioning method for bolted, adhesively bonded, and hybrid joints involving fibre reinforced polymers Composites Part B: Engineering 2012, in press

S. Vasić, B. H. Günther

Gasfluss-Sputtern von Katalysatorschichten für Polymer-Elektrolytmembran-Brennstoffzellen Chemie Ingenieur Technik, Vol. 84, Issue 12, 2012, 2204–2209

S. Vasić, É. Leduc, R. Spellmeyer

Test- und Simulationsfeld für den elektrischen Antriebsstrang ATZelextronik, Ausgabe 04/2012, 270–273

Á. Veres, T. Rica, L. Janovák, M. Dömök, N. Buzás, V. Zöllmer, T. Seemann, A. Richardt, I. Dékány

Silver and gold modified plasmonic TiO₂ hybrid films for photocatalytic decomposition of ethanol under visible light Catalysis Today, 181, 2012, 156–162

C. Veyhl, T. Fiedler, O. Andersen, J. Meinert, T. Bernthaler, I. V. Belova, G. E. Murch

On the thermal conductivity of sintered metallic fibre structures International Journal of Heat and Mass Transfer 55, 2012, No. 9–10, 2440–2448

G. Walther, B. Klöden, R. Hauser

Optimierte Metallschäume für elektrische Leistungs- und Energiespeicher ATZelextronik, 03, 2012, 164–169

G. Walther, R. Poss, B. Klöden, T. Büttner, B. Kieback, J. S. Bae, M. Jang, M. H. Park
Alloy metal foam process and applications for filtration and catalyst supports Proceedings World PM 2012, Yokohama, Japan, 14.–18.10.2012

J. Weise, J. Baumeister
Mikroporöse syntaktische Metallschäume – Hochfeste Metallschäume endabmessungsnah hergestellt Konstruktion, 1/2, 2012, 6–7

J. Weise, N. Salk, U. Jehring, J. Baumeister, D. Lehmus, M. A. Bayoumi

Influence of powder size on production parameters and properties of syntactic Invar foams produced by means of metal powder injection moulding Adv. Eng. Materials, DOI: 10.1002/adem.201200129

T. Weißgärber, T. Hutsch, B. Kieback

Metall-Carbon-Verbunde für funktionale Anwendungen MaschinenMarkt, 4, 2012, 46–48

C. Werner, D. Godlinski, V. Zöllmer, M. Busse

Sintering of printed nanoparticulate CuNiMn structures Proceedings of the 4th Large-area, Organic and Printed Electronics Convention LOPEC 2012, München, 19.-21.6.2012

A. Wiltner, B. Klöden, T. Weißgärber, T. Hutsch, B. Kieback

Reaction temperatures within Mo-Si powder mixtures and their influencing factors International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2012, in Druck

**G. M. Wu, B. Schartel,
H. Bahr, M. Kleemeier,
D. Yu, A. Hartwig**

Experimental and quantitative assessment of flame retardancy by the shielding effect in layered silicate epoxy nanocomposites
Combustion and Flame, 159, 2012, 3616–3623

**G. M. Wu, B. Schartel,
M. Kleemeier, A. Hartwig**

Flammability of layered silica epoxy nanocomposites combined with low-melting inorganic ceepree glass
Polym. Eng. Sci, 52, 2012, 507–517

**P. Yu, G. Stephani,
S. D. Luo, H. Göhler,
M. Qian**

Microwave-assisted fabrication of titanium hollow spheres with tailored shell structures for various potential applications
Materials Letters, Volume 86, 1 November 2012, 84–87

**H. Zhang, M. Popp,
A. Hartwig, L. Mädler**

Synthesis of polymer/inorganic nanocomposites films using highly porous inorganic scaffolds
Nanoscale, 4, 2012, 2326–2332

**V. Zheden, J. v. Byern,
A. Kerbl, N. Leisch,
Y. Staedler, I. Grunwald,
A. M. Power, W. Klepal**

Morphology of cement apparatus and the cement of the buoy barnacle dosima fascicularis (crustacea, cirripedia, thoracica, lepadidae)
The Biology Bulletin, 223, 2012, 192–204

**S. Zimmermann, U. Specht,
L. Spieß, H. Romanus,
S. Krischok,**

M. Himmerlich, J. Ihde
Improved adhesion at titanium surfaces via laser-induced surface oxidation and roughening
Material Science and Engineering, A/558, 12, 2012 755–760

Vorträge und Poster

**M. Amkreutz,
M. Hoffmann, Y. Wilke,
A. Zilke, E. Beck**

A novel approach to link the mechanical properties of UV-cured coatings to the molecular network
18th Fusion UV Technical Seminar 2012
Tokio, Japan
21.2.2012

**M. Amkreutz,
M. Hoffmann, Y. Wilke,
A. Zilke, E. Beck**

A novel approach to link the mechanical properties of UV-cured coatings to the molecular network
18th Fusion UV Technical Seminar 2012
Osaka, Japan
23.2.2012

M. Amkreutz, J. Kolbe

Improving the barrier properties of UV-curing epoxy adhesives using silsesquioxanes
EURADH 2012 – 9th European Adhesion Conference
Friedrichshafen
20.9.2012

**O. Andersen, S. Kaina,
J. Meinert, T. Studnitzky,
G. Stephani, C. Saame,
J. Münchhoff, R. Mayer,
B. Kieback**

Neues Konzept für eine Leichtbaubremse: Werkstoffverbund aus 3D-Drahtstrukturen und Grauguss
1. Dresdner VDI Werkstoffabend
Dresden
17.9.2012

**O. Andersen, S. Kaina,
T. Studnitzky, G. Stephani,
C. Saame, J. Münchhoff,
R. Mayer, B. Kieback**

Multi-material brake disc concept utilising 3D wire structures for weight savings and improved venting behaviour
EuroBrake 2012
Dresden
16.–18.4.2012

**O. Andersen, C. Liebert,
C. Kostmann, G. Stephani**

Manufacturing and joining of advanced metallic filter media for demanding environments
11th World Filtration Congress
Graz
Graz, Österreich
16.–20.4.2012

**O. Andersen, J. Meinert,
T. Studnitzky, G. Stephani,
B. Kieback**

Application of open-porous aluminium fibre structures in fast heat storage devices utilising phase-change materials
CELLMAT 2012

Dresden
7.–9.11.2012

**A. Antoniou, P. Wang,
F. Sayer, C. Nagel,
J. Eichholtz,
A. van Wingerde**

Sub-component testing of adhesive bond lines for wind turbine blade
DEWEK

Bremen
7./8.11.2012

**C. Aumund-Kopp,
M. Busse, J. Isaza,
F. Petzoldt**

Medical instruments produced by selective laser melting – chances and possibilities
DDMC 2012

Berlin
14./15.3.2012

J. Baumeister

Innovationen rund um Aluminium: Metallschäume
3. Dow Jones Aluminium-Forum 2012

Frankfurt am Main
29.2.2012

J. Baumeister, J. Weise

Open porous Mg-foams as a biodegradable implant material
Material

Cellmat
Dresden
7.–9.11.2012

**K. Bobe, I. Morgenthal,
O. Andersen, J. Nellesen,
D. Höche, F. Witte**

Open porous magnesium-implants provide sufficient cytotoxicity and biocompatibility
4th Symposium on Biodegradable Metals

Maratea, Italien
27.8.–1.9.2012

**S. Buchbach,
W. L. Cavalcanti,
M. Noeske**

Development of new polymeric corrosion inhibitor for steel and aluminium
Advances in Coatings Technology

Sosnowiec, Polen
10.10.2012

S. Buchbach, A. Momber

Systematische Untersuchungen zum Korrosionsverhalten bearbeiteter Kanten in Ballastwassertanks und Offshorebereichen
77. GDCh Lacktagung – Ressourcenschonung durch Beschichtungen

Bremerhaven
26.–28.9.2012

**S. Buchbach,
P. Plagemann, A. Momber**

Systematische Untersuchungen zum Korrosionsverhalten bearbeiteter Kanten in Ballastwassertanks
Korrosionsschutz in der maritimen Technik

11. GL-Tagung
Hamburg
26.1.2012

**J. Clausen, U. Specht,
M. Busse, A. Lang**

Integration of glassfibre-structures in aluminium cast parts for CFRP-aluminium transition structures
MSE 2012

Darmstadt
25.–27.9.2012

**C. Dölle, L. Schilinsky,
R. Wilken**

Einsatz von Vakuum-UV-Excimerstrahlung zur Aktivierung von Polymeren
Thementage Grenz- und Oberflächentechnik

Leipzig
4.–6.9.2012

**P. Franke, B. Kieback,
M. Herrmann, G. Stephani,
O. Andersen**

Partially stabilized zirconia with different metal reinforcements for higher fracture toughness
Material Science Engineering 2012

Darmstadt
25.–27.9.2012

H. Fricke

Simulation in der klebtechnischen Fertigung
30. Sitzung der Fraunhofer-Allianz Numerische Simulation

Bremen
25.1.2012

H. Fricke, M. Peschka

Computer simulations of highly viscous fluids for adhesive processing as example
Achema 2012

Frankfurt
21.6.2012

**J. Fu, L. Röntzsch,
T. Schmidt, M. Tegel,
T. Weißgärber, B. Kieback**

Dehydrogenation properties of transition metal-doped LiAlH_4
International Symposium on Metal-Hydrogen Systems (MH2012)
Kyoto, Japan
21.–26.10.2012

D. Godlinski

Direct-Write-Technologien für die Additive Fertigung
DKG/DGM Arbeitskreis
»Generative Fertigung keramischer Komponenten«
Erlangen
8.3.2012

D. Godlinski,

**E. Taubenrauch,
C. Werner, I. Wirth,
V. Zöllmer, M. Busse**

Functional integration on three-dimensional parts by means of direct write technologies
Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC 2012
Berlin
14./15.3.2012

**H. Göhler, U Jehring,
K. Kümmel, J. Meinert,
P. Quadbeck, G. Stephani,
B. Kieback**

Metallic hollow sphere structures – Status and outlook
CELLMAT 2012
Dresden
7.–9.11.2012

B. H. Günther

Speichertechnologien für E-Fahrzeuge als Teilaspekt eines intelligenten Stromnetzes
»Zukunftsfragen Energie«
Veranstaltung des Kompetenzzentrums Energie der Science-to-Business GmbH, Hochschule Osnabrück
Osnabrück
11.9.2012

B. H. Günther

Electrochemical energy storage with air – material concepts for rechargeable Lithium/oxygen-batteries
Energiewandlung und -speicherung
Vortragsveranstaltung der Hochschule BHV
Bremerhaven
19.10.2012

**R. Hauser, S. Prasse,
G. Stephani, B. Kieback**

Highly porous functional ceramic coatings for cellular materials
10th International Symposium on Ceramic Materials for Energy and Environmental Applications CMCEE
Dresden
20.–23.5.2012

**R. Hauser, S. Prasse,
G. Stephani, B. Kieback**

High temperature oxidation resistant ceramic coatings for cellular metal structures
CELLMAT 2012
Dresden
7.–9.11.2012

K. Herbrig, L. Röntzsch,

**C. Pohlmann,
S. Mauermann,
S. Kalinichenka,
T. Weißgärber, B. Kieback**
Simulation and model validation of hydride storage tanks based on hydride-graphite-composites
World Hydrogen Energy Conference 2012
Toronto, Canada
3.–7.6.2012

**K. Herbrig, L. Röntzsch,
C. Pohlmann,
S. Mauermann,
S. Kalinichenka,
T. Weißgärber, B. Kieback**

High-dynamic hydride tanks containing hydride-graphite-composites: modeling and validation
International Symposium on Metal-Hydrogen Systems (MH 2012)
Kyoto, Japan
21.–26.10.2012

**H. Hildebrandt,
S. Stepanov, S. Markus,
J. Ihde, S. Dieckhoff**

The use of optical emission spectroscopy of quality assurance in adhesive bonding technology
9th European Adhesion Conference – Euradh 2012
Friedrichshafen
16.–20.9.2012

**H. Hildebrandt,
S. Stepanov, S. Markus,
J. Ihde, U. Lommatzsch,
S. Dieckhoff**

The use of optical emission spectroscopy for inline monitoring of the atmospheric pressure plasma pre-treatment process in adhesive bonding technology
5th International Workshop on Plasma Spectroscopy – IPS 2012
Giens, Frankreich
13.–16.5.2012

**B. Hövel, G. Graßl, M. Ott,
G. Merz**

Wind rotor blade manufacturing – Step change by new resins and release foil
CFK-Valley Stade Convention 2012
Stade
12./13.6.2012

**T. Hutsch, J. Gradl,
T. Schubert,
T. Weißgärber, B. Kieback**

Comparison of dispersion strengthened aluminium materials
WorldPM 2012
Yokohama, Japan
14.–18.10.2012

**T. Hutsch, T. Weißgärber,
B. Kieback, A. Klemenz,
L. Mayrhofer, M. Moseler**

Flüssigdispersion als Schlüsseltechnologie zur Herstellung von Metall-CNT-Verbundwerkstoffen
Inno.CNT Jahreskongress 2012
Bayreuth
30.1.–1.2.2012

J. Ihde

Plasmareinigung und -aktivierung
Grundlagen-Seminar der Fraunhofer-Allianz Reinigung Dresden
14.6.2012

J. Ihde

Surface modification and functional coatings for polymers
SABIC – Technology Day Sittard, Niederlande
22.6.2012

**J. Ihde, A. Keil,
A. Baalman, D. Kolacyak,
U. Lommatzsch,**

T. Lukaczyk, R. Wilken
Funktionalisierung von Partikeln mittels Atmosphärendruck-Plasma
Arbeitskreis Atmosphärendruck-Plasmatechnik
Erfurt
15.3.2012

**J. Ihde, U. Lommatzsch,
A. Baalman, C. Regula,
T. Lukaczyk, R. Wilken**

Korrosionsschutz von metallischen Oberflächen durch plasmapolymere Beschichtung
OTTI-Fachforum »Metallkorrosion – eine vermeidbare Materialzerstörung«
Regensburg
25.4.2012

**J. Ihde, U. Lommatzsch,
C. Regula, T. Lukaczyk,
R. Wilken**

Reinigen und Beschichten mittels Plasmen für Klebungen
OTTI-Fachforum »Kleben in der Elektronik«
Regensburg
25.1.2012

**J. Ihde, U. Lommatzsch,
C. Regula, R. Wilken**

Reinigen, Aktivieren und Beschichten mit Plasmen
OTTI-Kolleg »Mikrokleben«
Regensburg
19.9.2012

**J. Ihde, U. Lommatzsch,
C. Regula, R. Wilken**

Reinigen, Aktivieren und Beschichten mit Plasmaverfahren
Arbeitskreis Mikrokleben
Otterfing
6.11.2012

P. Imgrund

Pulverbasierte Fertigungstechnologien am Fraunhofer IFAM – Innovationen für die Medizintechnik
Technologietag Schott AG Mainz
30.5.2012

M. Israel, H. Fricke

Numerical and experimental studies on the clinch-bonding and riv-bonding process
15th Esaform Conference
Erlangen
15.3.2012

**A. Jahn, M. Klaus,
L. Röntzsch, C. Haberstroh**

MOF-Materialien zur Kryoadsorption von Wasserstoff
Deutsche Kälte-Klima-Tagung 2012
Würzburg
22./23.11.2012

**U. Jehring, H. Goehler,
P. Quadbeck, G. Stephani,
B. Kieback**

Ultrahigh damping metal for vibration and noise reduction
Aachener Akustik Kolloquium Aachen
19.–21.11.2012

S. Kaina, D. Weck, A. Gruhl, R. Böhm, M. Thieme, C. Kowtsch, G. Hoffmann, G. Stephani, W. Hufenbach, C. Cherif, B. Kieback

Textile based metal sandwich and metal-matrix-composites reinforced with 3D wire structures. Part II: Joining technology and interface modification for MMC
ECCM15

Venedig, Italien
24.–28.6.2012

S. Kaina, D. Weck, A. Gruhl, R. Böhm, M. Thieme, C. Kowtsch, G. Hoffman, G. Stephani, W. Hufenbach, C. Cherif, B. Kieback

Cellular metal for lightweight design based on textile wire structures
CELLMAT 2012
Dresden
7.–9.11.2012

E. Kampen, W. Sichermann, D. H. Müller, C. König, C. Nagel, M. Brede, H.-J. Rennecke, A. Fabritz, K. Kreft

Leichtbaukomponenten für Schiffselemente
Statustagung Schifffahrt und Meerestechnik
Rostock
6.12.2012

M. Kleemeier
Adhesives for the construction of particle detectors
PIER-Workshop on Non-Sensitive Materials in High Energy Physics
Hamburg
13.9.2012

B. Klöden, U. Jehring, T. Weißgärber, B. Kieback, I. Langer, R. W.-E. Stein
Fabrication of a Ni- and Fe-based superalloy by MIM and their properties
World PM 2012
Yokohama, Japan
14.–18.10.2012

B. Klöden, G. Walther, M. Lincke, E. Friedrich, A. Tillmann, R. Poss, S. Gläser
Ein neuartiges System für die Entschwefelung von Biogas
Konferenz Energetische Nutzung von Biomasse
Berlin
5.11.2012

A. Kock, M. Gröninger, F. Horch, H. Pleteit
Regelung und funktionale Sicherheit von elektrischen Fahrzeugantrieben am Beispiel des Fraunhofer-Radnabenmotors
9. Symposium Steuerungssysteme für automobile Antriebe
Berlin
20./21.9.2012

A. Kock, M. Gröninger, A. Mertens
Fault tolerant wheel hub drive with integrated converter for electric vehicle applications
8th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC 2012)
Seoul, Korea
9.–12.10.12

H. Kordy, S. Buchbach
Low-drag surface via innovative coating systems – Sharkskin effect of large structure
8th International Conference on High-Performance Marine Vehicles
Essen
26.–28.9.2012

T. Kowalik, M. Amkreutz, C. Harves, A. Hartwig, S. J. Aßhoff
Conductive adhesives with self-organized silver particles
NanoStruc 2012
Cranfield, Großbritannien
2.–4.7.2012

A. Lesch, D. Momotenko, F. Cortés-Salazar, I. Wirth, U. Tefashe, F. Meiners, B. Vaske, D. Witte, H. Girault, G. Wittstock
Soft microelectrode arrays as SEC M probes for biological samples
221st ECS Meeting
Seattle, Washington, USA
8.5.2012

U. Lommatzsch

Die richtige Oberfläche für stabile Klebverbindungen
Forum Fügetechnologien Teil 2 – Klebtechnologie für technische und faserverstärkte Kunststoffe
Kloster Banz
27.11.2012

**U. Lommatzsch,
D. Kolacyak, J. Ihde**

Functionalization of CNTs in the afterglow of a cold atmospheric pressure plasma jet: Comparison of aerosol and dry particle injection
12th European High Tech Plasma Processes Conference
Bologna, Italien
24.–29.6.2012

S. Lösch

MINT – So riecht Forscherluft
Carriernight Ritterhude
Ritterhude
18.1.2012

S. Lösch

Energy Harvesting im Schienen- und Straßenverkehr unter Verwendung von Kleinwindenergieanlagen
1. Fachtagung Kleinwindenergieanlagen
Wolfsburg
27./28.11.2012

**S. Lösch, B. H. Günther,
D. Nolle, E. Göring**

Self-assembly of Ni-nanoparticles in aerosols produced thermally on-ground and under microgravity conditions
TMS Annual Meeting 2012
Orlando, USA
12.–16.3.2012

**T. Lukaczyk, J. Ihde,
J. Degenhardt, R. Wilken,
T. Fladung, M. Burchardt**

Active corrosion protection of aluminium alloys via thin plasma polymeric coatings
Aluminium 2012 – Conference
Düsseldorf
9.10.2012

H. Lützen, A. Hartwig

Toughening of cationically polymerised epoxy resins by a defined heterogeneity
Makromolekulares Kolloquium
Freiburg
23.–25.2.2012

H. Lützen, A. Hartwig

Influence of molecular order on the mechanical properties of epoxy resins
9th European Adhesion Conference
Friedrichshafen
16.–20.9.2012

**H. Lützen, B. K. Kim,
A. Hartwig**

Morphology of polyurethanes
9th European Adhesion Conference
Friedrichshafen
16.–20.9.2012

**H. Lützen, T. Gesing,
B. K. Kim, A. Hartwig**

Crosslinked shape memory epoxides
Smart Polymers
Mainz
7.–9.10.2012

S. Marzi

Measuring the critical energy release rate in mode II of tough, structural adhesive joints using the tapered end-notched flexure (TENF) test
12th International DYMAT Conference
Freiburg
2.–7.9.2012

**F. S. Mattoso, M. Ott,
G. GraBl, K. Vissing**

Surface analysis and adhesive properties of release agent free CFRP component manufacture using flexible release film
Conferência Luso-Brasileira de Adesão e Adesivos CLBA 2012
Rio de Janeiro, Brasilien
8./9.11.2012

**M. May, H. Voß, A. Fiedler,
S. Marzi, O. Hesebeck**

Geklebte Automobilstrukturen unter quasi-statischer und unter Crash-Belastung
crashMAT 2012
Freiburg
24./25.4.2012

J. Meinert

20 Jahre Fraunhofer in Dresden – Energieeffizienz im Fokus der Werkstoffforschung
Preisverleihung im Wettbewerb »Grünes Haus 2012 – Industrie und Gewerbe«
Berlin
22.3.2012

J. Meinert

Design of high-performance heat storage devices for automotive applications
Workshop – 2nd Int. Conference Thermal Management of EV/HEV
Darmstadt
29.6.2012

J. Meinert

Werkstoffinnovationen für die Energietechnik
Prozess- und Werkstoffinnovationen in der Pulvermetallurgie,
Werkstoffsymposium
Dresden
5.7.2012

J. Meinert, O. Andersen, P. Quadbeck, G. Stephani, B. Kieback

High-power latent heat systems for thermal storage and management applications
2nd International Conference on Thermal Management of EV/HEV
Darmstadt
27.–29.6.2012

J. Meinert, O. Andersen, P. Quadbeck, G. Stephani, B. Kieback

Wärmespeichertechnologien im Fokus der aktuellen Entwicklung
Sächsisches Forum für Brennstoffzellen und Energiespeicher, Session 3: Energiespeicher
Leipzig
23.10.2012

J. Meinert, S. Synowzik, W. Menzel, P. Quadbeck, G. Stephani, B. Kieback

Systematic thermal and flow characterisation of open cellular structures
CELLMAT 2012
Dresden
7.–9.11.2012

W. G. Menezes, K. Thiel, V. Zielasek, M. Bäumer

TEM study of bimetallic nanoparticles for optical and catalytic applications: Comparison of different synthesis routes
EMC 2012 – European Microscopy Conference
Manchester, Großbritannien
16.–21.9.2012

M. Minnermann, H. K. Grossmann, S. Pokhrel, K. Thiel, H. Hagelin-Weaver,

L. Mädler, M. Bäumer
Double flame spray pyrolysis as a novel technique for the in situ preparation of alumina-supported Cobalt Fischer-Tropsch catalysts
Synfuel 2012 – International Symposium on Alternative Clean Synthetic Fuels
München
29./30.6.2012

I. Morgenthal, O. Andersen, B. Kieback, G. Stephani, T. Studnitzky, F. Witte

Hochporöse Magnesiumfaserstrukturen aus den Legierungen W4 und WZ21 – Herstellung und Eigenschaftspotenzial für den Einsatz als degradierbarer Implantatwerkstoff
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien
Hamburg
1.–3.11.2012

I. Morgenthal, O. Andersen, B. Kieback, G. Stephani, T. Studnitzky, F. Witte

Highly porous magnesium alloy fibre structures and their properties regarding degradable implant application
CELLMAT 2012
Dresden
7.–9.11.2012

C. I. Müller, L. Röntzsch, A. Schmidt, T. Schubert, T. Weißgärber, B. Kieback

Amorphous metal alloys as efficient electrodes for alkaline water electrolysis
13th Ulm Electrochemical Talks (UECT)
Ulm
3.–5.7.2012

C. I. Müller, L. Röntzsch, T. Rauscher, A. Schmidt, T. Schubert, T. Weißgärber, B. Kieback

Entwicklung von hocheffizienten Elektroden für die alkalische Elektrolyse
Jubiläumstreffen der FEE-AG »Biogene Gase – Brennstoffzellen«, Thema »Elektrolyseure – Schlüsseltechnik für erneuerbare Energiesysteme: Stand und Handlungsbedarf«
Dresden
3.12.2012

T. Müller

Chancen der Elektromobilität für die Modellregion Bremen/Oldenburg am Beispiel des eCar Sharing Projekts e-car4all
Elektromobilität als Teil nachhaltiger Mobilitätskonzepte für zukunftssichere Kommunalentwicklung in der Region Landkreis Wesermarsch und
Energiekonsens
Brake
19.5.2012

T. Müller

Neues aus der Modellregion Bremen/Oldenburg
Elektromobilität grenzüberschreitend gestalten
Hansa Energy Corridor
Oldenburg
18.7.2012

T. Müller

Die Modellregion für Elektromobilität Bremen/Oldenburg Partners 4 Business 2012, Oldenburg-Groninger Unternehmenstreffen Oldenburg 4.9.2012

M. Mulser, T. Hartwig, F. Petzoldt

Co-sintering of titanium/stainless steel bi-material parts produced by 2C-MIM Euro PM2012 Congress & Exhibition Basel, Schweiz 16.–19.9.2012

M. Mulser, T. Hartwig, F. Petzoldt

Tungsten-copper/stainless steel bi-material parts by 2C-MIM World PM2012 Congress & Exhibition Yokohama, Japan 14.–18.10.2012

C. Nagel

Eigenspannungen im Verguss – Grundlagen und Bewertungsmethoden Polymerverguss in Elektrik und Elektronik Würzburg 7./8.11.2012

C. Nagel, M. Brede

Mechanical behavior and numerical simulation of epoxy-based ship hull coatings 35th Annual Meeting of The Adhesion Society New Orleans, USA 26.–29.2.2012

C. Nagel, A. Fiedler, M. Brede, F. Kleiner, C. Holtgrewe, M. Hamm

Effects of the microstructure on the mechanical properties of ternary epoxy adhesives systems 35th Annual Meeting of The Adhesion Society New Orleans, USA 26.–29.2.2012

M. Ott, H. von Selasinsky

From macro (economics) to molecular (chemistry) Conference on Fiber Reinforced Composite Materials Esbjerg, Dänemark 21./22.11.2012

D. Paulkowski, K. Vissing

Reduction of elastomeric friction in lubricated contact using plasma polymeric coatings 53. GfT – Tribologie-Fachtagung Göttingen 26.9.2012

D. Paulkowski, K. Vissing, R. Wilken

Composition of plasma polymeric coatings using O₂/HMDSO gas mixtures and application on elastomers for tribological improvement 13th International Conference on Plasma Surface Engineering Garmisch-Partenkirchen 11.9.2012

F. Petzoldt

Aktueller Stand und Zukunftsperspektiven der MIM-Technologie Ceramitec-Forum 2012 München 22.5.2012

F. Petzoldt

Current status and future perspectives of the MIM technology PM World Congress 2012 Yokohama, Japan 14.–18.10.2012

R. C. Picu, J. J. Gracio, G. T. Vincze, N. Mathew, T. Schubert, A. B. Lopez, C. Buchheim

Al-SiC nanocomposites produced by ball milling and spark plasma sintering MRS Fall Meeting Boston, Massachusetts, USA 25.–30.11.2012

C. Pille

Aktuelle Ein- und Ausblicke auf die Forschungsaktivitäten am Fraunhofer IFAM 7. Plenarsitzung des Fachausschusses »Druckguss« Nürnberg 16.1.2012

C. Pille, S. N. Biehl, M. Busse

Encapsulating piezoresistive thin film sensors based on amorphous diamond-like carbon in aluminium castings 1st Joint International Symposium on System-Integrated Intelligence 2012 Hannover 27.–29.6.2012

C. Pohlmann, L. Röntzsch, S. Mauermann, K. Herbrig, T. Weißgärber, B. Kieback

Hydrallloy-graphite composite materials for fast and compact hydrogen storage World Hydrogen Energy Conference 2012 (WHEC 2012) Toronto, Kanada 3.–7.6.2012

C. Pohlmann, L. Röntzsch, S. Mauermann, J. Hu, T. Weißgärber, B. Kieback, M. Fichtner

Cycling performance of compacted complex hydride graphite composites
MH2012

Kyoto, Japan
21.–26.10.2012

P. Poltersdorf, S. Nesic, J. Baumeister, J. Weise, U. Krupp

Mechanical behavior of syntactic Fe-36Ni foams under monotonic and cyclic loading conditions

Cellmat
Dresden
7.–9.11.2012

M. Popp

Formulierung von Kleb- und Dichtstoffen

Seminar des Vincentz-Networks
Kassel
25.4.2012

M. Popp

Grundlagen des Klebens
3M-Seminar Faszination Kleben in der Windindustrie
Bremerhaven
27.4.2012

M. Popp

Formulierung von Kleb- und Dichtstoffen

Seminar des Vincentz-Networks
Kassel
25.9.2012

M. Popp

Polymerverguss zum Schutz von Elektrik und Elektronik:

Status Quo
Polymerverguss in Elektrik und Elektronik
Würzburg
7./8.11.2012

M. Popp

Formulation of adhesives and sealants

Seminar des Vincentz-Networks
Amsterdam, Niederlande
20.11.2012

T. Poulsen, N. Zangenberg, S. Holberg, D. S. Primdahl, J. Weise

Syntactic aluminum foams produced from coated glass sphere preforms

Cellmat
Dresden
7.–9.11.2012

P. Quadbeck

Werkstoffe für biomechanisch angepasste orthopädische Implantate

Prozess- und Werkstoffinnovationen in der Pulvermetallurgie,
Werkstoffsymposium
Dresden
5.7.2012

P. Quadbeck, K. Kümmel, G. Standke, J. Adler, R. Wegener, G. Stephani, B. Kieback

High-temperature resistant open cell structures for catalytic converter carriers

CELLMAT 2012
Dresden
7.–9.11.2012

F. Rapp, J. Diemert, J. Weise, W. Böhme, F. Henning

Recent progress in innovative reinforced particle foams

Cellmat
Dresden
7.–9.11.2012

G. Rausch

Mein Haus, meine Tankstelle – die Kombination von Elektromobilität und Eigenheim als Chance für neue Energiekonzepte

18. Internationales Holzbau-Forum IHF 2012
Garmisch Partenkirchen
5.–7.12.2012

G. Rausch, S. Vasić, U. Büngener, É. Leduc

Test- und Simulationsfeld für den elektrischen Antriebsstrang

Sensor und Test 2012 – Sonderforum Elektromobilität
Nürnberg
22.–24.5.2012

C. Regula, J. Ihde, U. Lommatzsch, R. Wilken

AD-Plasmapolymerisation mit Plasmajet-Quellen für den industriellen Einsatz

20. Neues Dresdner Vakuum-technisches Kolloquium
Dresden
25./26.10.2012

**A. Reindl, A. Kirsch,
S. Hein, P. Imgrund**

Whisker reinforced HA/PLA composites for resorbable bone substitute biomaterials
ECCM15 – 15th European Conference on Composite Materials
Venedig, Italien
24.–28.6.2012

**A. Reindl, A. Kirsch,
S. Hein, P. Imgrund**

Whisker reinforced HA/PLA composites as bone substitute biomaterials
Jahrestagung 2012 der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien
Hamburg
1.–3.11.2012

**K. Richter, M. Amkreutz,
G. Diaconu, K. Rischka**

Adsorption properties of mussel based peptide sequences
1st International Conference on Biological and Biomimetic Adhesives
Lissabon, Portugal
9.–11.5.2012

**K. Richter, L. Gätjen,
I. Grunwald, K. Rischka**

Adsorption studies of peptide based adhesive material
Euro Bio-Inspired Materials
Potsdam
20.–23.3.2012

K. Rischka

Biological and technical adhesives – Similarities and differences
DAAD Winterschool
Florianópolis, Brasilien
28.9.–11.10.2012

K. Rischka

Concepts for the immobilization of biomolecules – Analytical and preparative tools
DAAD Winterschool
Florianópolis, Brasilien
28.9.–11.10.2012

**K. Rischka, A. Kreider,
K. Richter, I. Grunwald**

Bioinspired surfaces and materials
XI SBMat 2012
Florianópolis, Brasilien
23.–27.9.2012

**M. H. Robert,
F. Gatamorta, J. Weise**

Manufacture of metallic syntactic foams by thixo-infiltration
Cellmat
Dresden
7.–9.11.2012

L. Röntzsch

Materialien zur Speicherung und Erzeugung von Wasserstoff
Prozess- und Werkstoffinnovationen in der Pulvermetallurgie,
Werkstoffsymposium
Dresden
5.7.2012

**L. Röntzsch,
S. Kalinichenka,
C. Pohlmann, T. Riedl,
S. Mauermann, K. Herbrig,
T. Weißgärber, B. Kieback**

Compact and fast hydrogen storage in magnesium-graphite composite materials
World Hydrogen Energy Conference 2012 (WHEC 2012)
Toronto, Kanada
3.–7.6.2012

**L. Röntzsch,
S. Kalinichenka,
C. Pohlmann, T. Riedl,
S. Mauermann, K. Herbrig,
T. Weißgärber, B. Kieback**

Mg-Ni graphite composites for high dynamic hydrogen and heat storage applications
International Symposium on Metal-Hydrogen Systems (MH2012)
Kyoto, Japan
21.–26.10.2012

M. Rütters

Entwicklungen von Vergussprozessen – Beispiele aus der Praxis
Polymerverguss in Elektronik und Elektronik
Würzburg
7./8.11.2012

**J. Schild, C. Hopmann,
R. Wehmeyer, C. Dölle**

IMPC – In-Mould Plasma Coating, Kratzfestbeschichtung im Spritzgießprozess
Thementage Grenz- und Oberflächentechnik
Leipzig
4.–6.9.2012

**L. Schilinsky, C. Dölle,
R. Wilken**

Licht als Werkzeug: Einsatz von Vakuum-UV-Excimerstrahlung zur Aktivierung von Polymeren
12. Dechema-Kolloquium
Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik
Frankfurt am Main
28./29.2.2012

**L. Schilinsky, C. Dölle,
R. Wilken**

Surface activation of polymers by incoherent VUV-radiation
EURADH 2012 – 9th European Adhesion Conference
Friedrichshafen
16.–20.9.2012

**L. Schilinsky, C. Dölle,
R. Wilken**

Surface activation of polymers by incoherent VUV-radiation
XI Brazilian MRS Meeting
Florianópolis, Brasilien
23.–27.9.2012

**C. Schille, J. Baumeister,
E. Schweizer,
J. Geis-Gerstorfer**

Electrochemical corrosion behavior of MgZn1-foams with two different porosities in comparison with solid MgZn1
Jahrestagung DGMB
Hamburg
1.–3.11.2012

**M. Schmerling, I. Wirth,
C. Kügeler**

Processing of silicon anodes by aerosol jet printing
221st ECS Meeting
Seattle, Washington, USA
8.5.2012

D. Schmidt

Qualitätsprüfung: Verfahren zur Ermittlung Lost-Foam-spezifischer Kenndaten
1. Internationales VDI-Forum
Lost Foam
Bremen
26./27.6.2012

**B. Schneider, C. Nagel,
M. Brede, H. Schmidt,
T. Bruder, B. Kurnatowski,
A. Matzenmiller**

Schwingfestigkeitsauslegung von geklebten Stahlbauteilen des Fahrzeugbaus unter Belastung mit variablen Amplituden
12. Kolloquium Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik
Frankfurt
28./29.2.2012

T. Schubert

Leichtmetall in der Pulvermetallurgie
Prozess- und Werkstoffinnovationen in der Pulvermetallurgie,
Werkstoffsymposium
Dresden
5.7.2012

**T. Schubert, P. Kumar,
B. Kieback**

Improving mechanical properties of magnesium pressure die castings
9th International Conference on Magnesium Alloys and their applications
Vancouver, Kanada
8.–12.7.2012

**T. Schubert, B. Lorenz,
J. Steger, T. Weißgärber,
R. Neugebauer, B. Kieback**

Microstructure and mechanical properties of melt-spun aluminium alloys consolidated by spark plasma sintering and forging
WorldPM 2012
Yokohama, Japan
14.–18.10.2012

**T. Schubert, S. Müller,
T. Weißgärber, T. Müller,
B. Kieback**

Sintering and age-hardening of a hypereutectic aluminium-silicon P/M alloy
WorldPM 2012
Yokohama, Japan
14.–18.10.2012

J. Schwenzel

Energiespeicher für die Elektromobilität – Entwicklungstrends
Fuelling the Climate 2012
Hamburg
16.5.2012

J. Schwenzel

Zukünftige Batterietechnologien für E-Fahrzeuge als Teil mobiler Speicher in Zukunftsgebäuden
OLEC-Jahrestagung: Speichertechnologien – Rahmenbedingungen und Einsatzmöglichkeiten
Oldenburg
10.10.2012

J. Schwenzel

Batterien der nächsten Generation: Herausforderungen und Perspektiven für Metall-Luft-Batterien
2. Internationaler Batterie Kongress
Battery and Fuel Cell Production –
Materials, Technologies and Applications
München
25.10.2012

**U. Specht, J. Clausen,
J. Ihde, B. Mayer**

Surface modification for increased material joint strength between aluminium and infiltrated titanium structure elements
MSE 2012 – Materials Science and Engineering
Darmstadt
25.–27.9.2012

**U. Specht, J. Ihde,
B. Mayer**

Untersuchung badfreier Oberflächenbehandlungen für langzeitstabile Titan-klebungen
3. Doktorandenseminar
Klebtechnik
Kassel
5./6.11.2012

**S. Stepanov, H. Hildebrandt, S. Markus, J. Ihde,
U. Lommatzsch, S. Dieckhoff**

Einsatz der optischen Emissionsspektroskopie zur Inline-Überwachung der AD-Plasma-Vorbehandlung in der Klebtechnik
EFDS-Workshop Nicht-konventionelle Plasma- und Randschichtdiagnostik zur Charakterisierung von Plasma-Oberflächen-Prozessen
Dresden
4.12.2012

T. Studnitzky

Metallischer dreidimensionaler Siebdruck
Prozess- und Werkstoffinnovationen in der Pulvermetallurgie,
Werkstoffsymposium
Dresden
5.7.2012

**T. Studnitzky, M. Jurisch,
A. Strauß, J. Bauer**

3D-printing as manufacturing method for cellular materials
CELLMAT 2012
Dresden
7.–9.11.2012

**T. Studnitzky,
U. Wittstadt, L. Schnabel,
S. Kaina, K. Hattler,
F. Roell**

Modified technology for 3D wire structures
CELLMAT 2012
Dresden
7.–9.11.2012

**P. Swiderek, E. Jolondz,
J. H. Bredehöft, T. Borrmann, C. Dölle, M. Ott,
C. Schmäser, A. Hartwig,
V. Danilov, H.-E. Wagner,
J. Meichsner**

Modification of polydimethylsiloxane coatings by H₂ RF plasma, Xe₂⁺ excimer VUV radiation, and low-energy electron beams
18th Symposium on Atomic, Cluster and Surface Physics
Alpe d'Huez, Frankreich
22.–27.1.2012

M. Tegel

Synthesis of iron-based superconductors and their analysis with the Rietveld method
DFG Summer School on Iron Pnictides
Achatswies
3.8.2012

**M. Tegel, L. Röntzsch,
T. Jasinowski,
T. Weißgärber, B. Kieback**

Hydrolysis of MgH₂: Tailored reaction kinetics for high-capacity on-site hydrogen generation
International Symposium on Metal-Hydrogen Systems (MH2012)
Kyoto, Japan
21.–26.10.2012

T. Vallée, C. Grunwald

Towards hybrid and multifunctional bonded structures for civil engineering
5th Innovation Day Civil Engineering
Stade
27./28.9.2012

S. Vasić, É. Leduc

Test- und Simulationsfeld für den elektrischen Antriebsstrang
Sensor und Test 2012 – Sonderforum Elektromobilität
Nürnberg
22.5.2012

K. Vissing, C. Dölle

InMould-PlasmaCoating (IMPC)
SKZ – Seminar Modifikation der Kratz- und Abriebbeständigkeit von Kunststoffen
Peine
28./29.2.2012

K. Vissing, D. Paulkowski, C. Dölle, M. Ott

Möglichkeiten zur Oberflächenbearbeitung von Elastomeren mittels Plasmatechnik
Deutsche Kautschuk-Tagung
Nürnberg
3.7.2012

K. Vogel, D. Salz, M. Ott

Antibakterielle Beschichtungen medizinischer Implantate durch Plasmaverfahren
Innovative Fertigungstechnologien für medizinische Instrumente und Implantate
Bremen
2.2.2012

S. Wald, K. Vissing

Optimierung der Permeationseigenschaften von SiO_xC_y -Schichten im Rolle-zu-Rolle-PECVD-Verfahren
Thementage Grenz- und Oberflächentechnik
Leipzig
4.–6.9.2012

G. Walther

Herstellung und Anwendungen von Metallschäumen auf Basis hochtemperaturbeständiger Legierungen
Prozess- und Werkstoffinnovationen in der Pulvermetallurgie,
Werkstoffsymposium
Dresden
5.7.2012

G. Walther, R. Poss, B. Klöden, T. Büttner, B. Kieback, J. S. Bae, M. Jang, M. H. Park

Alloy metal foam process and applications for filtration and catalyst supports
World PM 2012
Yokohama, Japan
14.–18.10.2012

J. Weise, J. Baumeister, W. Böhme, J. Hohe

Quasi-static and dynamic compression behaviour of epoxy-aluminium hybrid foams
Cellmat
Dresden
7.–9.11.2012

J. Weise, J. Baumeister, J. Hohe, W. Böhme, C. Beckmann

Epoxy aluminum hybrid foam – an innovative sandwich core material with improved energy absorption characteristics
10th International Conference on Sandwich Structures
Nantes, Frankreich
27.–29.8.2012

J. Weise, J. Baumeister, D. Lehnhus, F. Petzoldt

Production, properties and potential of MIM-components with hollow-sphere additions
EuroPM 2012
Basel, Schweiz
17.–19.9.2012

T. Weißgärber, T. Schubert, B. Kieback

Titan und Titanlegierungen in der Pulvermetallurgie – Trends und Perspektiven
31. Hager Symposium Pulvermetallurgie: Pulvermetallurgie – zukunftsweisend vom Rohstoff bis zur Anwendung
Hagen
29./30.11.2012

C. Werner, D. Godlinski, V. Zöllmer, M. Busse

Printed and photonic sintered CuNiMn strain gauges
Printed Electronics Europe 2012
Berlin
3./4.4.2012

C. Werner, D. Godlinski, V. Zöllmer, M. Busse

Sintering of printed nanoparticulate constantan structures
Large-area, Organic and Printed Electronics Convention LOPE-C
München
19.–21.6.2012

R. Wilken

Reparatur von CFK-Primärstrukturen im Luftfahrtbereich – Herausforderung für Oberflächen- und Klebtechnik
GFT-Tagung 2012 – Strukturelles Kleben
Erding
9./10.5.2012

R. Wilken

Physikalische Vorbehandlungsmethoden und Konzepte zur Qualitätssicherung
3. Klebtechnisches Kolloquium Hochschule Ulm
Ulm
11.10.2012

**R. Wilken, S. Wrehde,
J. Ihde, T. Wübben,
S. Kaprolat,
H. Hildebrandt,
S. Stepanov, S. Markus,
K. Tsyganenko,
U. Lommatzsch**

Vorbehandlung von Composites vor dem Kleben und Lackieren
ak-adp-Workshop »Faserverbundwerkstoffe und Plasma – Klebverbindungen für flexible Oberflächen«
Landshut
13./14.6.2012

V. Zöllmer

INKtelligent printing®
Metallische Tinten für gedruckte Leiterbahnen
Seminar Spritzgegossene Schaltungsträger
Lüdenscheid
29.3.2012

V. Zöllmer

Functional printing inks for deposition of functional structures
European Coatings Symposium
Frankfurt
15.5.2012

V. Zöllmer

Sensor integration by maskless printing
1st Int. Aerospace Sensors
Frankfurt am Main
7.11.2012

V. Zöllmer

Materialentwicklung für digitale Druckverfahren
INKtelligent printing®
Chemnitzer Seminare
Chemnitz
11.12.2012

**V. Zöllmer, E. Pál,
M. Maiwald, C. Behrens,
C. Werner, D. Godlinski,
D. Lehmus, I. Wirth,
M. Busse**

Functional materials for printed sensor structures
1st Joint International Symposium on System-Integrated Intelligence 2012
Hannover
28.6.2012

**V. Zöllmer, E. Pál,
M. Maiwald, C. Behrens,
C. Werner, D. Godlinski,
I. Wirth, M. Busse**

Functional materials for printed sensor structures
Mikro Printing Day at Sirris
Lüttich, Belgien
15.10.2012

Patente

Erteilungen

A. Reichmann, C. Jakschik,
G. Stephani, H. Göhler
Vorrichtung und Verfahren zur Reinigung von Industrieabgasen
DE 10 2007 032 126 B4
22.12.2011

T. Hutsch, T. Weißgärber,
B. Kieback, H. Weidmüller,
J. Schmidt, T. Schubert
Gesinterter Werkstoff und Verfahren zu dessen Herstellung
DE 10 2008 034 258 B4
19.1.2012

A. Hartwig, K. Albinsky,
M. Sebald
Gegenstand mit einer Klebschicht und Klebstoffzusammensetzung mit einstellbarer Trennkraft
EP 2167598 B1
22.2.2012

G. Stephani, L. Röntzsch,
B. Kieback, J. Kunze,
W. Hungerbach
Reversibles Wasserstoffspeicherelement und Verfahren zu seiner Befüllung und Entleerung
DE 10 2007 038 779 B4
1.3.2012

K. Vissing, V. Stenzel,
A. Jakob
Method and device for machining a wafer, in addition to a wafer comprising a separation layer and a support layer
JP 4936667 B2
2.3.2012

B. Kieback, G. Walther
Verfahren zur Herstellung eines Metallpulvers und mit dem Verfahren hergestelltes Metallpulver
DE 10 2008 009 133 B4
12.4.2012

T. Müller, F. Wöstmann,
M. Busse
Gussbauteil mit integrierten Funktionselementen
EP 2 025 433
8.5.2012

D. Salz, K. Vissing
**Kratzfeste und dehnbare
 Korrosionsschutzschicht
 für Leichtmetallsubstrate**
 EP 2 203 258 B1
 30.5.2012

K. Vissing, G. Neese, M. Ott
**Flexible plasmapolymere
 Produkte, entsprechende
 Artikel, Herstellverfahren
 und Verwendung**
 EP 2 012 938 B1
 27.6.2012

J. Kolbe, T. Kowalik, M. Popp,
 M. Sebald, O. Schorsch,
 S. Heberer, M. Pridoehl,
 G. Zimmermann, A. Hartwig,
 E. Born
**Juntas ligadas curáveis e
 redissociáveis**
 BR 214040 A
 24.7.2012

Ehrungen und Preise

Fabian Peters
**Drive-E-Studienpreis
 Bundesministerium für
 Bildung und Forschung
 (BMBF) und Fraunhofer-
 Gesellschaft**
**Thema: Herstellung und
 Charakterisierung von
 hochkapazitiven silizium-
 basierten Anoden für
 Lithiumbatterien der
 nächsten Generation**
 14.3.2012, Aachen

J. Ihde, U. Lommatzsch
**Joseph-von-Fraunhofer-
 Preis 2012**
**Jahrestagung der
 Fraunhofer-Gesellschaft
 e. V.**
**Thema: Funktionale
 Schichten aus der Plasma-
 düse**
 8.5.2012, Stuttgart

M. Burchardt, M. Kleemeier,
 S. Dieckhoff, K. Teczyk,
 P. Vulliet, R. Wilken
**SURFAIR Innovation
 Award 2012**
**SURFAIR – 19th Internatio-
 nal Conference**
**Thema: Beizbänder zur lo-
 kalen Vorbehandlung von
 Aluminiumoberflächen**
 1.6.2012, Biarritz, Frankreich

G. Graßl, M. Ott
**AVK-Innovationspreis
 2012**
**Internationale AVK-Ta-
 gung auf der Composites
 Europe 2012**
**Thema: Tiefziehfähige
 Trennfolie Flex^{PLAS®} für die
 trennmittelfreie Herstel-
 lung von FVK-Bauteilen**
 8.10.2012, Düsseldorf

A. Brinkmann
**Dr.-Klaus-Seppeler-
 Stiftungspreis**
**Jahrestagung der GfKORR
 – Gesellschaft für Korrosi-
 onsschutz e. V.**
**Thema: Untersuchungen
 zum Korrosionsschutz von
 Beschichtungen auf Poly-
 pyrrol-Basis für unlegier-
 ten Stahl als Alternative
 zu Phosphatschichten**
 6.11.2012, Frankfurt

IMPRESSUM

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse
Formgebung und Funktionswerkstoffe
Telefon +49 421 2246-100
Telefax +49 421 2246-300
info@ifam.fraunhofer.de

Prof. Dr. Bernd Mayer
Klebtechnik und Oberflächen
Telefon +49 421 2246-419
Telefax +49 421 2246-430
ktinfo@ifam.fraunhofer.de

Standort Bremen

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Wiener Straße 12
28359 Bremen
Telefon +49 421 2246-0
www.ifam.fraunhofer.de

Standort Dresden

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Institutsteil Dresden
Winterbergstraße 28
01277 Dresden
Telefon +49 351 2537-300

Herausgeber

© Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM

ISSN 1439-6009 | Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit Genehmigung der Redaktion.

Koordination und Redaktion

Anne-Grete Becker
Jennifer Dillon
Karsten Hülsemann
Cornelia Müller
Martina Ohle
Stephanie Uhlich

Externe Dienstleister

Foto

PR Fotodesign: Britta Pohl, Jochen Röder; David Klammer;
Dirk Mahler; GfG Bremen; Thomas Kleiner

Satz und Layout

Gerhard Bergmann, SOLLER Werbestudios GmbH

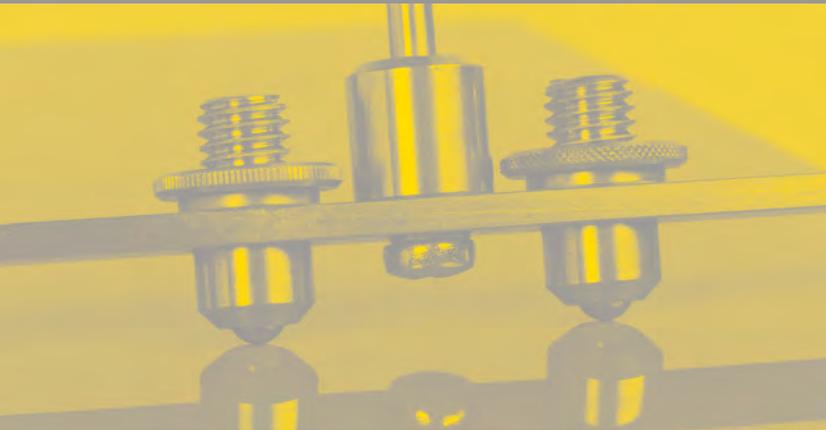
Druck und Verarbeitung

BerlinDruck GmbH + Co KG

Bildquellen

© Fraunhofer IFAM oder Quellenangabe

WWW.IFAM.FRAUNHOFER.DE



Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Wiener Straße 12
28359 Bremen
info@ifam.fraunhofer.de