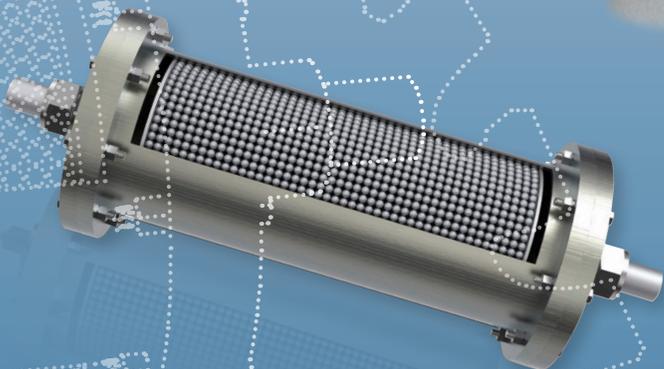
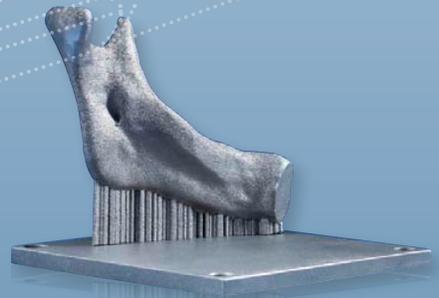
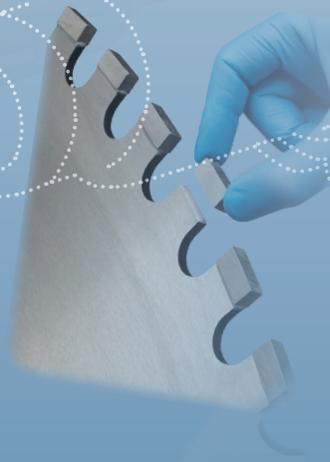




Fraunhofer

IFAM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM



JAHRESBERICHT
2010/2011

JAHRESBERICHT
2010/2011

VORWORT

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

das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM agiert als F&E-Dienstleister für Industrie und öffentliche Hand wie ein Unternehmen. Wenn unser Angebot sogar in wirtschaftlich schwierigen Zeiten unverändert stark nachgefragt wird, unsere Kunden zufrieden sind und unsere Leistungen überzeugen, ist dies besonders bemerkenswert. Eine positive Gesamtbilanz ist dann die Folge – und deshalb können wir auch für das zurückliegende Geschäftsjahr wieder ein erfreuliches Fazit ziehen. Das Institut hat seinen Wachstumskurs 2010 fortgesetzt, was sich beispielsweise in einer zum wiederholten Male gestiegenen Mitarbeiterzahl ausdrückt.

Als Folge der wirtschaftlichen Entwicklung war in 2010 ein Rückgang der industriellen Aufträge spürbar. Dies wurde jedoch durch Forschungsprojekte, die aus öffentlichen Mitteln finanziert werden, mehr als ausgeglichen. In der zweiten Jahreshälfte machte sich der Aufschwung in Deutschland durch eine Belebung der industriellen Investitionen in Forschung und Entwicklung bemerkbar. Es ist unser erklärtes Ziel, den Industrieanteil am Finanzierungs-Mix des Instituts wieder zu steigern.

Auf dem Markt der Forschungsdienstleistungen eine vordere Position einzunehmen, erfordert täglich harte, intensive Arbeit – denn Stillstand bedeutet Rückschritt. Das Fraunhofer IFAM hat sich in den vergangenen Jahren rasant entwickelt und wird fortwährend mit neuen Herausforderungen konfrontiert. Vor diesem Hintergrund erfolgreich zu sein, funktioniert nur mit einem eingespielten Team einsatzfreudiger und hochmotivierter Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die Fraunhofer-typische Kombination von exzellentem Know-how in den jeweiligen Fachgebieten bei gleichzeitigem »Blick über den Tellerrand«, gepaart mit Engagement und Leidenschaft – das ist für uns der Schlüssel zum Erfolg. Die positive Entwicklung des Fraunhofer IFAM ist ein Ergebnis der außerordentlichen Leistungsbereitschaft aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Ihnen allen gilt an dieser Stelle unser ganz besonderer Dank.

Unser starkes Wachstum hatte zuletzt zu räumlichen Engpässen im Institut geführt. Hier zeichnet sich Entspannung ab, denn im Sommer 2012 wird mit der Realisierung eines weiteren



Bauabschnitts für das Institutsgebäude an der Wiener Straße in Bremen begonnen. Zusätzliche Labor- und Technikumsflächen sowie Büros auf insgesamt 2400 Quadratmetern unterstreichen unseren Wachstumskurs.

Erfreut sind wir darüber, dass Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer am 1. August 2010 die Leitung des Institutsteils Klebtechnik und Oberflächen von Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig übernommen hat. Als Mitglied der Institutsleitung wird er die zukunftsorientierte Entwicklung des Fraunhofer IFAM aktiv mitgestalten. Direkt aus der Industrie kommend, wird er mit seiner Fachkompetenz und seinem Wissen um die Bedürfnisse internationaler Kunden die Position des Instituts als europaweit größte unabhängige Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der Klebtechnik und Oberflächentechnologie festigen und weiter ausbauen. Zugleich hat Bernd Mayer den Ruf auf die Professur für »Polymere Werkstoffe« im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen angenommen. An diesem Fachbereich lehrt auch Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse »Endformnahe Fertigungstechnologien«. Beide Hochschullehrer geben ihr Wissen damit nicht nur an Studierende weiter; sie können auch wissenschaftlichen Nachwuchs direkt für die spezifischen Aufgabengebiete des Fraunhofer IFAM interessieren. Die enge Verbindung zur Universität Bremen zeigt sich beispielsweise in der Zentralen Wissenschaftlichen Einrichtung »Integrated Solutions in Sensorial Structure Engineering« (ISIS), die sich unter der Federführung des Fraunhofer IFAM mit der Integration von Sensorik in technologische Strukturen beschäftigt.

Aufgrund strategischer Entscheidungen in der Vergangenheit verfügt das Institut heute über eine breite technologische Basis; wir sind ein gefragter Partner in einer Vielzahl von Industriebranchen und unterstützen somit die im globalen Wettbewerb so wichtige deutsche Technologieführerschaft. Darüber hinaus bewegen wir uns mit unserer anwendungsbezogenen Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf neuen, zukunftsorientierten Feldern wie beispielsweise der Energiespeicherung, neuer Antriebssysteme und dem Leichtbau, wo wir Lösungen für aktuelle gesellschaftliche Herausforderungen mitentwickeln. Unter unseren vielfältigen Aktivitäten ragten 2010 zwei Felder besonders heraus: die Elektromobilität sowie die Technologie carbonfaserverstärkter Kunststoffe (CFK).

Die Elektromobilität ist innerhalb kurzer Zeit zu einem bedeutenden Thema in Deutschland geworden. Im Fraunhofer-Projekt »Systemforschung Elektromobilität« stimmen 33 Fraunhofer-Institute die Wertschöpfungsstufen der Elektromobilität aufeinander ab; auf der technologischen Seite laufen dabei viele Fäden im IFAM-Institutsteil »Formgebung und Funktionswerkstoffe« zusammen. Unter anderem wird in Bremen auch an E-Mobil-Prototypen gearbeitet. In Norddeutschland ist das Institut der Hauptinitiator zahlreicher Aktivitäten. Als Koordinator der »e-Mobility-Modellregion NordWest Bremen/Oldenburg« hat das Fraunhofer IFAM 2010 sehr erfolgreiche Arbeit geleistet. Diese Modellregion ist eine von acht, die das Bundesverkehrsministerium unter 130 Bewerbungen ausgewählt hat. Die Stadt-Land-Struktur zwischen den Metropolen Bremerhaven, Bremen und Oldenburg und den umliegenden Städten und Gemeinden sowie die Nähe zur Windkraft als regenerativer Energiequelle machen die Region zu einem idealen Versuchsfeld für die Integration der Elektromobilität in den Alltag. Gleichzeitig hat der Institutsteil ein Prüffeld für den Antriebsstrang von Elektromobilen aufgebaut; die Forschungsergebnisse fließen direkt in die Weiterentwicklung der Fahrzeuge ein. Zudem wurde 2010 erfolgreich eine Fraunhofer IFAM-Arbeitsgruppe zum Thema Energiespeicher in Oldenburg eingerichtet, die in Kooperation mit den dortigen Projektpartnern bereits sehr erfolgreich arbeitet.

Für den Institutsteil »Klebtechnik und Oberflächen« war die Einweihung des europaweit einmaligen Großforschungszentrums CFK Nord in Stade der wichtigste Meilenstein des Jahres 2010. Das Fraunhofer IFAM ist mit seiner Projektgruppe Fügen und Montieren FFM einer der beiden Hauptakteure des Zentrums und nutzt mehr als die Hälfte der 7000 Quadratmeter großen und 24 Meter hohen Halle des CFK Nord. Gemeinsam mit Industriepartnern wird die spanende Bearbeitung und anschließende klebtechnische Montage von CFK-Großstrukturen im 1:1-Maßstab realisiert – etwa Flugzeugrümpfe und -flügel, Rotoren riesiger Windenergieanlagen oder Großbauteile für Schifffahrt, Schienenverkehr und Transportwesen. Aufgabe ist die Übertragung bestehender beziehungsweise weiterzuentwickelnder aufwendiger Füge- und Montageverfahren für das »schwarze Gold« in eine fehlerfreie, automatisierte und kostengünstige Serienfertigung von XXL-Strukturen. Dies geschieht in enger Zusammenarbeit mit den bestehenden Arbeitsgruppen in Bremen, die viele weitere werkstofftechnische und prozessorientierte Aspekte der CFK-Materialien bearbeiten.

Zahlreiche weitere Projekte und Kooperationen haben wir 2010 vorangetrieben. An dieser Stelle sei die sehr erfolgreiche Arbeit des Innovationsclusters »Multifunktionelle Materialien und Technologien« (MultiMaT) genannt, in dem unter Leitung des Fraunhofer IFAM aktuelle Ergebnisse aus der Materialforschung gezielt in marktfähige Produkte umgesetzt werden. Im Forschungsprogramm »Clean Sky« arbeitet das Institut in diversen Projekten zur nachhaltigen

Förderung der Umweltverträglichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Luftfahrt federführend mit. Der Institutsteil »Klebtechnik und Oberflächen« freut sich zudem über etliche Auszeichnungen, die die hohe wissenschaftliche Kompetenz des Fraunhofer IFAM unterstreichen. Besonders hervorzuheben ist, dass ein Wissenschaftlerteam unseres Instituts erstmals in der mehr als 40-jährigen IFAM-Geschichte den Joseph-von-Fraunhofer-Forschungspreis der Fraunhofer-Gesellschaft gewann. Auch die weiterhin äußerst fruchtbare Arbeit unseres Institutsteils für Pulvermetallurgie und Verbundwerkstoffe in Dresden sei hier erwähnt.

Viele der von uns genannten Aktivitäten, Anstrengungen und Entwicklungen werden auf den folgenden Seiten in ausgewählten Projekt- und Trendberichten vertieft. Sie geben einen detaillierten Einblick in das Wirken unserer engagierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Viel Spaß beim Lesen unseres Jahresberichts wünschen



Matthias Busse



Bernd Mayer

INHALT

VORWORT	2
---------	---

DAS INSTITUT IM PROFIL

Das Institut im Profil	8
Kurzporträt und Organigramm	10
Das Institut in Zahlen	11
Investitionen	12
Betriebs- und Investitionshaushalt	13
Erträge Betriebshaushalt	13
Personalentwicklung	14
Das Kuratorium des Instituts	15
Die Fraunhofer-Gesellschaft	16

FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

Kompetenzen und Know-how	19
Arbeitsgebiete und Ansprechpartner	22
Ausstattung	24

ERGEBNISSE AUS FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Neue Antriebskonzepte und Komponenten für Elektroautos	27
Elektrische Energiespeicher für mobile Anwendungen	31
Materialien und Technologien für nachhaltige Energiespeicherung	34
Die Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg: Erste Ziele sind erreicht	37
Langlebig, stabil und perfekt in Form – neue biokompatible Werkstoffe für Implantate und Prothesen	42
Eine starke Verbindung: Metall/Kohlenstoffnanoröhren-Verbundwerkstoffe	46



KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN

Kompetenzen und Know-how	51
Arbeitsgebiete und Ansprechpartner	54
Ausstattung	57

ERGEBNISSE AUS FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Bernd Mayer: Neuer Institutsleiter des Fraunhofer IFAM – Klebtechnik und Oberflächen – und Professor im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen	60
Start frei im CFK Nord: Die Projektgruppe Fügen und Montieren hat ihre Arbeit begonnen	64
Fraunhofer IFAM macht mit erfolgreicher F&E auf dem Gebiet der funktionellen Lacksysteme auf sich aufmerksam	70
Plasma-Hybrid-Verfahren bietet neue Möglichkeiten zum Aufbringen dünner Funktionsschichten	76
Rotorblattverbindung light – Einkleben metallischer Inserts	80
Statt Löten oder Laserschweißen: Kleben von Schneidsegmenten in situ	84

MENSCHEN UND MOMENTE

Premiere für Fraunhofer IFAM: Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2010 an Volkmar Stenzel, Yvonne Wilke und Manfred Peschka	90
Skaupy-Preis 2010 für Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback	91
Projekt zur Wärmeenergiespeicherung erhält E.ON-Forschungspreis 2010	92
Volkmar Stenzel mit CoSi-Preis 2010 für Riblet-Lacksystem »Haifischhaut« prämiert	93
Anja Zockoll und Andreas Brinkmann mit FARBE UND LACK-Preis 2010 ausgezeichnet	94
»Kleben im Leichtbau bewegter Massen« – Kai Brune erhält FTK-Nachwuchspreis 2010	95

VERBÜNDE | ALLIANZEN | ACADEMY

VERNETZT BEI FRAUNHOFER

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS	97
Fraunhofer-Allianz Adaptronik	99
Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion	100
Fraunhofer-Allianz Bau	101
Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung	101
Fraunhofer-Allianz Leichtbau	102
Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie	102
Fraunhofer-Allianz Photokatalyse	103
Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen (POLO)	103
Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik	104
Fraunhofer-Allianz Simulation	104
Fraunhofer-Allianz Verkehr	105
Fraunhofer Academy – Forschungs-Know-how für Ihren Erfolg	105

NAMEN | DATEN | EREIGNISSE

INHALT	107
Konferenzen Tagungen Workshops	108
Wissenschaftliche Veröffentlichungen	109
Patente	131
Ehrungen und Preise	132

IMPRESSUM	133
-----------	-----

DAS INSTITUT IM PROFIL

Das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM leistet aktive Forschungs- und Entwicklungsarbeit in den folgenden Bereichen.

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. Wir erarbeiten kundenspezifische Lösungen, die von so unterschiedlichen Branchen wie der Automobilindustrie, der Medizintechnik, der Luft- und Raumfahrt, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Umwelt- und Energietechnik oder der Elektronikindustrie nachgefragt werden.

Zum Thema Elektromobilität wird ein ganzheitliches Konzept mit drei Säulen verfolgt. Die Bereiche Energiespeicher und elektrische Antriebstechnik sowie Prüfen, Testen, Bewerten und Optimieren des Gesamtsystems stehen im Fokus der Arbeiten. In der Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg wird die Basis für neue Fahrzeug- und Verkehrskonzepte gelegt.

Im Themenfeld Formgebung stehen Entwicklungen zur wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Fertigung von immer komplexer werdenden Präzisionsbauteilen und Komponenten im Fokus des Interesses. Mit modernsten pulver- und gießtechnologischen Verfahren wird daran gearbeitet, die Funktionsdichte in Bauteilen zu steigern. Unser Angebot umfasst neben der Auslegung der Bauteile und der Simulation der

Formgebungsprozesse die fertigungstechnische Umsetzung und die zugehörige Schulung des Personals der Unternehmen.

Im Themenfeld Funktionswerkstoffe 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 elektronische oder sensorische Funktionen.

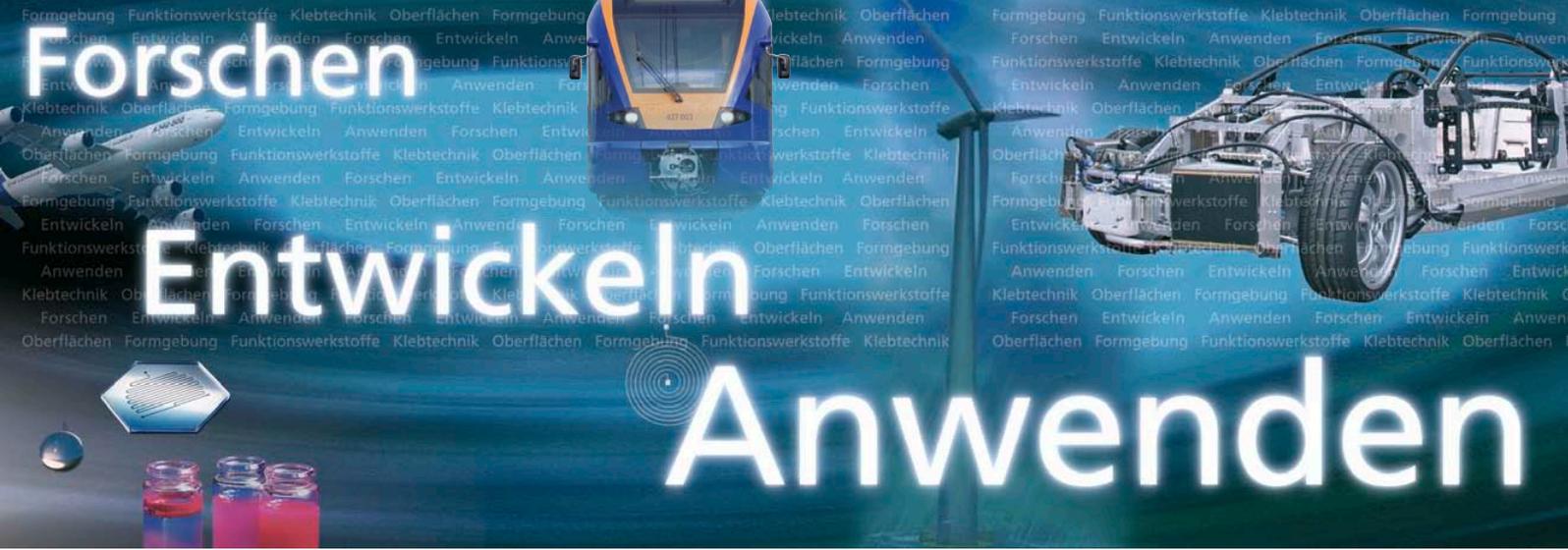
Auch die spezifischen Eigenschaften von zellularen Werkstoffen, Hybridwerkstoffen und Faserverbunden sowie Biomaterialien werden genutzt, um verschiedenste Anwendungen zu realisieren.

Klebtechnik und Oberflächen

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

Die Leistungen des Institutsbereichs 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, der Maschinen- und Anlagenbau, die Energietechnik, die Baubranche, die Verpackungs-, Textil- und Elektroindustrie sowie die Mikrosystem- und Medizintechnik.

Das Arbeitsgebiet Klebtechnik gliedert sich in die Tätigkeitsfelder Klebstoffe und Polymerchemie (Klebstoffformulierung,



Forschen

Entwickeln

Anwenden

Verbundwerkstoffe, Bioinspirierte Materialien), Klebtechnische Fertigung (Kleben in der Mikrosystem- und Medizintechnik, Klebstoffe und Analytik, Prozessentwicklung und Simulation, Applikationsverfahren), Werkstoffe und Bauweisen (Strukturberechnung und numerische Simulation, mechanische Füge-technik), Fügen und Montieren von FVK-Großstrukturen im 1:1-Maßstab (Fügetechnologien, Präzisionsbearbeitung, Montage- und Anlagentechnik, Messtechnik und Robotik) sowie die Anerkannte Stelle des Eisenbahn-Bundesamtes nach DIN 6701.

Die Plasmatechnik mit ihren Arbeitsgruppen Niederdruck-Plasmatechnik, Atmosphärendruck-Plasmatechnik und Anlagentechnik/Anlagenbau sowie die Lacktechnik mit ihren Bereichen Entwicklung von Beschichtungsstoffen und Funktionsbeschichtungen sowie Anwendungs- und Verfahrenstechnik sind im Arbeitsgebiet Oberflächen zusammengefasst.

Ergänzt werden diese beiden Arbeitsgebiete durch die Adhäsions- und Grenzflächenforschung mit den Arbeitsgruppen Oberflächen- und Nanostrukturanalytik, Applied Computational Chemistry, Elektrochemie/Korrosionsschutz und Qualitätssicherung Oberfläche.

Ein Angebot, das die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ergänzt und von allen Branchen genutzt wird, ist die zertifizierende Weiterbildung im Bereich der Klebtechnik. Nach der erfolgreichen Implementierung des klebtechnischen Personalqualifizierungskonzepts des Klebtechnischen Zentrums im deutschsprachigen Raum und der Durchführung von Weiterbildungslehrgängen in weiteren europäischen Ländern werden die Lehrgänge jetzt auch weltweit für multinational tätige Unternehmen angeboten. Das Weiterbildungsangebot des Kunststoff-Kompetenzzentrums zur Faserverbundtechnologie rundet das Profil ab.

Kompetenznetzwerk am Fraunhofer IFAM

Formgebung und Funktionswerkstoffe

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

Klebtechnik und Oberflächen

- Anerkannte Stelle des Eisenbahn-Bundesamtes nach DIN 6701
- Adhäsions- und Grenzflächenforschung
- Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM
- Geschäftsfeld Entwicklung
- 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 die 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.

Von Juni 2009 bis Ende Juli 2010 übernahm Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig kommissarisch die Institutsleitung und leitete den Bereich Klebtechnik und Oberflächen.

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer leitet seit dem 1. August 2010 als Mitglied der Institutsleitung den Institutsteil Klebtechnik und Oberflächen.

In den Arbeitsgebieten Formgebung und Funktionswerkstoffe sowie Klebtechnik und Oberflächen zählt das Institut als neutrale, unabhängige Einrichtung zu den größten in Europa. 2010 betrug der Gesamthaushalt des Fraunhofer IFAM rund 35,3 Millionen Euro, beschäftigt waren 478 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, davon 93 Prozent im wissenschaftlich-technischen Bereich.



DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Der Gesamthaushalt des Fraunhofer IFAM (Aufwendungen und Investitionen) im Jahr 2010 setzte sich zusammen aus den Haushalten der beiden Institutsteile Formgebung und Funktionswerkstoffe sowie Klebtechnik und Oberflächen. Die Ergebnisse der Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM in Stade werden 2010 erstmalig dargestellt.

Haushalt

Das vorläufige Haushaltsergebnis betrug insgesamt 35,3 Millionen Euro. Die einzelnen Institutsteile erreichten nachstehende Ergebnisse:

Formgebung und Funktionswerkstoffe Bremen

Betriebshaushalt (BHH)	8,7 Mio Euro
eigene Erträge	6,9 Mio Euro
davon	
Wirtschaftserträge	2,1 Mio Euro
Bund/Land/EU/Sonstige	4,8 Mio Euro
Investitionshaushalt (IHH)	3,1 Mio Euro

Formgebung und Funktionswerkstoffe Dresden

Betriebshaushalt (BHH)	4,2 Mio Euro
eigene Erträge	3,2 Mio Euro
davon	
Wirtschaftserträge	0,9 Mio Euro
Bund/Land/EU/Sonstige	2,3 Mio Euro
Investitionshaushalt (IHH)	0,8 Mio Euro

Klebtechnik und Oberflächen Bremen

Betriebshaushalt (BHH)	15,8 Mio Euro
eigene Erträge	12,9 Mio Euro
davon	
Wirtschaftserträge	7,5 Mio Euro
Bund/Land/EU/Sonstige	5,4 Mio Euro
Investitionshaushalt (IHH)	1,6 Mio Euro

Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren

FFM Stade

Betriebshaushalt (BHH)	1,1 Mio. Euro
eigene Erträge	0,8 Mio. Euro
davon	
Wirtschaftserträge	0,2 Mio. Euro
Bund/Land/EU/Sonstige	0,6 Mio. Euro

INVESTITIONEN

Im Fraunhofer IFAM wurden 2010 Investitionen in Höhe von 5,5 Millionen Euro getätigt. Sie verteilen sich wie angegeben auf die verschiedenen Institutsteile. Die wichtigsten Anschaffungen sind aufgeführt.

Formgebung und Funktionswerkstoffe Bremen IHH (3,1 Mio Euro)

- Ramanspektrometer/AFM
- TGA/DSC/MS Analytik
- Batteriemessstände Maccor, Basytec und Solatron
- Impedanzanalyser (Novocontrol)
- Spritzgießmaschine Boy XS
- Sensorteststand in Form einer hydraulischen Schwingprüfmaschine
- Probostat-Messkopf (Novocontrol)
- (Bi-)Potentiostat
- 3-Walzenstuhl (Pastenhomogenisierung)
- Elektrofahrzeuge für Flottenversuche der Modellregion Bremen/Oldenburg

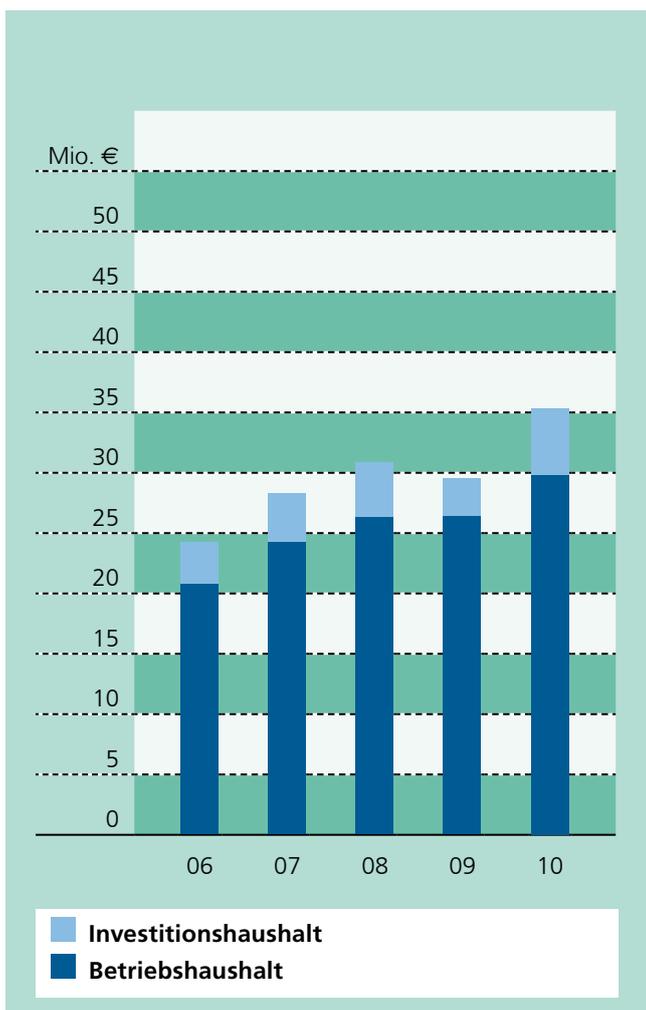
Klebtechnik und Oberflächen Bremen IHH (1,6 Mio Euro)

- Multi-Use Tribometer mit Modul für Nanoindentierung
- Ionenchromatographie
- Galvanik-Anlage
- Handgerät zur Kernspinresonanzspektroskopie
- Doppelschneckenextruder

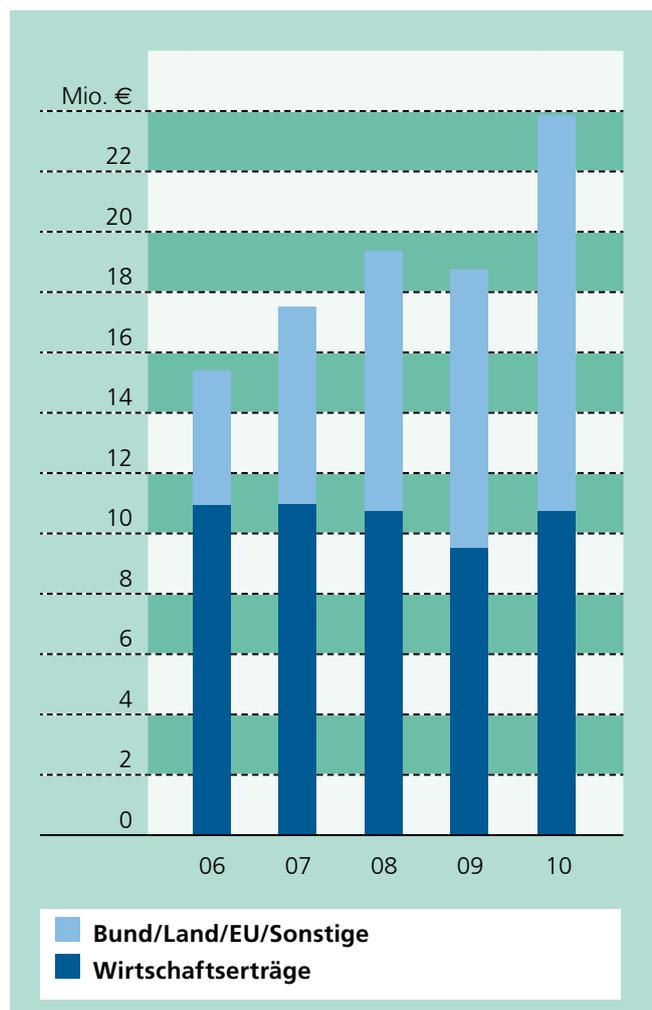
Formgebung und Funktionswerkstoffe Dresden IHH (0,8 Mio Euro)

- Dynamisches Hochdruck-Wärmestrom-Differenz-Kalorimeter
- Gas-Analyse-Gerät (Sieverts-Apperatur)
- Laserkonfokalmikroskop

BETRIEBS- UND INVESTITIONSHAUSHALT



ERTRÄGE BETRIEBSHAUSHALT

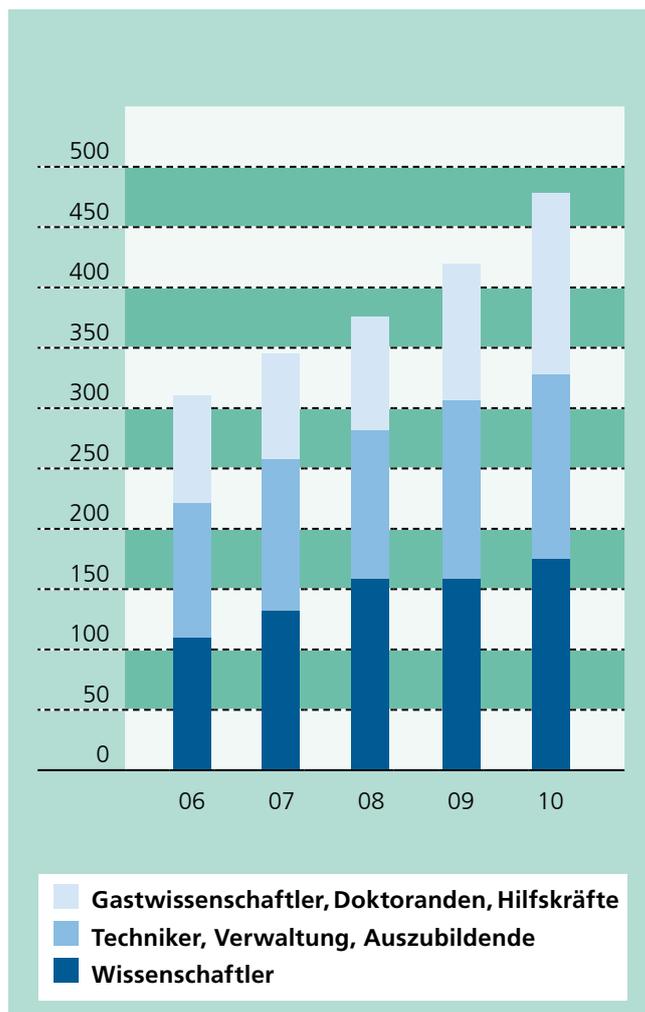


PERSONALENTWICKLUNG

Am 31. Dezember 2010 waren am Fraunhofer IFAM an den Standorten Bremen und Dresden sowie den Fraunhofer-Projektgruppen Oldenburg und Stade insgesamt 478 Personen (davon 93 Prozent im wissenschaftlich-technischen Bereich) tätig. Im Vergleich zum Vorjahr konnte das Institut bei der Zahl der fest angestellten Mitarbeiter einen Zuwachs von 13 Prozent verzeichnen.

Personalstruktur 2010

Wissenschaftler	175
Technische Mitarbeiter	108
Verwaltung/interne Dienste/Azubis	45
Doktoranden/Praktikanten/Hilfskräfte	150
Insgesamt	478



DAS KURATORIUM DES INSTITUTS

Mitglieder

Prof. Dr. Jürgen Klenner

Vorsitzender des Kuratoriums
Airbus Deutschland GmbH
Bremen

Dr. Ramon Bacardit

Henkel AG & Co. KGaA
Düsseldorf

Dr. Klaus Dröder

Volkswagen AG
Wolfsburg

Prof. Dr. Michael Dröscher

EVONIK Degussa GmbH
Essen

Prof. Dr. Reinhard X. Fischer

Universität Bremen
Bremen

Michael Grau

Mankiewicz Gebr. & Co.
Hamburg

Dr. Stefan Kienzle

Daimler AG
Ulm

Dr. Johannes Kurth

KUKA Roboter GmbH
Augsburg

Carsten Meyer-Rackewitz

tesa SE
Hamburg

Dr. Matthias Müller

Robert Bosch GmbH
Stuttgart

Reinhard Nowak

Glatt GmbH
Binzen

Staatsrat Carl Othmer

Die Senatorin für Bildung
und Wissenschaft der
Freien Hansestadt Bremen
Bremen

Dr. Ralf-Jürgen Peters

TÜV Rheinland
Consulting GmbH
Köln

Dr. Rainer Rauh

Airbus Deutschland GmbH
Bremen

Jan Tengzelius M. Sc.

Höganäs AB
Höganäs, Schweden

Christoph Weiss

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

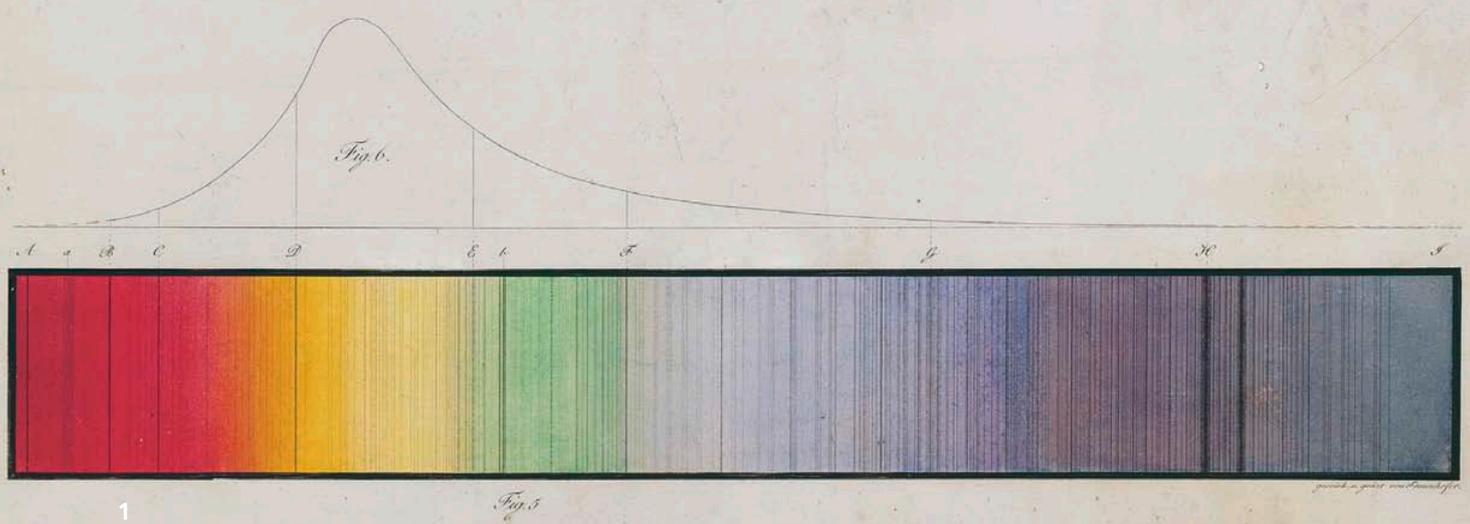
Min.-Rat Dr. R. Zimmermann

Sächsisches Staatsministerium
für Wissenschaft und Kunst
Dresden

Gast

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 mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,65 Milliarden Euro. Davon fallen 1,40 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 erarbeiten 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 an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung 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.

1 Fraunhofers Zeichnung des Sonnenspektrums.

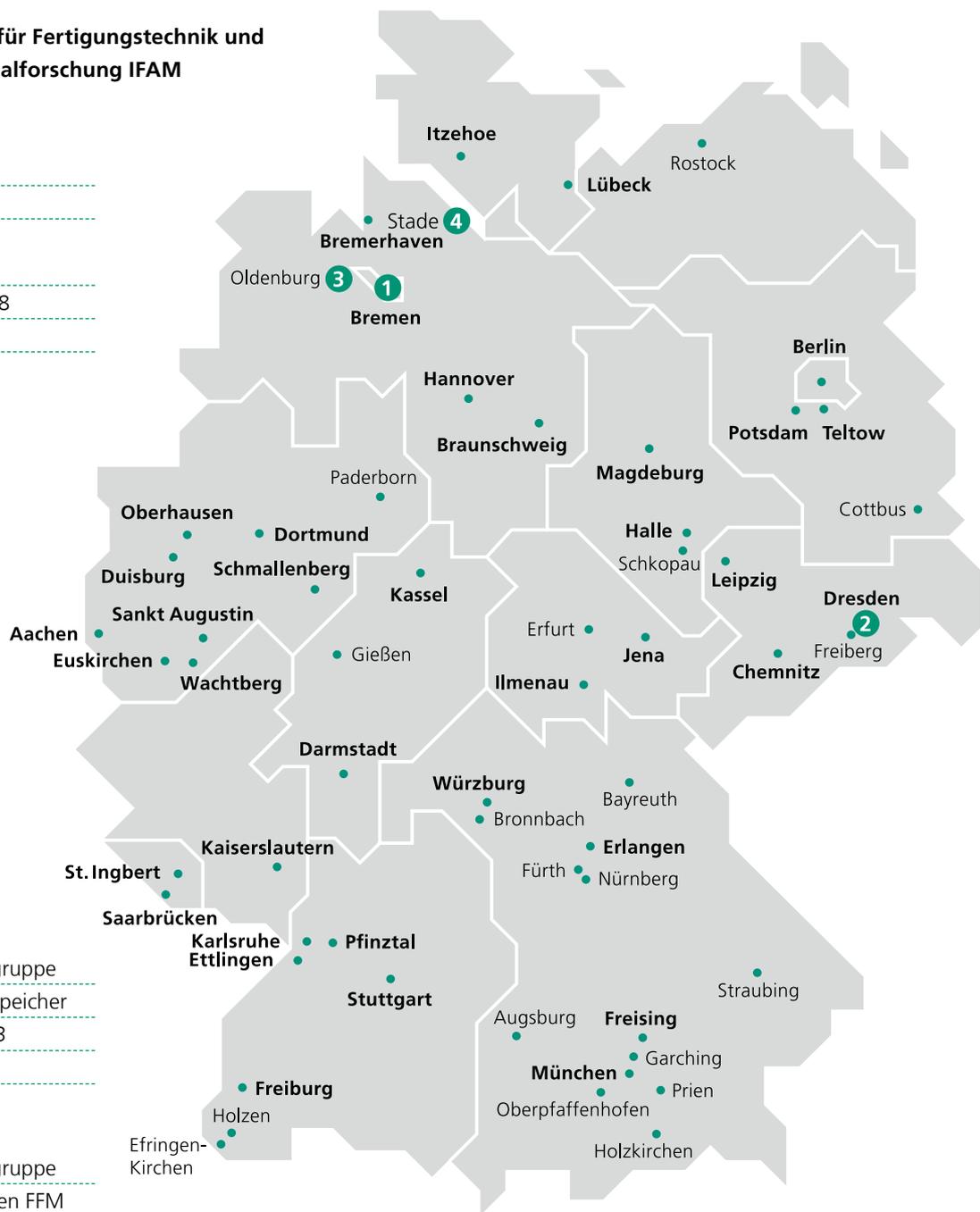
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

1
 Wiener Straße 12
 28359 Bremen

2
 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

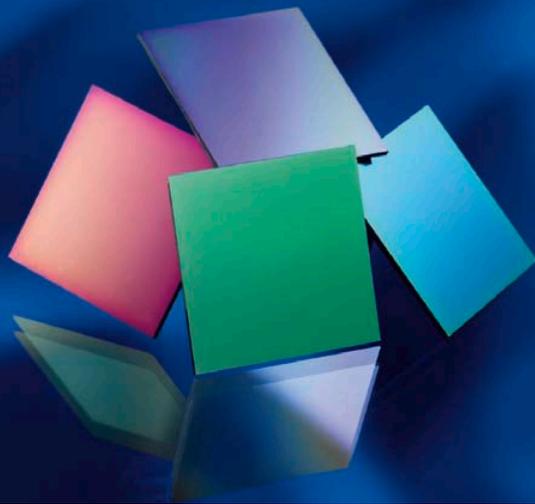


Institute und Einrichtungen
 Weitere Standorte

FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE



2



3



KOMPETENZEN UND KNOW-HOW

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 des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung – Formgebung und Funktionswerkstoffe – einen hohen Stellenwert.

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

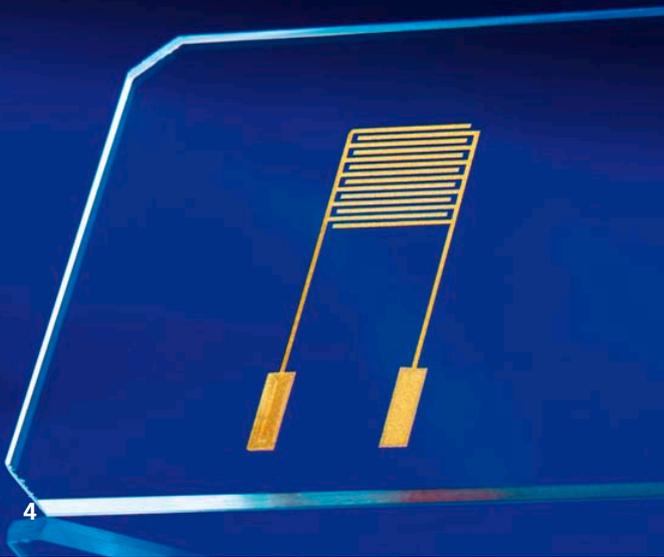
Multifunktionsbauteile mit integrierter Sensorfunktion stellen spezifische Anforderungen an die eingesetzten Werkstoffe. Durch Kombinationen verschiedener Werkstoffe in einer Komponente können Eigenschaften lokal maßgeschneidert werden. Diese Materialkombinationen zu gestalten und in Fertigungsprozessen 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.

Fertigungsverfahren wie Spritzguss finden heute Anwendung bei der Herstellung von geometrisch anspruchsvollen

Bauteilen aus zahlreichen metallischen Legierungen und aus keramischen Werkstoffen. Es ist jetzt 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 **Zukunft Energieversorgung:** Für höhere Reichweiten entwickelt das Fraunhofer IFAM neue Speichertechnologien (Foto: Dr. Hermann Pleteit).
- 2 **Mittels Magnetronspütern hergestellte, funktionelle Dünnschichten.**
- 3 **Verbundwerkstoff einlaminiert in ein Sandwichbauteil zur Bauteilüberwachung.**



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 Kompetenzausbau mit dem Lost-Foam-Gießverfahren kontinuierlich vorangetrieben. Bei der Entwicklung der »CAST^{trionics}®-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 und daraus werden neue technologische Herausforderungen abgeleitet. 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 dies für die Urformverfahren hervorzuheben, da im Fertigungsprozess gleichzeitig Werkstoffeigenschaften und die Bauteilgeometrie beeinflusst werden können. Der sich daraus ergebende Markt wächst aufgrund zunehmender Produktkomplexität.

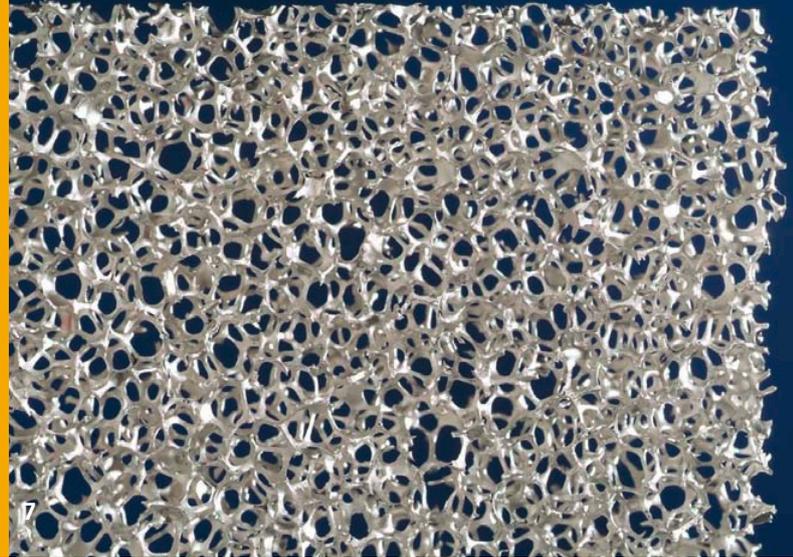
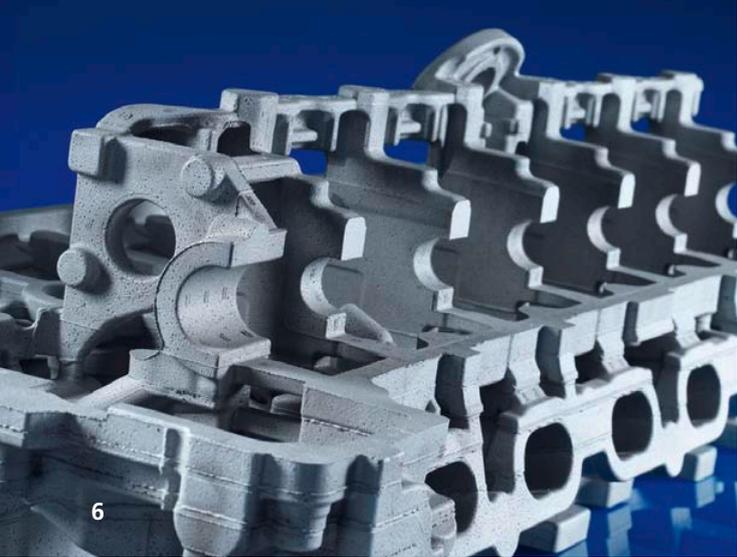
Werkstoffeigenschaften und Technologien für strukturelle und funktionelle Anwendungen werden maßgeschneidert und charakterisiert. Hierzu werden Hochleistungswerkstoffe, Verbundwerkstoffe, Gradientenwerkstoffe und Smart Materials weiterentwickelt sowie Fertigungstechnologien zur Integration der Eigenschaften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

Ein sich dynamisch entwickelndes Arbeitsgebiet ist das Thema Elektromobilität mit den Schwerpunkten Energiespeicher, Antriebstechnik und Systemprüfung. In enger Zusammenarbeit mit Partnern der Metropolregion Nordwest wird an neuen Batteriesystemen gearbeitet. In dem Projekt »Systemforschung Elektromobilität« der Fraunhofer-Gesellschaft konzentrieren sich die Aktivitäten des Fraunhofer IFAM auf die Entwicklung von Magnetwerkstoffen für Radnabenmotoren und den Aufbau eines elektrisch angetriebenen Pkws als Prototyp für die Integration neuer Komponenten. Ein Leistungszentrum für die Messung der kompletten elektrischen Antriebstechnik 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 Dauerlaufeigenschaften elektrischer Antriebssysteme anhand von realen und speziell designten Fahrzyklen.

Perspektiven

Der Versuchsaufbau für den elektrischen Antriebsstrang soll durch so genannte Fahrzeugmodelle ergänzt werden, wodurch die fahrzeugspezifischen Daten (Fahrzeuggewicht, Fahrwiderstände etc.) in den Versuch integriert werden können. Somit wird es möglich, die zu untersuchenden Batterien und Motoren im Kontext verschiedener Fahrzeugmodelle zu bewerten.



Die Entwicklung neuer fertigungstechnischer Möglichkeiten für eine kostengünstige Herstellung von Komponenten für den Antriebsstrang im Elektrofahrzeug haben eine große wirtschaftliche Attraktivität und stellen 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.

Mit dem Blick auf eine wertstoffhaltende Produktion sollen generative Fertigungsverfahren weiter ausgebaut werden und in Prozessketten der digitalen Produktion integriert werden.

Dies wird auch im Zusammenhang mit Recyclingkonzepten insbesondere für strategische Metalle wie z. B. seltene Erden betrachtet.

- 4 Gedruckte Gold-Interdigitalstruktur zur Herstellung von selektiven Sensoren.
- 5 Studie für einen Wärmetauscher: Massiver Mantel – poröser Kern, Stahl 1.4542, laser-generiert.
- 6 Komplexes Lost-Foam-Gussteil (Zylinderkopf BMW).
- 7 Offenzellige metallische Schaumstruktur.

ARBEITSGEBIETE UND ANSPRECHPARTNER

Institutsleitung

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

120 kW; Prüfstand für Batterien bis 50 kWh; Fahrzyklenanalyse; Reichweitenbestimmung; Systemprüfung elektromotorischer Antriebsstrang.

Biomaterial-Technologie

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.

Funktionsstrukturen

Dr. rer. nat. Volker Zöllmer
Telefon +49 421 2246-114
volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de
(Nano)-Komposite; Nanodispersionen;
nanoporöse Schichten; Funktionsintegration;
INKtelligent printing®: Ink-Jet-Printing
und Aerosol-Jet®; Sputtertechnologien; Sonderanlagen.

Elektrische Energiespeicher

Prof. Dr. Bernd H. Günther, Dr. Julian Schwenzel
Telefon +49 441 36116-262
julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de
Zellchemie; Metall-Luft-Batterien; Zyklovoltammetrie;
Batterieteststände; Raman-/Impedanzspektroskopie;
Simulation, Lebensdauer/Alterung.

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.

Elektrische Systeme

Dr.-Ing. Gerald Rausch
Telefon +49 421 2246-242
gerald.rausch@ifam.fraunhofer.de
Elektromobilität; Elektrofahrzeuge; E-Motoren-Prüfstand bis

Materialographie und Analytik

Dr.-Ing. Andrea Berg
Telefon +49 421 2246-146
andrea.berg@ifam.fraunhofer.de
Schadensanalyse; metallographische Schliifuntersuchung;
Pulvermesstechnik; Rasterelektronenmikroskopie mit EDX-

Analyse; Thermische Analyse; Dilatometrie; Spurenanalyse; Emissionsspektrometrie.

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.

Dienstleistungszentren und Ansprechpartner

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

Standort Dresden

Pulvermetallurgie und Verbundwerkstoffe

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback
 Telefon +49 351 2537-300
 Winterbergstraße 28 | 01277 Dresden
www.ifam-dd.fraunhofer.de

Zellulare metallische Werkstoffe

Dr.-Ing. Günter Stephani
 Telefon +49 351 2537-301
guenter.stephani@ifam-dd.fraunhofer.de
 Fasermetallurgie; hochporöse Strukturen; metallische Hohlkugelstrukturen; offenzellige PM-Schäume; Siebdruckstrukturen, Sinterpapier.

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; Werkstoffe für die Wasserstoffspeicherung.

AUSSTATTUNG

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 3-D-Printing auch in Farbe
- | Kaltkammer-Druckgussmaschine (echtzeitgeregelt, Schließkraft 660 t)
- | Warmkammer-Druckgussmaschine (echtzeitgeregelt, Schließkraft 315 t)
- | Sandguss
- | Pilotanlagen zur Herstellung von Metallschaumbauteilen
- | Mikrowellenanlage
- | Siebdruckmaschine
- | Styroporfräse
- | Heißdrahtschneideanlage
- | Modellfertigung Lost-Foam-Verfahren
- | Gießanlage Lost-Foam-Verfahren
- | Spark-Plasma-Sinteranlage (bis 300 mm Bauteildurchmesser)

Mikro- und Nanostrukturierung

- | Ink-Jet-Printing-Technologien
- | Aerosol-Jet®-Technologie
- | 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)
- | Anlagen zur Herstellung metallischer Nanopulver und Nanosuspensionen
- | Teststand zur Charakterisierung funktioneller Tinten für Ink-Jet-Printing-Verfahren
- | Schmelzextraktionsanlage (Metallfasern)
- | Rascherstarrungsanlage zur Herstellung nanokristalliner oder amorpher Bänder oder Flakes
- | Schnellmischer und Scherwalzenextruder zur MIM-Feedstockherstellung
- | Doppelschneckenextruder
- | Kompoundierung von Biopolymeren und Kompositen
- | Granulator

Instrumentelle Analytik

- | Rheometrie
- | Mikrozugprüfmaschine
- | Tensiometer



- 2-D-/3-D-Laser-Oberflächen-Profilometrie
- Wärmeleitfähigkeitsmessung von Formstoffen
- IR-Laser zur Dichtebestimmung transluzenter Materialien
- Magnetmesstechnik
- Elektrische Charakterisierung
- Dynamische Sensorcharakterisierung
- FIB – Focus Ion Beam

Zertifiziert nach DIN 9001:2008

- REM-Rasterelektronenmikroskopie mit EDX
- Röntgenfeinstrukturanalyse
- Thermoanalytik mit DSC, DTA, TGA
- Sinter-/Alpha-Dilatometrie (akkreditiert)
- Pulvermesstechnik mit BET und Lasergranulometrie (Partikelgrößenanalyse)
- Spurenelementanalyse (C, N, O, S)
- Materialographie
- Emissionsspektrometer
- Röntgen-Tomograph (160 kV)
- Gasdurchlässigkeitsbestimmung

Elektrische Energiespeicher

- Batterie- und Zellteststände (Zyklisierer)
- Impedanzspektroskopie
- Raman-Spektrometer mit integrierter AFM
- Thermoanalytik mit integrierter MS/IR
- Schutzgas-System mit integrierter PVD-Einheit zur Elektrodenbeschichtung und Zellherstellung

Elektromobilität

- Zwei Motorenprüfstände bis 120 kW
- Batterieteststand bis 50 kWh

Rechner

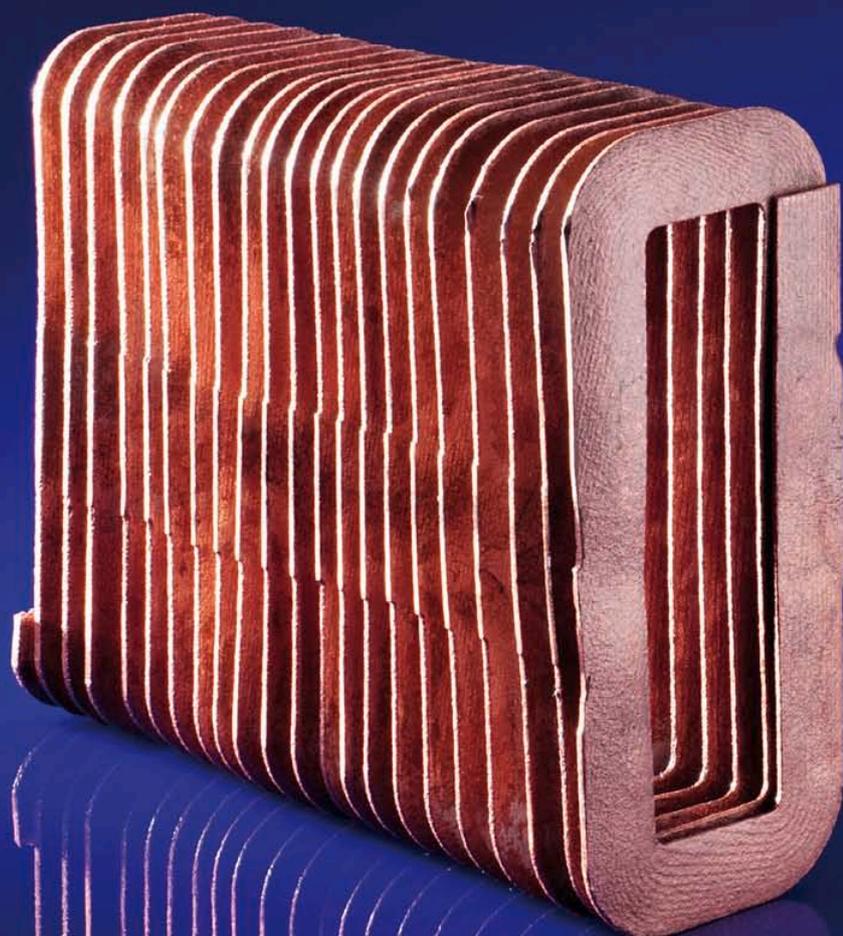
- Hochleistungs-Workstations mit Software zur nichtlinearen FE-Analyse, zur Formfüll- und Erstarrungssimulation sowie zur Bauteiloptimierung

1 Motorprüfstand Wellenausrichtung.

2 Universalprüfmaschine zur dynamischen Charakterisierung von gedruckten Sensoren.

FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

ERGEBNISSE AUS FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG



NEUE ANTRIEBSKONZEPTE UND KOMPONENTEN FÜR ELEKTROAUTOS

Um Elektroautos alltagstauglich zu machen, werden neue Fahrzeugkonzepte und Bauteile benötigt. Batteriesystem, Ladegerät und Motor – wie sehen die Komponenten der künftigen Fahrzeuge aus und wie funktionieren sie im Zusammenspiel? Fraunhofer-Forscher entwickeln Bauteile für Elektrofahrzeuge und testen sie im Demonstrator-Fahrzeug »Frecc0«. Die Gießereitechnologie am Fraunhofer IFAM entwickelt dabei innerhalb der Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität Radnabenmotoren mit hoher Drehmomentdichte. Sie haben gute Chancen, sich als Antriebskonzept für Elektrofahrzeuge durchzusetzen.

Elektromobilität – Auswirkungen auf die zukünftigen Aufgabenfelder und Produkte der Gießereitechnologie

Die zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstrangs – beginnend mit dem erfolgreichen Markteintritt von Hybridfahrzeugen in den letzten Jahren – ist angesichts der weiter steigenden Kraftstoffpreise, der begrenzten Ölreserven sowie der Auswirkungen des Individualverkehrs auf Umwelt und Klima mit daraus folgenden, immer schärferen Emissionsgesetzgebungen ein nicht mehr umkehrbarer Prozess. Zwar wird der Verbrennungsmotor aller Voraussicht nach auch in den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten als Antrieb in Kraftfahrzeugen zum Einsatz kommen und auch immer weiter optimiert werden, jedoch wird seine Bedeutung als alleinige Lösung zur Erzeugung von Antriebsenergie sinken. Dies ist letztlich auch vor dem Hintergrund einer erwachenden Individualmobilität im bevölkerungsreichen und hoch dynamischen asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum eine unbedingte Notwendigkeit, wenn die Luftverschmutzung in den Mega-Cities und Agglomerationen weltweit vor dem Hintergrund der Klimaziele nicht weiter zunehmen soll. Es wird also voraussichtlich kein disruptiver Technologiewandel stattfinden, sondern noch über Jahrzehnte ein Nebeneinander der konventionellen, gegeb-

nenfalls hybridisierten Antriebstechnik mit Traktionselektroantrieben geben.

Für die Produktions- und Fertigungstechnik und insbesondere für die Gießereitechnologie bedeutet dieser allmähliche Wechsel der Antriebstechnologie notwendigerweise auch einen Wandel im Produktportfolio: Über der Zeit ist ein Wegfall klassischer gießtechnisch hergestellter Baugruppen im Automobil wie Zylinderkopf, Schaltgetriebegehäuse, Krümmer, Einspritzpumpe usw. hinsichtlich der Variantenvielfalt und der absetzbaren Stückzahl zu erwarten. Auch wenn der Ersatzteilmarkt noch auf Jahre hinweg einen nennenswerten Absatz verspricht, müssen sich die Automobilindustrie und ihre Zulieferer auf allen Ebenen rechtzeitig auf einen Wandel der Produkte und damit auch der notwendigen Produktions- und Fertigungstechnologie einstellen.

Die Hybridisierung von Fahrzeugen bedingt dabei über einen gewissen Zeitraum quasi ein Nebeneinander beider Antriebstechnologien. Dies birgt die Chance, sowohl weiterhin für den heutigen Kundenkreis die »klassischen« Produkte anzubieten,

1 *Gießtechnisch hergestellte Spule für elektrische Maschinen.*



2

als auch sich durch eine Neuausrichtung bereits mit Komponenten für die Elektromobilität zu befassen. Die zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstrangs und Verwendung von Energiespeichern (Batterien) ändert das Portfolio möglicher Produkte, die mittels Gießverfahren hergestellt werden können. Dies betrifft beispielsweise Komponenten von Traktionsselektromotoren oder Batteriegehäuse, für die sich neue Anwendungsgebiete der Gießereitechnologie ergeben.

Weiterentwicklung von großserienfähigen Fertigungsverfahren in der Gießereitechnologie

Das Fraunhofer IFAM beschäftigt sich im Kontext der Elektromobilität einerseits mit zahlreichen Fragestellungen zur spezifischen Komponentenentwicklung und andererseits mit der für eine Serienproduktion von Elektrofahrzeugen und deren wesentlichen Komponenten notwendigen Weiterentwicklung der Produktions- und Fertigungsverfahren. Hier ist vor allem die Gießereitechnologie zu nennen, die einen wesentlichen Beitrag zur Kostensenkung und Großserienfähigkeit von Elektrofahrzeug-Komponenten leisten kann. Die Arbeits- und Entwicklungsschwerpunkte des Fraunhofer IFAM liegen hier u. a. in der Weiterentwicklung des Druckgießprozesses, z. B. in Richtung einer stärkeren Funktionsintegration von Gussbauteilen (CAST^{TRONICS}®), in der Anwendung des Lost-Foam-Verfahrens zur Herstellung komplexer Bauteilgeometrien oder in der Material- und Verfahrensentwicklung mit dem Ziel einer Verbesserung der Materialeigenschaften und der gießtechnischen Verfahren hinsichtlich der Anforderungen einer industriellen Fertigung. Den Schwerpunkt im Arbeitsfeld »Komponentenentwicklung« bilden die Auslegung und Entwicklung elektrischer Maschinen und Steuergeräte sowie die Weiterentwicklung von großserienfähigen Fertigungsverfahren für Elektrofahrzeug-Komponenten.

Nachhaltige und ganzheitliche Betrachtung – Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit Mitteln des Konjunkturpakets geförderten Verbundprojekts »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität – FSEM« werden Fragestellungen zur Elektromobilität aus einer Systemperspektive betrachtet. Strategisches Ziel der Fraunhofer-Gesellschaft ist ein weiterer Kompetenzaufbau und eine Erweiterung des Leistungsportfolios auf dem Gebiet der Elektromobilität. Die Forschungsarbeiten fokussieren auf die wesentlichen Komponenten eines Elektrofahrzeugs und deren optimale Einbindung in das Energieversorgungsnetz. Es werden auch gesellschaftspolitische Fragestellungen wie z. B. die Verfügbarkeit von Ressourcen detailliert betrachtet. Mit dem Aufbau von Demonstrator-Fahrzeugen als wissenschaftliche Integrationsplattformen wird nicht nur eine Weiterentwicklung auf Komponentenebene verfolgt, sondern auch eine Integration und Applikation der gemeinsam entwickelten Komponenten im Gesamtfahrzeug erzielt.

Innerhalb des FSEM-Projekts ist das Fraunhofer IFAM maßgeblich an drei Themen beteiligt. Diese sind die Bereitstellung optimaler Fügetechniken zur effizienten Fertigung von Batteriesystemen, die elektromagnetische Auslegung, Konstruktion und Fertigung eines kompakten Radnabenmotors mit sehr hoher Drehmomentdichte sowie den Aufbau und die Integration der Fraunhofer-Komponenten in das Demonstrator-Fahrzeug »Fraunhofer e-concept car type 0 – Frecc0« (Abb. 1 und 2).

Konsequente Nutzung der Vorteile von gießtechnischen Herstellungsverfahren

Die Gießereitechnologie kann einen wesentlichen Beitrag zur Kostensenkung und Großserienfähigkeit von Elektrofahrzeug-



3



4

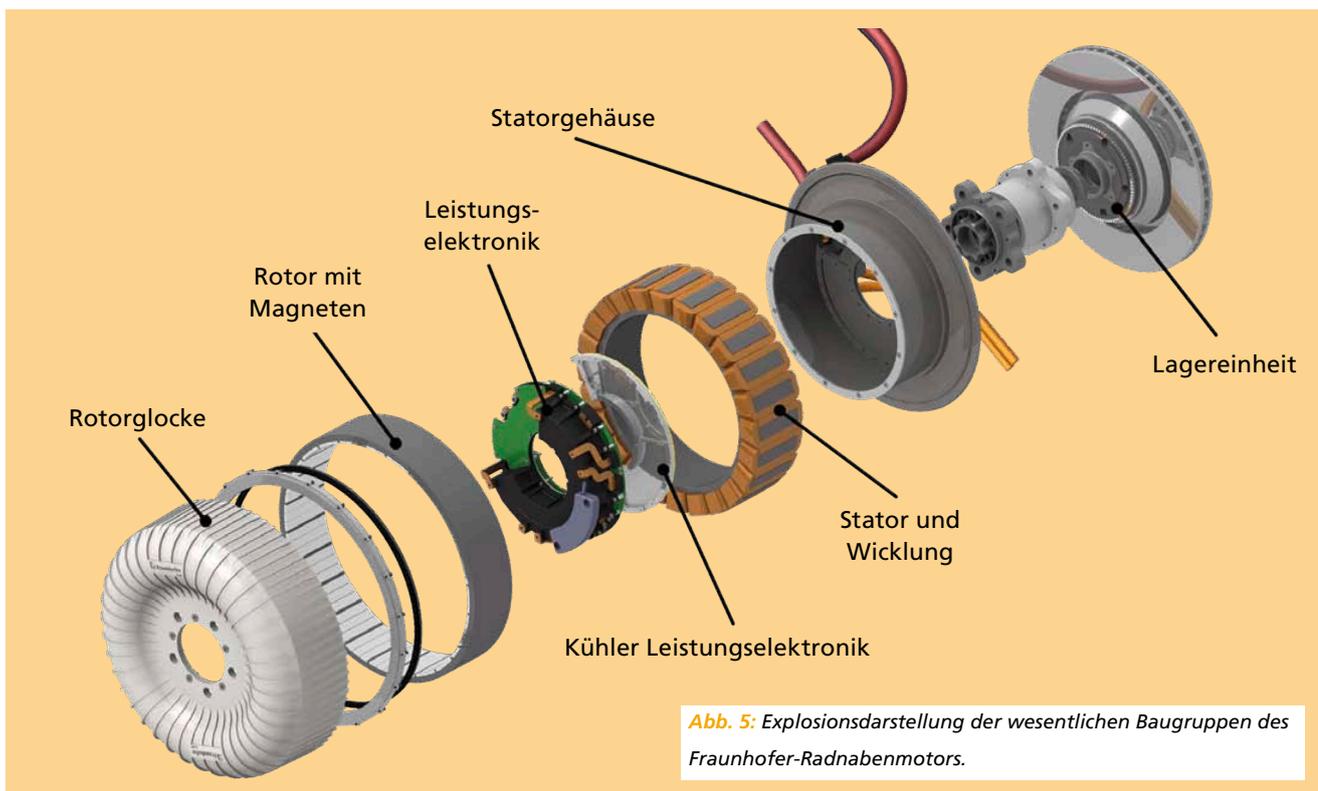


Abb. 5: Explosionsdarstellung der wesentlichen Baugruppen des Fraunhofer-Radnabenmotors.

Komponenten leisten. Am Beispiel des im Rahmen der »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität – FSEM« entwickelten Radnabenmotors (Abb. 4 und 5) werden Wege aufgezeigt, wie gießtechnische Fertigungsverfahren z. B. bei der notwendigen höheren Funktionsintegration in komplexen Bauteilen wichtige Impulse geben und Potenziale für notwendige deutliche Kostensenkung aufzeigen können.

Der Motor ist als permanentmagneterregte Synchronmaschine in Außenläuferbauweise ausgeführt. Die Rotorglocke, die das erzeugte Antriebsdrehmoment an die Räder überträgt, ist konstruktiv als Aluminium-Druckgussbauteil ausgelegt. Sie trägt einen weichmagnetischen Blechring, in den die Permanentmagnete eingeklebt werden. Am Statorgehäuse wird der eigentliche Stator als Blechpaket mit den Spulenwicklungen montiert. Das Bauteil ist dabei als Gussteil im Lost-Foam-Gieß-

verfahren ausgeführt. Die Verfahrensvorteile hinsichtlich der geometrischen Gestaltung werden dabei genutzt, um integrierte Kanäle für die Flüssigkeitskühlung des Statorblechpakets und der ebenfalls im Motorbauraum integrierten Leistungselektronik zu realisieren. Durch die konsequente Nutzung der Vorteile von gießtechnischen Herstellungsverfah-

- 2 Das »Fraunhofer e-concept car type 0-Frecc0« auf Basis des Artega GT.
- 3 Die Bundesministerin für Bildung und Forschung Prof. Dr. Annette Schavan und der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger testen den Artega GT, der als Plattform für die Integration der Fraunhofer-Komponenten genutzt wird.
- 4 Radnabenmotor.

ren kann eine schnelle Umsetzung in eine mögliche Serienfertigung im Nachgang des FSEM-Projektes erreicht werden. Damit werden alle wesentlichen mechanischen Komponenten des Radnabenmotors als Gussteile hergestellt.

Um einen Beitrag zur Erhöhung der Großserienfähigkeit von Elektromotoren als Antriebssystem im Automobil zu leisten, verfolgt das Fraunhofer IFAM mit dem im Jahr 2010 zum Patent angemeldeten Verfahren zur »gießtechnischen Herstellung von Spulen für elektrische Maschinen« einen völlig neuen Ansatz (Abb. 5). Das Ziel der Arbeiten liegt darin, zum einen eine gießtechnische Herstellung der Spulen eines Antriebsmotors zu demonstrieren sowie die Eigenschaften hinsichtlich der damit erzielbaren Leistung und der entstehenden Verluste zu charakterisieren. Zum anderen soll durch Ausnutzung der verfahrenstechnischen Vorteile, z. B. im Feinguss, eine Maximierung des Nutzfüllfaktors erreicht werden. Durch die bessere Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraumes wird es möglich, entweder bei gleichbleibender Geometrie eine größere Leistung und einen besseren Wirkungsgrad zu erzielen oder bei gleichbleibenden Leistungsdaten den Bauraumbedarf zu verringern und dadurch Gewicht einzusparen. Es ist ebenso vorstellbar, Aluminium als alternativen Leiterwerkstoff zu verwenden, um eine weitere Gewichtseinsparung bei deutlicher Senkung der Rohstoffkosten zu realisieren.

Eine weitere Entwicklungsrichtung liegt in der pulvermetallurgischen Herstellung der weichmagnetischen Komponenten des Elektromotors. Dies betrifft im Wesentlichen das Statorblechpaket, welches segmentweise durch gesinterte Bauteile ersetzt werden soll. Vorteilhaft dabei ist, dass das weichmagnetische Material eine dreidimensionale Flussführung ermöglicht und damit die Realisierung von neuartigen Maschinenkonzepten möglich macht. Aktuell werden simulativ und experimentell unterschiedliche Materialien und Verfahrensabläufe hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit untersucht. Gießtechnische Herstellungsverfahren können jedoch nicht nur in Antriebssystemen einen Beitrag zur Kostensenkung leisten, sondern dies auch bei anderen Fahrzeugkomponenten



Abb. 5: Schnittdarstellung einer gießtechnisch hergestellten Spule mit maximaler Ausnutzung der Nutzfläche.

wie z. B. dem Batteriesystem oder auch in Strukturbauteilen (z. B. in Gussknoten bei Rahmenbauweisen) erzielen. Hier spielt beispielsweise die Funktionsintegration von Sensorik im Sinne eines »Structural Health Monitoring« aus Sicherheitserwägungen heraus eine wesentlichen Rolle.

Auftraggeber

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

KONTAKT

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann
Telefon +49 421 2246-225
franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de

Institut

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



ELEKTRISCHE ENERGIESPEICHER FÜR MOBILE ANWENDUNGEN

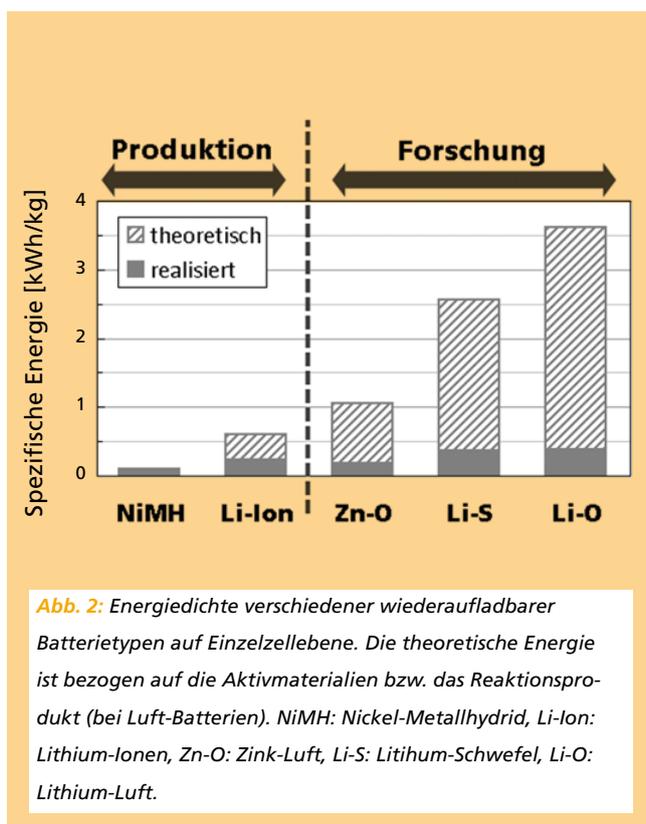
Elektrische Energiespeicher sind Kernelemente der meisten elektrisch betriebenen mobilen Produkte. Sie müssen die unterschiedlichsten Anforderungsprofile erfüllen. Eine umfassende Markteinführung von modernen Elektrofahrzeugen ist signifikant von der Effizienz der Speichertechnologie abhängig. Bei der Komponenten- und Systementwicklung von Batterien der nächsten Generation sind dabei insbesondere materialwissenschaftliche und fertigungstechnische Lösungen gefragt – ein Ziel der Fraunhofer IFAM-Projektgruppe »Elektrische Energiespeicher«.

2010: Der Verbrennungsmotor liegt noch vorn

Mobile Anwendungen mit elektronischen Komponenten und/oder elektrischen Antrieben erfordern eine sichere und leistungsfähige Energieversorgung. Diese Aufgabe können chemische (Kraftstoffe), elektrochemische (Batterien) oder rein elektrische Speicher (Kondensatoren) übernehmen. Dabei muss der Spagat zwischen hoher Energie-/Leistungsdichte, hoher Betriebssicherheit und niedrigen Kosten für jede Anwendung neu bewertet werden. Eine besonders große Bedeutung hat hier die Elektromobilität erlangt, deren Einsatz eng gekoppelt ist an die On-Board Erzeugung elektrischer Energie aus primären Energieträgern (Brennstoffzellen) bzw. an die Verfügbarkeit elektrochemischer Energiespeicher (Batterien) mit hoher Energie- und Leistungsdichte und hoher Zyklenzahl (> 2000 Vollzyklen bei 80 Prozent Restkapazität). Mit aktuellen Werkstoffkonzepten für Batterien ist das rein elektrische Fahren mit Reichweiten, wie wir sie vom Verbrennungsmotor gewohnt sind, unter den Aspekten Sicherheit, Kosten und Lebensdauer kaum möglich.

Vielfältige Entwicklungschancen mit neuen Werkstoffkonzepten

Die Entwicklung der Elektromobilität und anderer mobiler Anwendungen, die einen hohen Energieeinsatz benötigen, ist an eine weitere Steigerung der Energie- und Leistungsdichte von elektrischen oder elektrochemischen Speichern gekoppelt. Nur so kann eine weitere Miniaturisierung der Speicher (bei gleichem Energieinhalt) bzw. eine Steigerung der Betriebsdauer/Reichweite bei gleichem Speichervolumen erreicht werden. Theoretische Abschätzungen lassen vermuten, dass die Entwicklungen von Lithium-Ionen-Batterien bzgl. Energie- und Leistungsdichte bald an ihre Grenzen stoßen werden. Andererseits bergen wiederaufladbare Metall/Luft-, Li/Schwefel- u. a. Speicherkonzepte ein hohes Entwicklungspotenzial, insbesondere hinsichtlich ihrer Energiedichte, die mit erwarteten 300–1000 Wh/kg deutlich höher liegt als die der Lithium-Ionen-Technologie (Abb. 2). Für die Komponenten dieser Hochenergiezellen, sogenannte »Speicher der 4. Generation«, müssen jedoch neue Wege in der Material- und



Prozesstechnik beschränkt werden. Auch bezüglich Chemie und Zelldesign werden wesentliche Unterschiede zu bislang verwendeten Konzepten in Energiespeichern erwartet. Dagegen können für den Aufbau von Zellstapeln Konzepte aus der Brennstoffzellen-Technologie in abgewandelter Form übernommen werden.

Insgesamt ergeben sich daraus vielfältige Entwicklungschancen für zyklenstabile und sicher betreibbare Metall/Sauerstoff-Energiespeicher für mobile Anwendungen.

2020 schon im Blick: Die »Post-Lithium-Ionen-Technologien«

Die weltweiten Entwicklungen der Lithium-Ionen-Technologie im Bereich der Consumerbatterien haben bereits zu ausgereiften Produkten in Milliardenstückzahlen geführt (insbesondere in Asien). Auch für die Elektrotraktion hat die Lithium-Ionen-Technologie ein klar erkennbares Entwicklungs- und Umsetzungspotenzial, das vermutlich bis 2020 weitestgehend ausgeschöpft sein wird. Das Anforderungsprofil für den Einsatz in rein elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugen (EVs) wird hinsichtlich Leistungsdichte durch Einsatz neuartiger nanostrukturierter Aktivmaterialien bereits gut erfüllt. Dagegen liegen die theoretisch möglichen Energiedichten weit unterhalb der benötigten Werte. Hier müssen radikal neue Forschungsansätze und -wege beschränkt werden, um die Anschlussfähigkeit zu künftigen Batterietechnologien zu sichern. Auch im Rahmen der »Nationalen Plattform Elektromobilität« besteht Einigkeit darüber, dass die Forschung zu den »Post-Lithium-Ionen-Technologien« insbesondere zu den Metall/Luft-, Lithium/Schwefel- und Festkörper-Batterien intensiviert werden muss – gestützt durch ein entsprechendes materialorientiertes Förderprogramm.

Aktuelle Forschungsarbeiten

Für die Entwicklung wiederaufladbarer Metall/Luft-Batterien sind folgende Themenfelder besonders wichtig und werden vorrangig angegangen:

- Steigerung der Energieeffizienz (Angleichung von Lade- und Entladepotenzial) durch Einbringung geeigneter Mischkatalysatoren in Gasdiffusionselektroden (GDE) – diese sollen eine Bifunktionalität der GDE sicherstellen, d. h. Sauerstoffreduktion beim Entladen (ORR) bzw. Sauerstoff-



entwicklung beim Laden (OER) bewirken

Einfluss atmosphärischer Spurengase (H_2O , CO_2 , SO_2) auf die Zyklenlebensdauer und geeignete Schutzmaßnahmen

Zyklusstabile Siliziumschichten mit spezieller Morphologie als negative Elektrode für die »zerstörungsfreie« Aufnahme/Abgabe von Lithium

Zell-Design und neue Stackkonzepte für Metall/Luft-Batterien

Die Herstellung der Komponenten und die Entwicklung zugehöriger Verfahren werden begleitet von speziellen Testmethoden und In-Situ-Analytik.

Umsetzung und Ausblick

Seit Januar 2010 betreibt das IFAM eine Projektgruppe »Elektrische Energiespeicher«. Hierzu wurden Labor- und Büroräume im Technologie- und Gründerzentrum in Oldenburg (TGO) angemietet und mit technischer Infrastruktur sowie benötigten Großgeräten ausgestattet. Das TGO befindet sich in unmittelbarer Nachbarschaft zum EWE-Forschungszentrum »Next Energy« und der Universität Oldenburg, die in Physik und Chemie auf dem Gebiet der Energieforschung bzw. Elektrochemie einen exzellenten Ruf genießt. In arbeitsteiligen Entwicklungen können so auf einem extrem vielfältigen Anwendungsfeld, wie es die elektrochemischen Energiespeicher darstellen, wichtige Fragestellungen effizient bearbeitet werden. Die bestehenden fachlichen Kompetenzen des IFAM bilden dabei eine weitere wichtige Basis zur Erschließung des Entwicklungspotenzials auf diesem Anwendungsfeld: Nanopartikeltechnologien und elektrochemische Korrosionsphänomene sowie Modellierung von Metall/Polymer-Grenzflächen und Transportvorgängen sind Themenfelder, auf denen das IFAM in vielen Projekten umfassende Kompetenzen entwickelt hat, die in der Material- und Prozessentwicklung für neue Energiespeicher genutzt werden können.

Mit finanzieller Unterstützung des Landes Niedersachsen ist der Aufbau der Projektgruppe bis zu einer Stärke von etwa 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern vorgesehen. Dabei wird eine Fokussierung auf wichtige (Teil-)Gebiete angestrebt, um die Profilbildung und die Vernetzung der Projektgruppe in der Region, in der Fraunhofer-Gesellschaft und im Rahmen internationaler Kooperationen sicherzustellen.

KONTAKT

Prof. Dr. Bernd H. Günther

Telefon +49 421 5665-401

bernd.guenther@ifam.fraunhofer.de

Dr. Julian Schwenzel

Telefon +49 441 36116-262

julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de

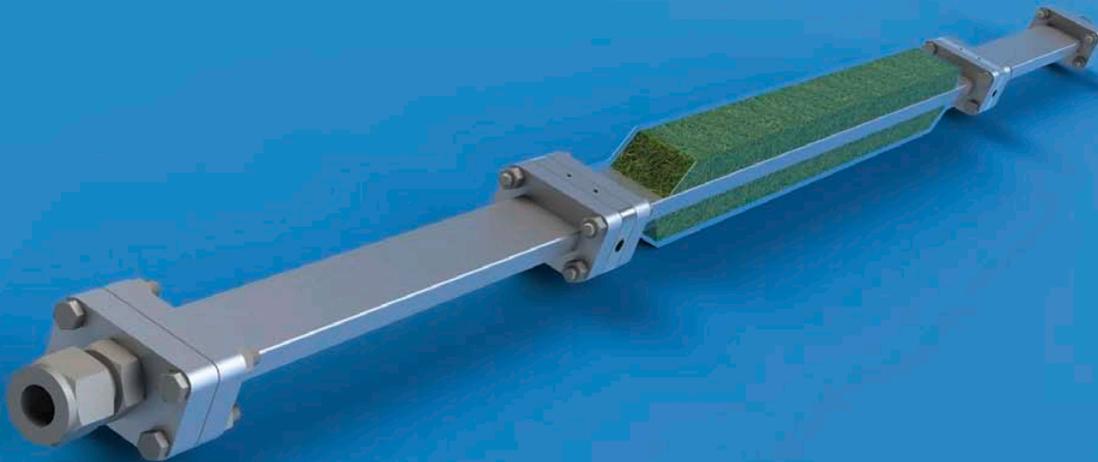
Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM

Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen

- 3** *Zyklisierer für Batterie- und Zelltests mit temperierbaren Messkammern (...-20...100 °C) und 96 Messkanälen (max. ± 50V).*
- 4** *Untersuchung von Zellkomponenten mittels FTIR-Spektroskopie.*



1

MATERIALIEN UND TECHNOLOGIEN FÜR NACHHALTIGE ENERGIESPEICHERUNG

Energie wird in immer größeren Mengen in allen Lebensbereichen benötigt. Dabei stehen vor allem die klimafreundliche Gewinnung und Speicherung von Energie im Fokus. Das Fraunhofer IFAM leistet mit Ansätzen wie Metallhydrid- und thermischen Speichern seinen Beitrag für die Entwicklung nachhaltiger Energiespeichertechnologien.

Motivation und Ziele

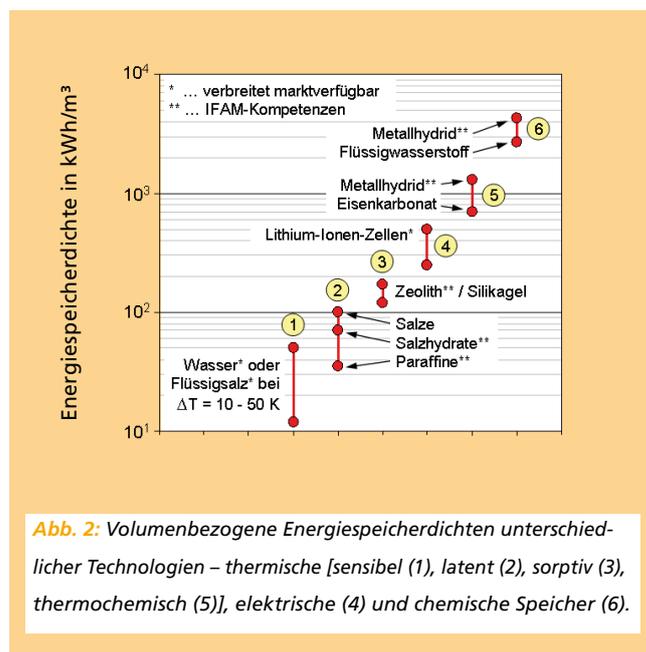
Ausgangssituation

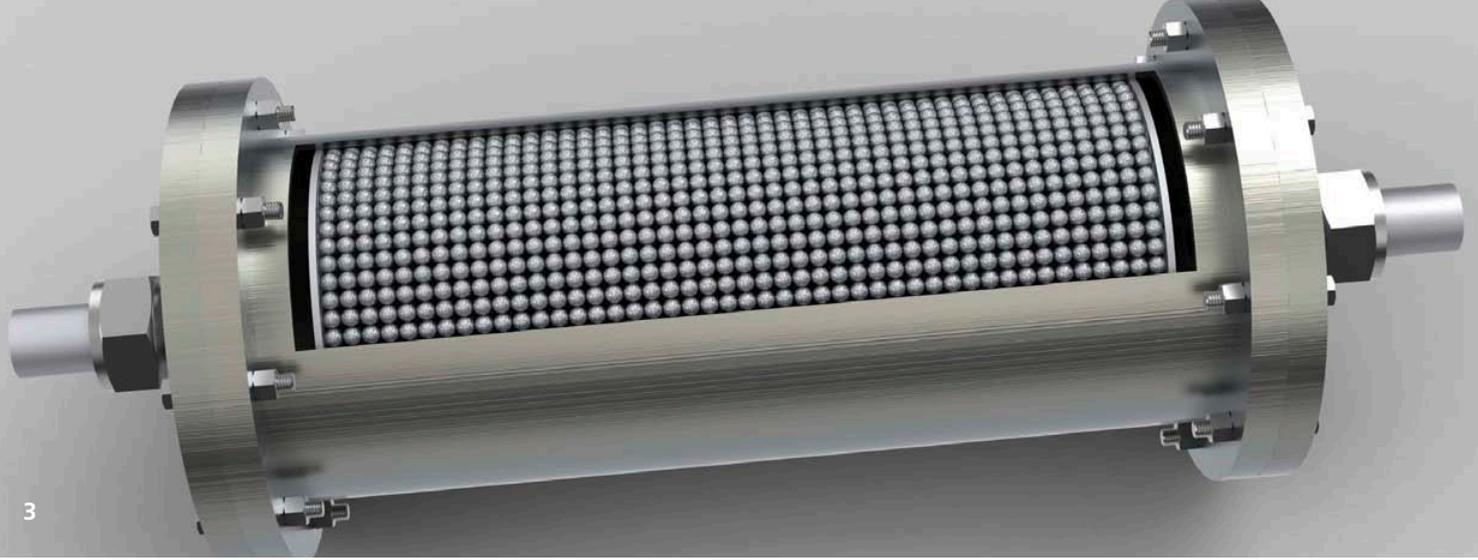
Die nachhaltige Reduzierung klimaschädlicher CO₂-Emissionen erfordert die Verminderung des Primäreinsatzes kohlenstoffhaltiger Brennstoffe in allen Bereichen der Technik. Dies kann einerseits durch die verstärkte Anwendung regenerativ erzeugter Energieformen erfolgen, deren schwankende Verfügbarkeit jedoch durch innovative Speichertechnologien ausgeglichen werden muss. Für photovoltaische und Windkraftanlagen werden dazu Elektroenergiespeicher, für solarthermische Systeme Wärmespeicher benötigt. Wärmespeicher dienen andererseits auch der Erschließung energetischer Einsparpotenziale, da diese sich in den meisten Fällen als Abwärme ergeben.

Die allgemeinen Anforderungen an einen Energiespeicher sind:

1. Hohe Energie- und Leistungsdichte (volumetrisch und gravimetrisch)
2. Angepasste zeitliche Be- und Entladeszenarien an die existierenden Randbedingungen
3. Hohe energetische und ökonomische Effizienz
4. Hohe Lebensdauer / Zyklenstabilität
5. Hohe Sicherheit
6. Geringer Wartungsbedarf
7. Einfaches und kosteneffizientes Recycling

Da die Speicherung von Energie in der Regel mit Energieumwandlungsprozessen gekoppelt ist, bietet sich die Möglichkeit der Verwendung desselben Speichertyps für unterschiedliche Ausgangsenergieformen. Abbildung 2 gibt eine Übersicht bezüglich erreichbarer volumenbezogener Speicherdichten einiger CO₂-neutraler Speichertechnologien für thermische, elektrische und chemische Energie.





3

Herausforderung und Kompetenz

Wie gezeigt offerieren bekannte Stoffe bzw. Stoffsysteme bereits eine große Vielfalt verfügbarer Energiespeicher mit unterschiedlichen Speicherdichten (Anforderung 1). Deutliche Defizite und damit die Herausforderungen für zukünftige Technologieentwicklungen ergeben sich dagegen im Bereich der Speicherdynamik und der Effizienz der Speicherung.

Speicher mit hoher Energiedichte erlauben kompaktere Bauformen, geringeren Materialeinsatz und die Minimierung von Verlusten – damit werden wichtige Voraussetzungen für einen effizienten Speicherbetrieb geschaffen. Die Kinetik eines Speichers hängt in entscheidendem Maß davon ab, wie schnell Energie- und Stofftransportvorgänge im Speichermaterial ablaufen können. Das Fraunhofer IFAM in Dresden verfügt durch die Kombination von werkstoff- und fertigungstechnischen Kompetenzen sowie wärme- und strömungstechnischem Know-how über beste Voraussetzungen für die zielgerichtete Entwicklung zukunftsfähiger Energiespeichertechnologien.

Forschungspotenzial und aktuelle Arbeiten

Thermische Speicher – kompakt und schnell

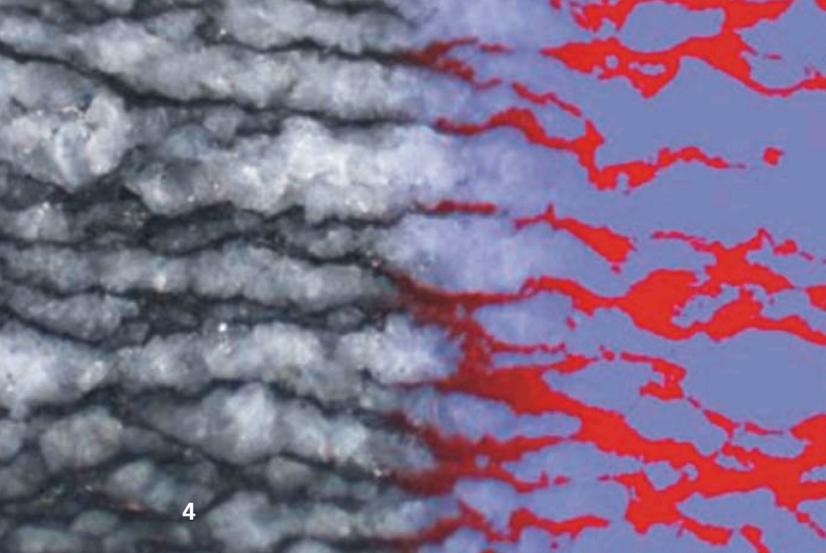
Speicher für thermische Energie – abhängig vom Temperaturniveau als Wärme oder Kälte bezeichnet – erreichen akzeptable Speicherdichten nur bei Ausnutzung von Phasenwechsel- (Latentwärme), Anlagerungs- (Adsorption) oder thermochemischen Effekten (Reaktionswärme). Typische Phasenwechselmaterialien (PCM) sind Paraffine und Salzhydrate, wobei die Speicherkinetik einzig durch eine Verbesserung des Wärmetransportes verbessert werden kann. Für Adsorptionsspeicher sei mit Zeolith/Wasserdampf und für thermochemische Speicher mit Metall/Wasserstoff jeweils ein typisches Stoffsystem genannt. Hier beeinflussen

sowohl Stoff- als auch Wärmetransportvorgänge die Speicherkinetik.

Die Optimierung des Wärmetransportes in Latentwärmespeichern kann durch »kurze Wege« in kleinskaligen PCM-Kapseln ebenso erreicht werden wie durch Implementierung Wärme leitender Strukturen in größere Speichereinheiten. Die am Fraunhofer IFAM entwickelten metallischen Hohlkugeln mit Durchmessern im Bereich weniger Millimeter bieten einen exzellenten Ausgangspunkt für kleinste PCM-Kapseln, da diese durch deren poröse Kugelschale mit flüssigem PCM infiltrierte und anschließend oberflächenversiegelt werden können. Die Anordnung dieser PCM-gefüllten Kugeln in einer durchströmten Schüttung oder deren direkte Zugabe zum Wärmeträger als »schwimmende« Wärmekapazitäten liefert Wärmespeicher höchster Leistungsdichte.

Alternativ dazu führt der Einsatz offenzelliger metallischer Sinter-, Schaum-, Faser- oder Drahtstrukturen variabler Porosität im PCM zu einer Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit um bis zu zwei Größenordnungen. Dieses Prinzip kann auch auf thermochemische Speichermaterialien übertragen werden. Metallische Wärmeleitstrukturen lassen sich zudem wärmeschlüssig mit der Wand des Speicherelements verlöten. Metallfaserstrukturen stellen des Weiteren ein optimales Wärmeleitgerüst mit einer extrem großen volumenbezogenen inneren Oberfläche (bis zu mehreren Zehntausend m^2/m^3) zur Beschichtung mit Substanzen für Adsorptionsvorgänge (Zeolithe) dar.

- 1 *Hochleistungs-Latentwärmespeichermodul auf Basis eines Rechteckkanales mit PCM-Metallfaser-Verbund.*
- 3 *Prototypischer thermischer Kompaktspeicher als Schüttung PCM-gefüllter metallischer Kugeln.*



4



5

Multitalent Metallhydridspeicher

Die Speicherung von Wasserstoff durch chemische Bindung an ein Metall bietet eine Vielzahl von Möglichkeiten des Einsatzes als Energiespeicher. Eine Interpretation als chemischer Speicher ist dann gerechtfertigt, wenn der Wasserstoff anschließend oxidiert wird (Verbrennungsmotor, Brennstoffzelle). Die Nutzung der beträchtlichen Reaktionswärme, die bei der Hydrierung spezieller Metalllegierungen anfällt, führt zum Wärmespeicher. Wird der Energieträger Wasserstoff mittels Wasserelektrolyse unter Einsatz von Überschussenergie (z. B. aus Windkraft) erzeugt und anschließend wieder verstromt, so gelangt man letztlich zum Stromspeichersystem.

Zur Erreichung der erforderlichen Speicherkinetik müssen sowohl der Stoff- als auch der Wärmetransport im Speichermedium optimiert werden, wobei die pulvermetallurgischen Kompetenzen des Fraunhofer IFAM in Dresden (Aufbereitung nanostrukturierter Speichermaterialien und deren Kombination mit metallischen oder Graphitstrukturen) die Grundlage bilden. Die Entwicklungskette reicht bis zu kompletten Speichertanksystemen, in denen die Speichermaterialien unter realistischen Bedingungen getestet und bewertet werden können.

Ausblick

Aktuelle Forschungsprojekte zum Thema Energiespeicherung konzentrieren sich nicht nur auf die Aufbereitung und Charakterisierung der eingesetzten Werkstoffe, sondern schließen auch die numerische Simulation der Impuls-, Wärme- und Stofftransportphänomene im Speichermedium bzw. die energietechnische Auslegung kompletter Speichersysteme ein. Dieses umfassende Know-how, gebündelt mit der exzellenten Ausstattung des wärmetechnischen und des Wasserstofflabors, versetzen das Fraunhofer IFAM in die Lage, einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung zukunftsfähiger Energiespeichertechnologien zu leisten.

KONTAKT

Thermische Speicher

Dr.-Ing. Jens Meinert

Telefon +49 351 2537-357

jens.meinert@ifam-dd.fraunhofer.de

Metallhydridspeicher

Dr. rer. nat. Lars Röntzsch

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

4 *Mikroskopische Aufnahme eines MgH₂-ENG-Komposites (blau-rot).*

5 *H₂-Auto (Quelle: MEV).*



DIE MODELLREGION ELEKTRO-MOBILITÄT BREMEN/OLDENBURG: ERSTE ZIELE SIND ERREICHT

Elektromobilität ist in aller Munde. Es vergeht kaum ein Tag, an dem die Medien nicht über neue Elektrofahrzeuge und damit verbundene Technologien berichten. Und auch das öffentliche Interesse scheint ungebrochen. Zu verlockend ist die Vision einer neuen Art sich fortzubewegen: Leise, emissionsfrei und umweltfreundlich, weil angetrieben durch Strom aus regenerativen Energiequellen.

Chancen und Risiken der Elektromobilität

Die große Herausforderung im Zusammenhang mit der Elektromobilität besteht darin, sehr unterschiedliche Informationsbedürfnisse von unterschiedlichen Interessensgruppen zu bedienen. Einerseits sind es natürlich zukünftige Käufer und Nutzer von Elektrofahrzeugen, die wissen möchten, was diese Fahrzeuge heute und in Zukunft leisten, wie alltagstauglich sie sind, für welche gewerblichen Zwecke sie einsetzbar sind. Darüber hinaus gibt es aber auch viele Fragen dahingehend, wie sich der zu erwartende Wandel in der Wertschöpfungskette des Automobilbaus durch einen steigenden Marktanteil von Elektrofahrzeugen ändern wird. Viele Zulieferbetriebe aus der Automobilbranche setzen sich mit dem Thema auseinander und möchten gerne aus erster Hand Erfahrungen mit der neuen Technologie sammeln. Und schließlich entstehen auch neue Geschäftsideen im Zusammenhang mit Elektromobilität. Angefangen von der intelligenten Ladesäule bis hin zu neuen Mobilitätsdienstleistungen reicht hier die Bandbreite.

Die gemeinschaftliche Aufgabe, der sich die Mitarbeiter des Fraunhofer IFAM zusammen mit den Projektpartnern verschrieben haben, ist, genau dieses Bedürfnis nach Infor-

mationen und eigenen Erfahrungen zu bedienen. Mit einer Testflotte von insgesamt über hundert Fahrzeugen ist die Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg angetreten, die Fahrzeuge auf Herz und Nieren zu prüfen.

Fahrzeugerprobung im harten Alltagseinsatz

Seit Ende 2009 ist die Region Bremen/Oldenburg eine von acht »Modellregionen Elektromobilität« des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Die Modellregionen sind damit eine Maßnahme im Rahmen des Nationalen Entwicklungsplanes Elektromobilität, der zum Ziel

- 1 *»Eine Region wird (elektro-)mobil« – Auftaktveranstaltung für die Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg: Enak Ferlemann überreichte symbolisch den Schlüssel in Bremen. Von links: Enak Ferlemann, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Martin Günthner, Senator für Wirtschaft und Häfen, Bremen, Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse.*



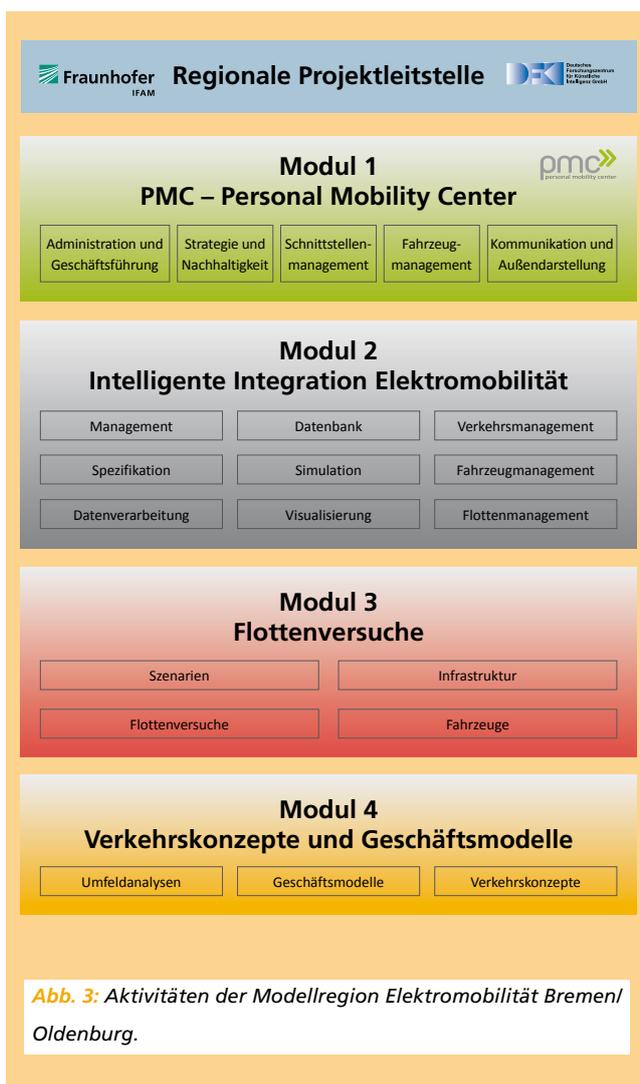


hat, Deutschland zum Leitmarkt für neue Mobilitätstechnologien zu entwickeln. Aufgabe aller acht Modellregionen ist es, anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsthemen in Demonstrationsvorhaben umzusetzen und damit zukünftige elektromobile Alltagsanwendung vorzubereiten.

Das Fraunhofer IFAM hat gemeinschaftlich mit dem Deutschen Forschungszentrum für künstliche Intelligenz (DFKI) GmbH die Idee der Modellregion Bremen/Oldenburg entwickelt und zur Umsetzung gebracht. Mitarbeiter beider Einrichtungen betreiben die regionale Projektleitstelle der Modellregion, in der alle Vorhaben zusammenlaufen. Hier findet auch die Koordinierung mit dem Ministerium und dem Projektträger statt. In der Zwischenzeit sind über 30 Partner aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft direkt oder indirekt in die Projekte der Modellregion eingebunden. Im Rahmen von insgesamt 15 Projekten werden Ergebnisse erarbeitet.

Strukturiert sind die Aktivitäten der Modellregion in vier sogenannten Modulen (Abb. 3), wobei das Fraunhofer IFAM in allen vier Modulen (teilweise federführend) arbeitet.

Im Rahmen von Modul 1 (»Personal Mobility Center« – kurz PMC) übernimmt die regionale Projektleitstelle die übergeordnete Programmkoordination auf regionaler Ebene und ist direkter Ansprechpartner der vom BMVBS beauftragten Nationalen Programmkoordinationsstelle NOW GmbH. Von der Leitstelle aus werden alle administrativen Prozesse des Vorhabens gesteuert. Die operative Durchführung aller mit der Umsetzung zu den oben benannten Themen verbundenen Aktivitäten erfolgt im »Personal Mobility Center«. Vom PMC aus werden alle Aktivitäten in der Region in Absprache mit der regionalen Projektleitstelle übergeordnet koordiniert, Prozesse moderiert und die Fahrzeugflotte gemanagt. Darüber hinaus steht das PMC den Mitgliedern der Modellregion als regionale Servicezentrale zur Verfügung. Außerdem ist geplant, das PMC noch im Jahr 2011 in eine eigenständige Institution zu überführen.



- 2 Anlieferung der ersten Fahrzeugflotte am Fraunhofer IFAM (Foto: Move about GmbH).
- 4 Bundesverkehrsminister Dr. Peter Ramsauer beim Besuch der Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg.



In Modul 2 («Intelligente Integration Elektromobilität») werden Software- und Hardware-Instrumente entwickelt, welche für die Demonstrationsvorhaben der Modellregion wichtig sind. Dies beinhaltet auch den Aufbau der Datenerfassungsinfrastruktur. Ein Großteil der Elektrofahrzeuge der Modellregion sind mit Datenerfassungssystemen ausgestattet, welche ihre Daten direkt an die zentralen Datenserver von Modul 2 senden. Die Auswertung dieser Daten werden in Zukunft wichtige Erkenntnisse liefern über den technischen Zustand der Fahrzeuge und Batterien, aber auch über das Mobilitätsverhalten der Fahrzeugnutzer.

Eine Voraussetzung für die erfolgreiche Etablierung von Elektromobilität ist die Demonstration der Alltagstauglichkeit von E-Fahrzeugen. In Form von Flottenversuchen werden im Rahmen von Modul 3 («Flottenversuche») unterschiedliche Fahrzeugarten und Fahrzeugtechnologien teilweise von Fachpersonal, teilweise aber auch von technologischen Laien getestet. Die Fahrzeugflotte deckt dabei das gesamte Spektrum der Elektromobilität und die Bedürfnisse potenzieller Nutzer, aber auch Dienstleister ab.

In Modul 4 («Verkehrskonzepte und Geschäftsmodelle») sind alle Arbeiten zusammengefasst, die sich den Teilaspekten und Untersuchungen für die Entwicklung von Geschäftsmodellen und Verkehrskonzepten im Bereich der Elektromobilität widmen. Die Arbeiten umfassen hierbei die Analyse des Kundenverhaltens (Bedarf, Akzeptanz, Fahrverhalten, Standorte etc.), die Entwicklung von Geschäftsmodellen (Abrechnungskonzepte, Tarifmodelle, kollektive versus individuelle Fahrzeugnutzung etc.) und die Erprobung der erarbeiteten Konzepte in Flottenversuchen.

Die Elektro-Testflotte geht an den Start

Zentraler Bestandteil der Modellregion und damit auch der Arbeiten des Fraunhofer IFAM im Rahmen der Modellregion ist

das Betreiben der Testflotte. Insgesamt stehen dem IFAM und seinen Projektpartnern über 30 Fahrzeuge zur Verfügung. Diese Fahrzeuge werden im Rahmen von Flottenversuchen an gewerbliche Nutzer für eine bestimmte Zeit vergeben. Die Anwendungsszenarien reichen dabei vom Einsatz als Dienstfahrzeug in einer Behörde bis hin zum Servicefahrzeug bei einem Technologieunternehmen. Wichtig beim Einsatz der Fahrzeuge ist nicht ein bestimmter Verwendungszweck. Vielmehr ist angestrebt, möglichst vielseitige Einsatzszenarien zu erproben.

Aber nicht nur der gewerbliche Einsatz der Fahrzeuge steht im Interesse der Forscher des Fraunhofer IFAM. In einem speziellen Projekt der Modellregion »e-car4all« werden insgesamt 14 Fahrzeuge an Privatanwender vergeben. In einer Art »Nachbarschafts-Carsharing« sind die Nutzer dazu verpflichtet, sich das Fahrzeug mit 3–5 weiteren Nutzern (»Nachbarn«) zu teilen. Dieses Konzept hat gleich mehrere Vorteile: Einerseits erreicht man mit einer begrenzten Anzahl an Fahrzeugen eine maximale Anzahl an Nutzern. Andererseits deckt man so aber auch ein großes Spektrum von Mobilitätsszenarien ab. Im Herbst letzten Jahres wurden die ersten Fahrzeuge im Rahmen von »e-car4all« übergeben, weitere werden im Januar 2011 folgen.

Eine erste Zwischenbilanz über alle Flottenversuche der Modellregion fällt durchaus positiv aus: Obwohl die ersten Fahrzeuge allesamt bei winterlichen Klimaverhältnissen an den Start gingen, blieb es bei ein paar Kinderkrankheiten bei dem einen oder anderen Fahrzeug.

Bis zum ersten Quartal 2011 haben sich die Projektpartner der Modellregion Zeit gegeben. Bis dahin sollen alle Fahrzeuge der Modellregion »auf der Straße sein«. Dann folgt die nächste spannende Phase des Projektes, die Auswertung der Fahrzeugdaten.



Auftraggeber

Gefördert vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Koordiniert von der NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Berlin.

KONTAKT

Dr.-Ing. Gerald Rausch

Telefon +49 421 2246-242

gerald.rausch@ifam.fraunhofer.de

Institut

Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg

Regionale Projektleitstelle

c/o Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Materialforschung IFAM,

Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe, Bremen

- 5 *Erste private Nutzer freuen sich über ihr »eigenes« Elektromobil im Rahmen des Pilotprojekts »e-car4all« in der Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg. Von links: Klaus Schinke, Paul Ackermann, Babett Oettken.*
- 6 *Der »EcoCarrier« gehört zu der Fahrzeugflotte der Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg.*
- 7 *Der »Tazzari ZERO« gehört zu der Fahrzeugflotte der Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg.*



1

LANGLEBIG, STABIL UND PERFEKT IN FORM – NEUE BIOKOMPATIBLE WERKSTOFFE FÜR IMPLANTATE UND PROTHESEN

Werkstoffe mit Eigenschaften wie das des menschlichen Skeletts – das wünschen sich nicht nur ältere Menschen. Auch viele Sportler fürchten schwere Verletzungen, die den Einsatz von Implantaten und manchmal sogar Prothesen erfordern. Sei es aufgrund von Verletzungen, Krankheiten oder einfach altersbedingt, die Nachfrage der Mediziner nach biokompatiblen Implantaten steigt. Die dabei eingesetzten Werkstoffe zu optimieren, neue Materialien für spezielle Zwecke zu entwickeln und diese in die richtige Form für die jeweilige Anwendung zu bringen – daran forschen Spezialisten aus dem Bereich der Biomaterial-Technologie.

Die Herausforderung: Präzise Formgebung und Kontrolle über die Werkstoffeigenschaften

Biokompatible Materialien werden heutzutage vielfältig eingesetzt, häufig als Implantate oder Prothesen. Ob zur Stabilisierung von Knochenbrüchen, als Hüft- oder Kniegelenkprothesen, im Bereich des Zahnersatzes oder als einfaches Nahtmaterial, die Bereiche, in denen künstliche Werkstoffe mit dem Körper in Kontakt kommen, um wichtige Funktionen zu übernehmen, sind äußerst vielfältig. Dass nicht für jeden Einsatzbereich dieselben Materialien zum Einsatz kommen können, ist schnell klar. Auch die Verweildauer eines Materials im Körper ist nicht in allen Fällen gleich lang. Nähte sollen sich nach wenigen Tagen oder Wochen auflösen, eine Hüftgelenkprothese soll möglichst lange in unveränderter Form im Körper verbleiben und seine Funktion erfüllen, die dritten Zähne werden nur bei Bedarf eingesetzt.

Um diesen vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden, beschäftigt sich das Fraunhofer IFAM mit Werkstoffen mehrerer Materialklassen und deren Formgebungsprozessen. Biokompatible Metalle, wie medizinischer Edelstahl und Titan oder Biokeramiken wie Calciumphosphat und Aluminiumoxid sind von größtem Interesse. Ebenfalls Komposite aus biokompatiblen Polymeren und Biokeramiken stehen zurzeit im Blickpunkt der Entwicklungen (Abb. 1).

Ein Hauptaugenmerk der aktuellen Forschung liegt auf der Formgebung neuartiger Kompositmaterialien, unter anderem über ein modifiziertes Pulverspritzgussverfahren, sowie der gezielten Einstellung der Eigenschaften der hergestellten Bauteile – sowohl in mechanischer Hinsicht als auch im Hinblick auf die biologischen Wechselwirkungen als Implantat oder Prothese.

Die Aufgabe: Spritzguss von Kompositmaterialien

Komposite sind Verbundwerkstoffe, bei denen mindestens zwei unterschiedliche Materialien kombiniert werden, um nützliche Eigenschaften der einzelnen Komponenten zu verbinden. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeiten wurden sogenannte Teilchenverbundwerkstoffe hergestellt, bei denen Biokeramikpartikel aus Calciumphosphat in verschiedene Polymermatrizes eingebracht wurden. Die Biokeramikpartikel sollen dabei sowohl zu höheren mechanischen Festigkeiten führen als auch aufgrund ihrer Biokompatibilität die Möglichkeit bieten, im Körper zu verbleiben, ohne negative Nebenwirkungen zu verursachen.

Die einfachste Möglichkeit, derartige Komposite herzustellen, besteht darin, das Polymer aufzuschmelzen und das Biokeramikpulver einzurühren, die sogenannte Compoundierung. Das einstellbare Verhältnis von Polymer zu Füllstoff hängt von vielen Faktoren ab und kann nicht beliebig variiert werden. Daher wird am Fraunhofer IFAM ein Verfahren eingesetzt, mit dem dies möglich ist, die Flüssigphasenabscheidung (Liquid Phase Deposition, LPD). Bei diesem Prozess wird zunächst das Polymer in einem geeigneten Lösungsmittel aufgelöst, das Pulver in die Lösung eindispersiert und das Lösungsmittel anschließend wieder entfernt. Dadurch entsteht ein Pulver, bei dem die Biokeramikpartikel von einer Polymerhülle umgeben sind. Die Dicke der Hüllen und damit der Polymeranteil sind beliebig einstellbar.

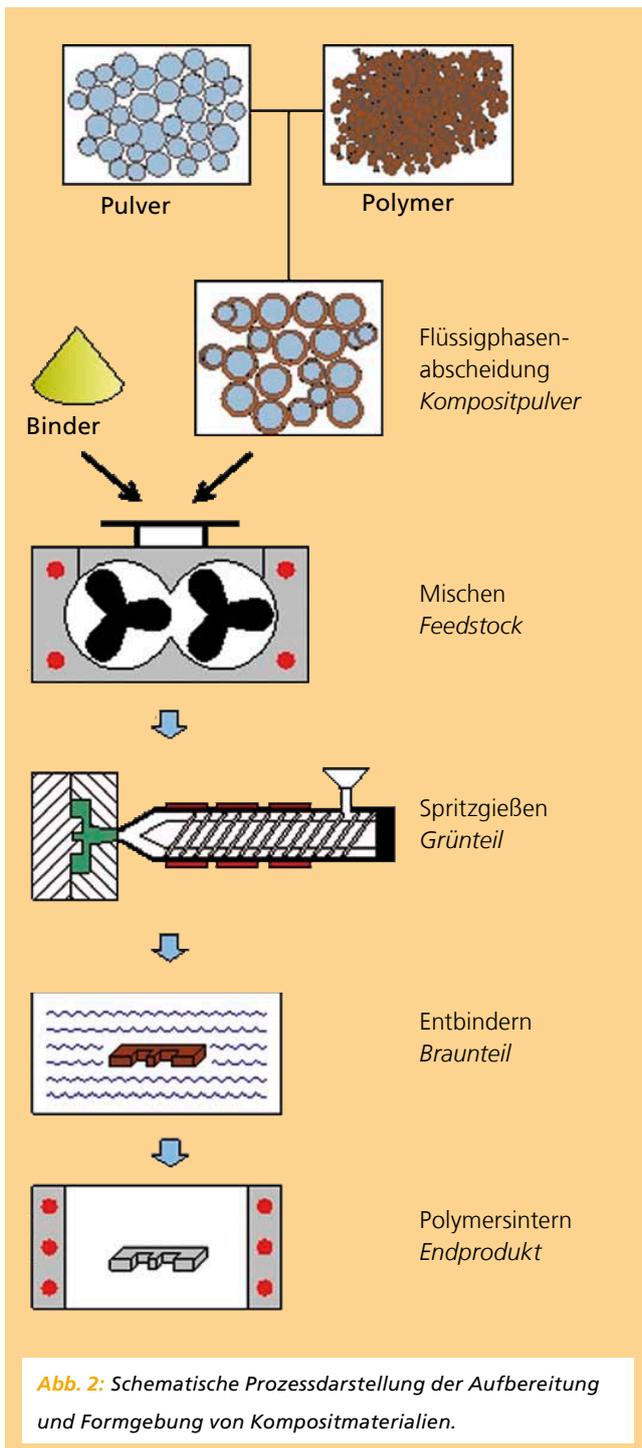
Ein Beispiel für ein so hergestelltes Komposit ist das aus Calciumphosphat in seiner Modifikation des Hydroxylapatit (HA) in Polymethylmethacrylat (PMMA), mit einem HA-Volumenanteil von 30 Prozent und einem PMMA-Volumenanteil von 70 Prozent. Aufgrund des relativ hohen Polymeranteils ist dieses Komposit direkt spritzgießfähig und könnte im Bereich der Dentaltechnik eingesetzt werden.

Im Falle der Materialkombination HA und Polymilchsäure (Polylactic Acid, PLA) waren Komposite von Interesse, deren Zusammensetzung der des menschlichen Knochens nahe kommt, um ein Knochenersatzmaterial zu schaffen. Da HA die anorganische Komponente des Knochens darstellt und PLA ein resorbierbares Polymer ist, würde dieses Komposit als Knochenersatz oder Fixierungsteil (z. B. eine Interferenzschraube) in den Körper integriert werden können und müsste nicht wieder entfernt werden, wie es bei klassischen Implantaten aus Metallen oftmals der Fall ist.

Knochen besteht zu etwa 70 Prozent aus anorganischen Stoffen (hauptsächlich HA), zu ca. 30 Prozent aus organischen Stoffen (hauptsächlich Kollagen) und Wasser. Er ist somit selbst als Komposit zu bezeichnen. Im Rahmen der Arbeiten am Fraunhofer IFAM wurde daher ein Komposit gewählt, das einen HA-Volumenanteil von 70 Prozent und einen PLA-Volumenanteil von 30 Prozent aufwies. Aufgrund des geringen Polymeranteils ließ sich dieses Komposit zwar Verpressen, allerdings nicht direkt spritzgießen. Deshalb wurde ein an den Pulverspritzguss angelehntes Verfahren entwickelt, um Kompositteile herstellen zu können.

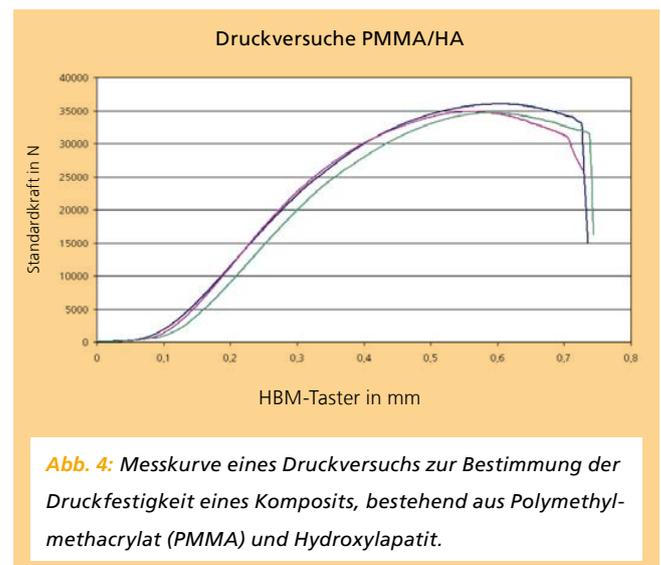
Nach der Aufbereitung des Kompositpulvers nach dem LPD-Verfahren wurde das Kompositpulver mit einem wasserlöslichen Binder, basierend auf Polyethylenglykol und Polyethylenoxid gemischt. Diese nun spritzgießfähige Masse wurde auf einer konventionellen Spritzgussmaschine abgeformt und anschließend in Wasser vom Binder befreit. Zuletzt wurde eine thermische Behandlung durchgeführt, bei der die Polymerhüllen der Kompositpulverpartikel verschmolzen und eine homogene Matrix mit darin eingelagerten HA-Partikeln ausbildeten. Der gesamte Prozess ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt. Abbildung 3 zeigt Interferenzschrauben aus dem HA-PLA-Komposit.

1 *Durch Spritzguss bzw. Pulverspritzguss hergestellte Interferenzschrauben aus Polymilchsäure (links), Hydroxylapatit (Mitte) und medizinischem Edelstahl (rechts).*



Das Ergebnis: Mechanisch stabile Kompositbauteile mit beliebigem Pulveranteil

In eigenen Entwicklungen konnte erfolgreich ein modifizierter Pulverspritzgussprozess entwickelt werden und verschiedene Kompositmaterialien hierüber verarbeitet werden. Am Beispiel der PMMA-HA-Komposite mit einem HA-Volumenanteil von 30 Prozent wird der positive Effekt der Füllpartikel auf die mechanischen Eigenschaften ersichtlich. Das in Abbildung 4 beispielhaft dargestellte Verhalten verpresster und gesinterter Proben im Druckversuch zeigt, dass Druckfestigkeiten bis zu 202 MPa erreicht werden. Im Vergleich dazu liegt die Druckfestigkeit des eingesetzten PMMA bei etwa 120 MPa. Die deutlich druckfesteren Materialien könnten demnach gut in Bereichen eingesetzt werden, wo erhöhte Druckkräfte auftreten, wie zum Beispiel als Basismaterial für Prothesen.



3 Interferenzschrauben aus einem Komposit, bestehend aus Hydroxylapatit und Polymilchsäure. Die Herstellung erfolgte über einen modifizierten Pulverspritzgussprozess (siehe Abb. 2).



	HA/PLA-Proben	Knochen
Druckfestigkeit	132 ± 4 MPa	130 - 180 MPa
E-Modul	13,1 ± 1.6 GPa	12 - 18 GPa
Dichte	2,3 g/cm ³	1,5 - 3,1 g/cm ³
Mikrohärte	45 ± 3 HV	35 HV

Tab. 1: Vergleich der mechanischen Eigenschaften eines Komposits, bestehend aus Hydroxylapatit und Polymilchsäure, und von kortikalem Knochen.

Die realisierten HA-PLA-Komposite mit einem HA-Volumenanteil von 70 Prozent zeigen in einigen mechanischen Eigenschaften sehr gute Übereinstimmungen mit denen von kortikalem Knochen. Tabelle 1 stellt diese Eigenschaften einander gegenüber. Ein ähnliches mechanisches Verhalten ist gerade im Hinblick auf den Einsatz als Knochenersatzmaterial vorteilhaft. Wenn Implantat und anliegender Knochen bei Be- und Entlastung die gleiche Verformung eingehen, können Mikrospannungen zwischen Implantat und Knochen vermieden werden, die eine schnelle Einheilung stören und Implantate schädigen können, und im Extremfall sogar zum Versagen eines Implantats führen können. Der hohe Keramikgehalt hat neben den positiven mechanischen Eigenschaften auch Vorteile im Bereich der bildgebenden Untersuchungen. Calciumphosphatreiche Teile erlauben eine deutlich bessere Beurteilung der Situation, wie Abbildung 5 anhand der Röntgenbilder von Schweinepräparaten zeigt.

Knochen ist allerdings nicht immer dicht, sondern hat innen häufig eine schwammartige (spongöse) Struktur. Das am Fraunhofer IFAM eingesetzte Verfahren erlaubt auch die Herstellung poröser Formkörper über das Einbringen von Platzhaltern vor dem Spritzguss und ein anschließendes Herauslösen der Platzhalter. Eine in Anlehnung an den Röhrenknochen hergestellte Struktur ist in Abbildung 6 zu sehen. Derartige Bauteile bieten neue Möglichkeiten im Bereich des Knochenersatzes und sind schwierig über andere Verfahren darstellbar.

KONTAKT

Dr. Sebastian Boris Hein
 Telefon +49 421 2246-261
 sebastian.boris.hein@ifam.fraunhofer.de

Institut

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

- 5 Röntgenbild eines Schweinepräparats mit Titanschrauben. Die Schrauben sind nicht röntgendurchlässig (links). Röntgenbild eines Schweinepräparats mit HA-Schrauben. Es zeigt sich eine Röntgendurchlässigkeit und eine Transparenz des Schraubenninneren (rechts) (Quelle: Prof. Dr. med. Ulrich A. Wagner).
- 6 Knochenreplikate, die die dichte und poröse Struktur des Knochens nachbilden. Es besteht aus einem resorbierbaren Polymer und Hydroxylapatit und kann als Knochenersatzmaterial oder für resorbierbare Schrauben eingesetzt werden.



EINE STARKE VERBINDUNG: METALL/KOHLENSTOFFNANORÖHREN- VERBUNDWERKSTOFFE

Kohlenstoffnanoröhren (CNT) weisen außergewöhnliche Eigenschaften unter anderem hinsichtlich thermischer und elektrischer Leitfähigkeit, thermischen Ausdehnungsverhaltens und mechanischer Belastbarkeit auf. Die große Herausforderung ist es, diese Eigenschaften in einen Verbundwerkstoff zu übertragen.

Ausgangssituation

Kohlenstoffnanoröhren (CNT) bieten aufgrund ihrer hohen Festigkeit sowie elektrischen und thermischen Leitfähigkeit die Möglichkeit, Verbundwerkstoffe durch Einlagerung der CNTs in eine metallische Matrix herzustellen. Diese sind, ausgehend von theoretischen Überlegungen, gekennzeichnet durch eine Festigkeitssteigerung bei gleichbleibenden oder erhöhten elektrischen und thermischen Leitfähigkeiten im Vergleich zur reinen Matrix. Dabei bildet die Dispergierung der CNTs bei gleichzeitigem Erhalt ihrer Struktur die Basis für die Umsetzung des vorhergesagten Potenzials bei der Einlagerung in Verbundwerkstoffe. Die pulvermetallurgische Herstellung von Metall/CNT-Verbundwerkstoffen ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Dresden im Rahmen der Innovationsallianz CNT im Vorhaben CarboMetal. Es werden dabei u. a. Metalle wie z. B. Kupfer, Aluminium und deren Legierungen als Matrix verwendet.

Projektdurchführung

Kohlenstoffnanoröhren unterschiedlicher Hersteller werden zu dispergierfähigen CNTs aufbereitet (Abb. 2). Das anschließende ultraschallunterstützte Mischen von Metallpulver mit dispergierfähigen CNTs im flüssigen Medium (z. B. Wasser, Ethanol, Aceton) bietet die Möglichkeit, homogene Pulvermischungen herzustellen (Abb. 3). Diese werden mithilfe von Heißpressen, Spark-Plasma-Sintern und heißisostatischem Pressen zu Halbzeugen mit einer Dichte größer 90 Prozent TD verdichtet. Eine weitere Formgebung bzw. Umformung ist beispielsweise durch Strangpressen und/oder Drahtziehen möglich. Die resultierenden Halbzeuge weisen dabei Dichten größer 96 Prozent TD auf. Die Ausrichtung der CNTs kann abhängig vom Herstellungsverfahren gezielt von dreidimensionaler bis hin zu eindimensionaler Ausrichtung eingestellt werden. Die Metall/CNT-Verbundwerkstoffe werden hinsichtlich Gefüge, mechanischen und thermophysikalischen Eigenschaften umfassend charakterisiert. Die ermittelten Gefüge-Eigenschaftsbeziehungen werden bei der Metall/CNT-Verbundwerkstoffherstellung berücksichtigt und in den CNT-Herstellungsprozess zu dessen Optimierung rückgekoppelt. Somit können maßgeschneiderte CNTs mit dem an die Anwendung angepassten Volumengehalt homogen in eine Metallmatrix eingelagert werden.

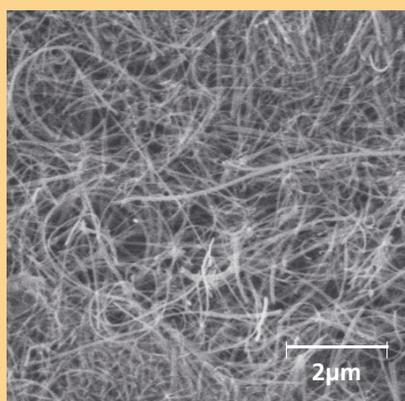


Abb. 2: Dispergierfähige CNTs für die Verbundwerkstoffherstellung.

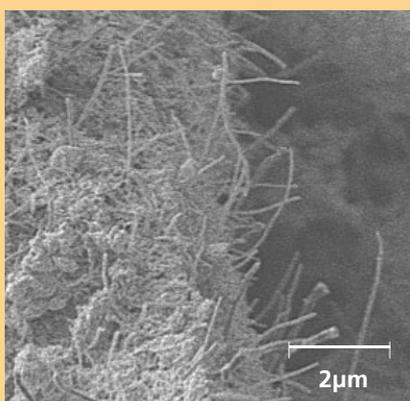


Abb. 3: Pulver aus Kupfer und CNTs vor der Konsolidierung.

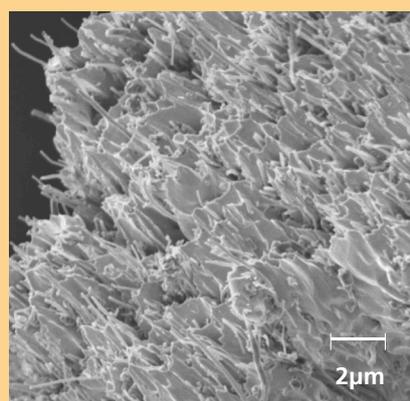


Abb. 4: Ausrichtung der CNTs im Kupfer/CNT-Verbundwerkstoff in Strangpressrichtung.

Ergebnis

Gefüge

Aufgrund des großen Aspektverhältnisses der eingebrachten CNTs ist die Charakterisierung des Gefüges in mindestens zwei Raumrichtungen zwingend erforderlich. Nach dem Strangpressen wurden metallographische Schriffe parallel und senkrecht zur Pressrichtung angefertigt. Mit geeigneten Aufbereitungsverfahren konnten CNT-Restagglomerate nahezu vollständig entfernt und die einzelnen CNTs vom Matrixmetall vollständig umhüllt werden. In Abbildung 4 ist die eindimensionale Ausrichtung der CNTs nach dem Strangpressen dargestellt.

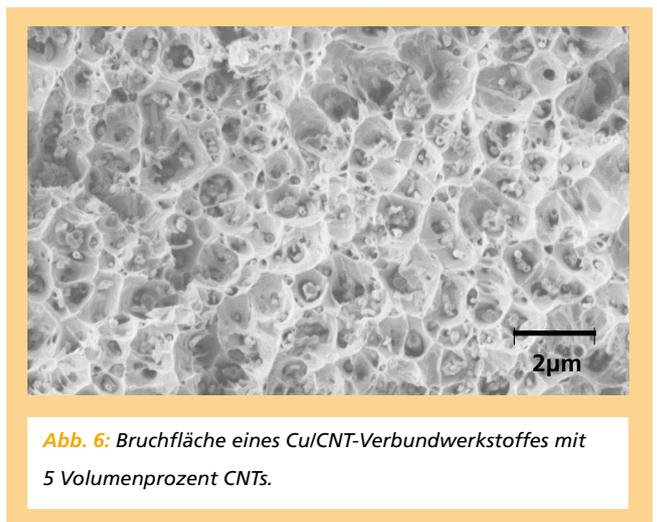
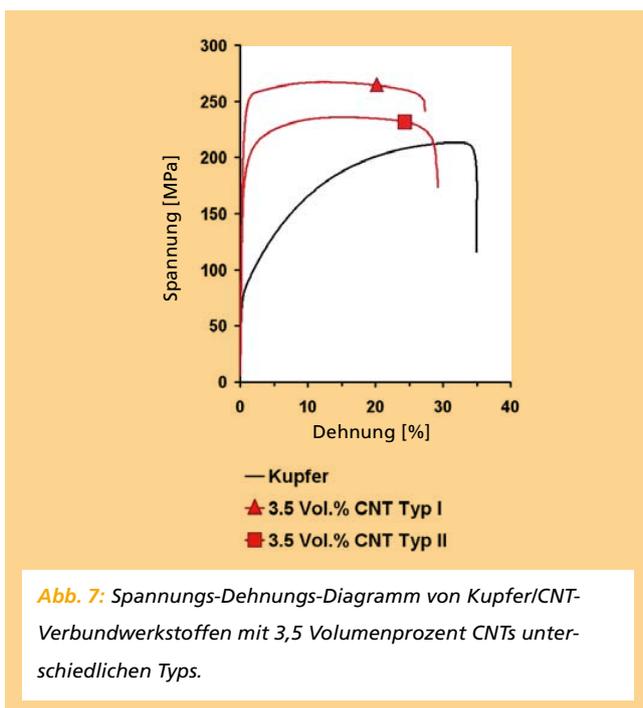
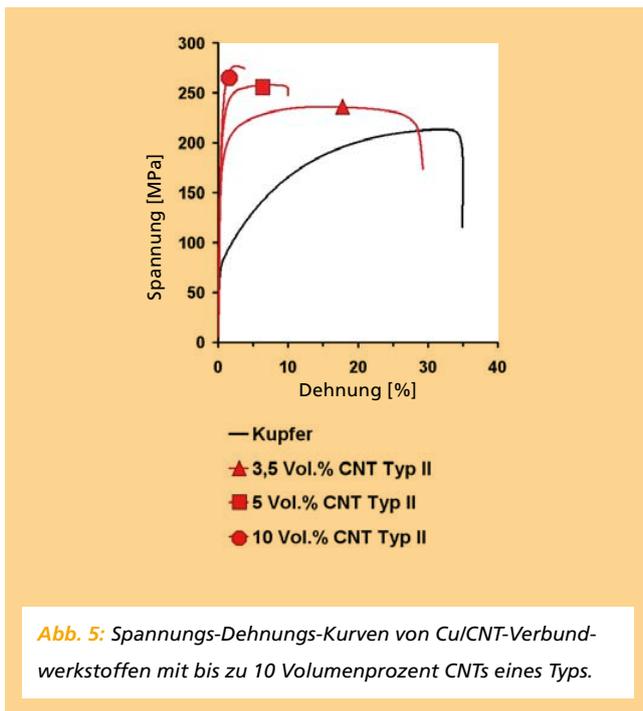
Mechanische Festigkeit

Stranggepresste Kupfer/CNT-Verbundwerkstoffe weisen parallel zur Strangpressrichtung eine Festigkeitssteigerung mit zunehmendem Volumengehalt an CNTs auf. In Abbildung 5 sind die Spannungs-Dehnungs-Kurven von Cu/CNT-Verbund-

werkstoffen mit bis zu 10 Volumenprozent CNTs eines Typs dargestellt. Mit zunehmendem Volumengehalt an CNTs nimmt die Zugfestigkeit zu und die Bruchdehnung ab. Ursache dafür ist der Übertrag der von außen aufgebrachtene Zugkraft über die Metall/CNT-Grenzfläche auf die CNTs.

Da die CNTs eine geringe Bruchdehnung aufweisen, versagen diese oberhalb ihrer Faserbruchfestigkeit infolge Sprödbruchs und somit der Metall/CNT-Verbundwerkstoff. In Abbildung 6 ist die Bruchfläche eines Kupfer/CNT-Verbundwerkstoffes mit 5 Volumenprozent CNT dargestellt, wobei die infolge Sprödbruchs gebrochenen CNTs in den Waben der Matrix vorliegen. Durch Variation des CNT-Typs sind unterschiedliche Festigkeitssteigerungen bei vergleichbarem Volumengehalt an CNTs erzielbar (Abb. 7). Durch Einlagerung von 3,5 Volumenprozent CNTs in eine Kupfermatrix kann die Streckgrenze $R_{p0.2}$ auf 200 Prozent und die Zugfestigkeit R_m auf 125 Prozent im Vergleich zu reinem Kupfer ($R_{p0.2} = 70$ MPa, $R_m = 210$ MPa) gesteigert werden.

1 Kohlenstoffnanoröhrchen (Quelle: istockphoto).



Elektrische Leitfähigkeit

Bei der Messung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit ist die Anisotropie der Kupfer/CNT-Verbundwerkstoffe erkennbar (Abb. 8). Dabei ist die höhere Leitfähigkeit parallel zur Pressrichtung ein Indiz für die eindimensionale Ausrichtung der CNTs. Der Einfluss unterschiedlicher CNT-Typen wird ebenfalls sichtbar. Bei einem Volumengehalt von 3,5 Volumenprozent ist eine spezifische elektrische Leitfähigkeit vergleichbar mit reinem Kupfer einstellbar, bei gleichzeitiger Erhöhung der Festigkeit auf 125 Prozent.

Perspektive

Die Ergebnisse zeigen, dass es mit pulvermetallurgischen Verfahren möglich ist, Verbundwerkstoffe aus Metall und CNTs herzustellen. Dabei können die CNTs homogen in die Matrix eingebracht, deren Ausrichtung gezielt beeinflusst und deren intrinsische Eigenschaften in den Verbundwerkstoff übertragen werden. Der Einfluss unterschiedlicher CNT-Typen auf die resultierenden Verbundwerkstoffeigenschaften ist nachweisbar und kann in Zusammenarbeit mit CNT-Herstellern

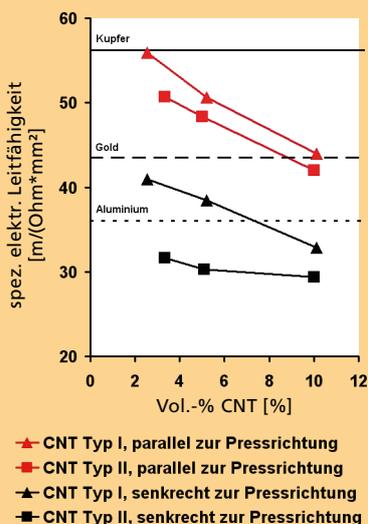


Abb. 8: Spezifische elektrische Leitfähigkeit von Kupfer/CNT-Verbundwerkstoffen parallel und senkrecht zur Strangpressrichtung im Vergleich zu Referenzmaterialien.

Auftraggeber

Im Rahmen der Innovationsallianz CNT »Inno.CNT« im Projekt CarboMetal werden die Arbeiten vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Projektpartner

- EADS IW
- FutureCarbon
- EADS Astrium Satellites
- PEAK Werkstoff
- Leibniz IFW Dresden
- Fraunhofer IWS
- Fraunhofer IFAM in Dresden

KONTAKT

Dr.-Ing. Thomas Weißgärber
Telefon +49 351 2537-305
thomas.weissgaerber@ifam-dd.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Thomas Hutsch
Telefon +49 351 2537-396
thomas.hutsch@ifam-dd.fraunhofer.de

Institut

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

zur Optimierung des jeweiligen CNT-Herstellungsverfahrens herangezogen werden. Zusätzlich steht am Fraunhofer IFAM in Dresden eine Dispergiermethode zur Verfügung, die es ermöglicht, langzeitstabile Dispersionen herzustellen. Aufbauend auf den erarbeiteten Ergebnissen werden die Einflüsse auf die mechanischen und thermophysikalischen Eigenschaften von Metall/CNT-Verbundwerkstoffen hinsichtlich Volumengehalts, Aufbereitungsart und verwendeten CNT-Typs weiter untersucht, damit eine anwendungsspezifische Optimierung der Metall/CNT-Verbundwerkstoffe gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft erfolgen kann.

KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN



KOMPETENZEN UND KNOW-HOW

Der Institutsteil 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 über 270 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Im Mittelpunkt stehen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Klebtechnik sowie der Plasma- und Lacktechnik mit dem Ziel, der Industrie anwendungsorientierte Systemlösungen zu liefern.

Multifunktionale Produkte, Leichtbau und Miniaturisierung – erreicht durch die intelligente Kombination von Werkstoffen und Fügeverfahren – bieten neue Möglichkeiten, die vom Bereich Klebtechnik und Oberflächen realisiert werden. Die Aktivitäten reichen von der Grundlagenforschung über die Fertigung bis zur Markteinführung neuer Produkte. Industrielle Einsatzfelder sind überwiegend der Transportmittel- und Anlagenbau, die Energietechnik, die Verpackungs-, Textil- und Elektroindustrie sowie die Mikrosystem- und Medizintechnik.

Das Tätigkeitsfeld Klebtechnik umfasst die Entwicklung und Charakterisierung von Klebstoffen und Matrixharzen für Faserverbundwerkstoffe, die beanspruchungsgerechte konstruktive Auslegung und Simulation von Kleb-, Niet- und Hybridverbindungen sowie deren Charakterisierung, Prüfung und Qualifizierung. Planung und Automatisierung der industriellen Fertigung der Verbindungen ergänzen diese Arbeiten. Prozessreviews sowie zertifizierende Weiterbildungen im Kontext Klebtechnik und Faserverbundtechnologie runden das Profil ab.

Der Arbeitsbereich Oberflächen gliedert sich in die Gebiete Plasmatechnik und Lacktechnik. Maßgeschneiderte Oberflächenmodifizierungen – wie Oberflächenvorbehandlungen und funktionelle Beschichtungen – erweitern das industrielle Einsatzspektrum vieler Werkstoffe deutlich oder machen deren technische Verwendung überhaupt erst möglich.

Die Adhäsions- und Grenzflächenforschung arbeitet u. a. an der Früherkennung von Degradationserscheinungen, der Validierung von Alterungsprüfungen und der prozessintegrierten Oberflächenkontrolle. Die Ergebnisse dieses Forschungsfelds stellen sowohl für die Klebtechnik als auch für die Plasma- und Lacktechnik relevantes Basiswissen dar und tragen so zur Sicherheit und Zuverlässigkeit von Klebverbindungen und Beschichtungen bei.

Mit der Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM baut das Fraunhofer IFAM seine Aktivitäten hinsichtlich CFK-Großstrukturen zukunftsweisend aus – Fügen, Montieren, Bearbeiten, Reparieren und zerstörungsfreies Prüfen von CFK-Großstrukturen im 1:1-Maßstab (CFK = carbonfaserverstärkter Kunststoff). Dadurch wird auf dem Arbeitsgebiet CFK-Technologie die Lücke zwischen Labor- bzw. Technikumsmaßstab und industrieller Anwendung geschlossen.

Der gesamte Institutsteil 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

- 1 *Rotor für Elektromotor mit aufgeklebten Magneten
(zur Verfügung gestellt von SEW Eurodrive GmbH & Co. KG).*
- 2 *Prüfung einer im Fraunhofer IFAM entwickelten Beschichtung.*

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) zugelassen. Das Kunststoff-Kompetenzzentrum ist nach AZWV zertifiziert 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 Institutsteil 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 jedoch noch nicht voll ausgeschöpft wird. Leichtbau für den ressourcenschonenden Transport, Recycling und die damit verbundene Frage nach einer gezielten Lösbarkeit von Klebverbindungen sowie der Einsatz von nanoskaligen Materialien bei der Klebstoffentwicklung und -modifizierung sind nur einige Beispiele für die breit gefächerten Tätigkeiten des Instituts.

Um weitere Branchen für die Klebtechnik zu gewinnen, gilt für alle Arbeiten der Anspruch: Der Prozess Kleben und das

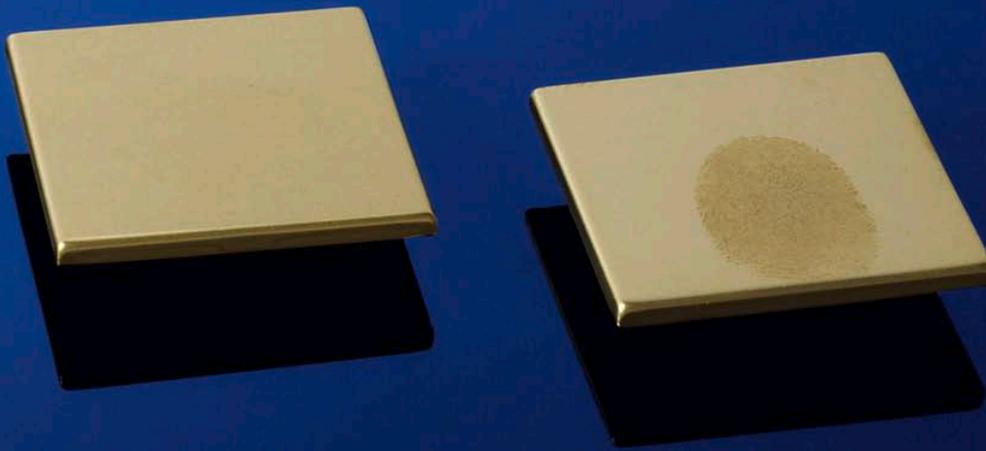
geklebte Produkt sollen noch sicherer werden! Dieses Ziel lässt sich nur erreichen, wenn alle Stufen der klebtechnischen Fertigung bei der Herstellung von Produkten zusammengefasst und einer ganzheitlichen Betrachtung unterzogen werden.

Dazu gehören:

- Anwendungsspezifische Klebstoffauswahl und -qualifizierung, gegebenenfalls -modifizierung
- Klebgerechte Gestaltung und Auslegung von Strukturen mit numerischen Methoden (z. B. FEM)
- Vorbehandlung der Oberflächen und Erarbeitung von Korrosionsschutzkonzepten
- Entwicklung klebtechnischer Fertigungsschritte mittels Simulation und Integration in den Fertigungsablauf der Produkte
- Auswahl und Dimensionierung der Applikations-einrichtungen
- Klebtechnische Personalqualifizierung aller, die an der Entwicklung und Fertigung von Produkten beteiligt sind
- Personalqualifizierung in der Faserverbundtechnologie für die ausführende Ebene

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.

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 nicht bieten.



Weitere wichtige Fragestellungen für die Zukunft lauten: Wo und wie wird in der Natur geklebt? Was können wir daraus für die industrielle Klebtechnik lernen? Untersucht wird bereits der Weg von der Bioadhäsion auf molekularer Ebene bis zu medizinischen Klebstoffen mit Proteinbestandteilen.

Der Anspruch, Prozesse und Produkte noch sicherer zu machen, wird jedoch nicht nur auf die Klebtechnik beschränkt. Er gilt genauso für die Plasma- und Lacktechnik.

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

- Formulierung und Erprobung neuer Polymere für Klebstoffe, Laminier-/Gießharze, bis hin zur industriellen Einführung
 - Entwicklung von Zusatzstoffen (Nanofüllstoffen, Initiatoren etc.) für Klebstoffe
 - Synthese von Polymeren mit Überstruktur und Biopolymeren
 - Computergestützte Materialentwicklung mit quanten-/molekularmechanischen Methoden
 - Entwicklung und Qualifizierung klebtechnischer Fertigungsprozesse
 - Entwicklung innovativer Verbindungskonzepte z. B. für den Fahrzeug- und Flugzeugbau (Kleben, Hybridfügen)
 - Applikation von Kleb-/Dichtstoffen, Vergussmassen (Mischen, Dosieren, Auftragen)
 - Kleben in der Mikrofertigung (z. B. Elektronik, Optik, Adaptronik)
 - Rechnergestützte Fertigungsplanung
 - Ökonomische Aspekte der Kleb-/Hybridfügetechnik
 - Konstruktive Gestaltung geklebter Strukturen (Simulation des mechanischen Verhaltens geklebter Verbindungen und Bauteile mithilfe der Methode der Finiten Elemente, Prototypenbau)
 - Entwicklung industrietauglicher, umweltverträglicher Vorbehandlungsverfahren für das langzeitbeständige Kleben und Lackieren von Kunststoffen und Metallen
 - Funktionelle Beschichtungen durch Plasma- und Kombinationsverfahren
 - Prüfung und Qualifizierung von Beschichtungsstoffen, Rohstoffen und Lackierverfahren
 - Entwicklung funktioneller Lacke für Spezialanwendungen
 - Entwicklung von Spezialprüfverfahren (z. B. Bildung und Haftung von Eis auf Anti-Eis-Beschichtungen)
 - Kennwertermittlung, Schwing- und Betriebsfestigkeit von Kleb- und Hybridverbindungen
 - Werkstoffmodellgesetze für Klebstoffe und polymere Werkstoffe (quasi-statisch und Crash)
 - Bewertung von Alterungs- und Degradationsvorgängen in Materialverbunden
 - Elektrochemische Analytik
 - Bewertung und Entwicklung neuer Korrosionsschutzsysteme
 - Analyse klebtechnischer Entwicklungs- und Fertigungsprozesse
 - Qualitätssicherungskonzepte für kleb- und lacktechnische Anwendungen durch fertigungsintegrierte Analyse von Bauteiloberflächen
 - Lehrgänge – national und international – zum European Adhesive Bonder – EAB (Klebpraktiker/-in), European Adhesive Specialist – EAS (Klebfachkraft) und European Adhesive Engineer – EAE (Klebfachingenieur/-in)
 - Lehrgänge zur/zum Faserverbundkunststoff-Praktiker/in (FVK-Praktiker/in)
- 3 *Die im Fraunhofer IFAM entwickelte unsichtbare Nanobeschichtung reduziert die Sichtbarkeit von Fingerabdrücken auf matten Oberflächen aus Metall oder Kunststoff.*

ARBEITSGEBIETE UND ANSPRECHPARTNER

Institutsleiter

Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig – bis 31. Juli 2010
Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer – ab 1. August 2010
Telefon +49 421 2246-419
bernd.mayer@ifam.fraunhofer.de

Klebtechnische Fertigung

Dipl.-Ing. Manfred Peschka
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.

- Mikrosystem- und Medizintechnik
- Klebstoffe und Analytik
- Prozessentwicklung und Simulation
- Applikationsverfahren

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, Korrosionsschutz, Kratzschutz, antimikrobielle Wirkung, Easy-to-clean, Trennschicht, Permeationsbarriere) für 3-D-Teile, Schüttgut, Bahnware; Anlagenkonzepte und Pilotanlagenbau.

- Niederdruck-Plasmatechnik
- Atmosphärendruck-Plasmatechnik
- Anlagentechnik/Anlagenbau

Klebstoffe und Polymerchemie

Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig
Telefon +49 421 2246-470
andreas.hartwig@ifam.fraunhofer.de

Entwicklung und Charakterisierung von Polymeren; Nanokomposite; Formulierung von Klebstoffen, Matrixharzen und Funktionspolymeren; vorbeschichtbare Klebstoffe; Leitklebstoffe; 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
- Bioinspirierte Materialien

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; 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

Adhäsions- und Grenzflächenforschung

Dr. Stefan Dieckhoff

Telefon +49 421 2246-469

stefan.dieckhoff@ifam.fraunhofer.de

Oberflächen-, Grenzflächen-, Schichtanalytik; Untersuchung von Adhäsions-, Trenn- und Degradationsmechanismen; Analyse reaktiver Wechselwirkungen an Werkstoffoberflächen; Schadensanalyse; Qualitätssicherung durch fertigungsintegrierte Analysen von Bauteiloberflächen; entsprechende Konzeptentwicklung für klebtechnische, lacktechnische und oberflächentechnische Anwendungen; Korrosion an metallischen Werkstoffen, unter Beschichtungen und in Klebverbindungen; Untersuchung von Anodisierschichten; elektrolytische Metallabscheidung; akkreditiertes Korrosionsprüflabor;

Modellierung molekularer Mechanismen bei Adhäsions- und Degradationsphänomenen; Strukturbildung an Grenzflächen; Anreicherungs- und Transportprozesse in Klebstoffen und Beschichtungen.

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

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 Fügetechnik

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 (Klebpraktiker/-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-Praktikerin/zum Faserverbundkunststoff-Praktiker.

- Klebtechnisches Zentrum
- Kunststoff-Kompetenzzentrum

Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM

Dr. Dirk Niermann
Forschungszentrum CFK Nord
Ottenbecker Damm 12
21684 Stade
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
- Präzisionsbearbeitung
- Montage- und Anlagentechnik
- Messtechnik und Robotik

Geschäftsfeld Entwicklung

Dr. Michael Wolf
Telefon +49 421 2246-640
michael.wolf@ifam.fraunhofer.de

- Technologiebroker
- Neue Forschungsfelder

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.

Prozessreviews

Dipl.-Ing. Manfred Peschka
Telefon +49 421 2246-524
manfred.peschka@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.

1



AUSSTATTUNG

Klebtechnik und Oberflächen

- Niederdruck-Plasmaanlagen für 3-D-Teile, Schüttgut und Bahnware bis 3 m³ (HF, MW)
- Atmosphärendruck-Plasmaanlagen für 3-D-Teile und Bahnware
- Robotergeführte Atmosphärendruck-Plasmaanlage (6-achsig) zur flächigen und Linienbehandlung und -beschichtung
- VUV-Excimer-Anlage zur Oberflächenbehandlung und Beschichtung
- CO₂-Schneestrahlanlagen
- Mobile Lasereinheit zur Oberflächenvorbereitung
- Tribometer in Kombination mit Nanoindentation
- Laserscanner zur 3-D-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
- All-Electric Labornietautomat 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
- Labor-Vakuumpresse mit PC-Steuerung zur Herstellung von Multilayer-Prototypen
- 200-kV-FEG-Transmissionselektronenmikroskop mit EDX, EELS, EFTEM und 3-D-Tomographie sowie Cryo- und Heizoption
- Konfokale Lasermikroskopie
- Labor-Galvanikanlage
- LIF (Laser-induced Fluorescence)
- Thermographie
- XRF-Handgerät (Röntgenfluoreszenzanalyse)
- Oberflächenanalytiksysteme und Polymeranalytik mit XPS, UPS, TOF-SIMS, AES und AFM
- Chromatographie (GC-MS, Headspace, Thermodesorption, HPLC)
- Thermoanalyse (DSC, modulierte DSC, DMA, TMA, TGA, Torsionspendel)
- MALDI-TOF-MS zur Protein- und Polymercharakterisierung
- Peptidsyntheseautomat
- Lichtstreuung zur Charakterisierung trüber Dispersionen
- Spektroskopisches Ellipsometer
- LIBS (Laser-induced Breakdown Spectroscopy)
- Technikum für organische Synthese
- 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)
- 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
- Linux-PC-Cluster mit 64 CPUs
- Verschiedene Dispergieraggregate
- Lackapplikationsautomat
- Vollklimatisierte Lackierkabine
- Lacktrockner mit entfeuchteter Luft
- UV-Härtungstechnik
- Mechanisch-technologische Prüfungen

1 *Phased-Array-Messgerät zur zerstörungsfreien Ultraschallprüfung am Beispiel einer Scheibenklebung.*



- Farbmessgerät MA 68 II
- Optische Prüftechnik
- Prüftechnik Anti-Eis-Lacke
- Wellentank-Simulationskammer
- Prüfringleitung für Lackbelastungstests
- Miniaturprüfringleitung für Lackbelastungstests
- Freibewitterung an verschiedenen Standorten
- Raster-Kelvin-Sonde
- Coatema Deskcoater
- 6-Achsen-Industrieroboter, 125 kg Traglast, auf zusätzlicher Linearachse, 3000 mm
- Einkomponenten-Kolbendosiersystem SCA SYS 3000/ SYS 300 Air
- Einkomponenten-/Zweikomponenten-Zahnrad dosiersystem t-s-i, umrüstbar auf Exzentrerschneckenpumpen
- Frei konfigurierbare Einkomponenten-/Zweikomponenten-Dosiertechnik, an spezifische Aufgaben anpassbar, mit umfangreicher Messtechnik (Eigenentwicklung)
- Phased-Array Ultraschallmessgerät Olympus OmniScan MX PA
- Fluoreszenzmikroskop
- Rheometer Bohlin Gemini 200
- Klimaprüfkammern für alle Norm- und Sonderprüfungen
- Halle für Großstrukturmontage, 80 × 50 m², zwei 20-Tonnen-Kräne, 15 m unter Kranhaken

Zertifizierung und Akkreditierung

- Der gesamte Institutsteil 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) zugelassen.
- Das Kunststoff-Kompetenzzentrum ist nach AZWV zertifiziert 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.

- 2 *Salzsprühnebelkammer im akkreditierten Korrosionsprüflabor des Fraunhofer IFAM.*
- 3 *Untersuchung der Benetzungseigenschaften von Oberflächen mithilfe der im Fraunhofer IFAM entwickelten Aerosol-Benetzungsprüfung.*

KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN

ERGEBNISSE AUS FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG



BERND MAYER: NEUER INSTITUTSLEITER DES FRAUNHOFER IFAM – KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN – UND PROFESSOR IM FACHBEREICH PRODUKTIONSTECHNIK DER UNIVERSITÄT BREMEN

Ein neues Gesicht an der Spitze des Fraunhofer IFAM, ein neues Gesicht aber auch im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen: Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer ist seit dem 1. August 2010 Mitglied der Institutsleitung des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung und verantwortet den Bereich Klebtechnik und Oberflächen. Gleichzeitig hat er den Ruf auf die Professur für Polymere Werkstoffe an der Universität Bremen angenommen.

Prof. Dr. rer. nat. Mayer (Abb. 1) übernahm die Aufgabe an der Fraunhofer IFAM-Spitze von Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig (Abb. 2), der diese Position nach dem Abschied von Dr.-Ing. Helmut Schäfer 2009 bis zum Antritt von Bernd Mayer kommissarisch eingenommen hatte. Wie bereits in den Jahren zuvor arbeitet Hartwig nun wieder als Stellvertreter des Institutsleiters in der Fraunhofer IFAM-Führung mit. Mit dem Übergang von Andreas Hartwig zu Bernd Mayer wahrt das Fraunhofer IFAM seine Kontinuität in der Institutsleitung. Die Strategie in der Forschung und Entwicklung von Klebtechnik und Oberflächen wird seit mehr als vier Jahrzehnten von Menschen bestimmt, die einen fundierten wissenschaftlichen Hintergrund haben, gleichzeitig aber auch über sehr enge Beziehungen zur Praxis – und damit zum Kunden – verfügen.

Dies ist bei Bernd Mayer besonders ausgeprägt der Fall, denn der neue Institutsleiter wechselte direkt aus der Industrie an die Fraunhofer IFAM-Spitze. Für die Henkel AG & Co. KGaA, dem größten Klebstoffhersteller der Welt, hatte er zuletzt

in Heidelberg die Produktentwicklung von Kleb- und Dichtstoffen sowie akustischer und struktureller Materialien für Automobilanwendungen geleitet. Dabei war Mayer nicht nur für die Aktivitäten in Deutschland, sondern auch für die Entwicklungsarbeiten in ganz Europa verantwortlich. Vor der Übernahme der Leitungsposition im Jahr 2000 hatte Mayer bei Henkel mehrere Jahre in verschiedenen Funktionen der zentralen Forschung in Düsseldorf gewirkt. Zu seinen Tätigkeitsschwerpunkten zählten die Konversionsbehandlung metallischer Oberflächen, Korrosionsschutzuntersuchungen, Haftvermittlersysteme sowie später die Entwicklung funktionaler Oberflächenbeschichtungen. Bernd Mayer ist ausgebildeter Chemiker, der an der Universität Karlsruhe studierte und promovierte; als Postdoc arbeitete er an der University of Pennsylvania, USA.



Fraunhofer IFAM als zuverlässigen Kooperationspartner kennengelernt

Nun ist Bernd Mayer im Fraunhofer IFAM angekommen – einem Institut, das er zuvor schon seit vielen Jahren als verlässlichen Kooperationspartner kannte und schätzte. Während seiner Zeit bei Henkel hatte Mayer – durch sein Tätigkeitsfeld bedingt – vor allem mit dem Arbeitsfeld Werkstoffe und Bauweisen des Fraunhofer IFAM zu tun. Neben der gemeinsamen Durchführung von Projekten würdigte der heutige Institutsleiter dabei stets auch den informellen Kontakt, den er unbürokratisch zu dem Bremer Forschungsinstitut pflegen konnte: »Wenn es eine Frage oder ein Problem gab, bei dem wir eine Meinung von Außen brauchten oder einfach einen Tipp, dann waren die IFAM-Experten immer für uns da.« Am europaweit größten unabhängigen Forschungsinstitut für Fragen von Klebtechnik und Oberflächentechnologie führe »in der Szene« so oder so kein Weg vorbei: »Für diejenigen, der sich mit Kleben beschäftigt, ist das Fraunhofer IFAM das Forschungsinstitut schlechthin.«

Das soll auch unter dem neuen Institutsleiter so bleiben. Bernd Mayer weiß zum einen um die Bedürfnisse der Auftraggeber sowie Projektpartner und kennt die Erwartungen der Förderer, wenn Forschungsprojekte mit öffentlichen Mitteln finanziert werden. Zum anderen hat er sich in kürzester Zeit in die Struktur und die tägliche Arbeit der einzelnen Fraunhofer IFAM-Kompetenzbereiche eingearbeitet und kennt bereits die Leistungsfähigkeit »seines« Institutsteils. »Meine Motivation zum Wechsel auf diese Position hat sich nach den tieferen Einblicken in das Wesen und Wirken von »Klebtechnik und Oberflächen« im IFAM noch verstärkt. Grundsätzlich war es für mich eine neue Herausforderung, an einem weltweit renommierten Forschungsinstitut zu arbeiten, das immer wieder technologisches Neuland betritt und innovative Ideen gemeinsam mit Partnern bis zur Anwendungsreife umsetzt. Was mich begeistert, ist die Breite, in der das geschieht. In der Industrie wird in eng fokussierten Technologiefeldern gear-

beitet – hier am Fraunhofer IFAM besteht wesentlich mehr Gestaltungsspielraum.« Dieser resultiere auch aus der sehr gut funktionierenden fachübergreifenden Zusammenarbeit der einzelnen Abteilungen: »Die Kompetenzfelder im Bereich Klebtechnik und Oberflächen des IFAM sind Bausteine, die ganz ausgezeichnet aufeinander aufbauen, sich ergänzen und synergistisch zusammen ein geschlossenes Gebilde ergeben.« Natürlich adaptiere man die Bausteine immer wieder an die aktuellen Erfordernisse und erweitere sie auch: »Damit sind wir stets am Puls der Zeit und am Puls der Kunden, denen wir auf Wunsch integrierte Gesamtlösungen anbieten können – denn wir sind in der Lage, alle essenziellen Aspekte hier im Haus abzudecken.« Darin besteht für Mayer eine Faszination des Instituts: Wenn bei spezifischen Herausforderungen Fachfragen aus einem angrenzenden Gebiet auftauchen, können diese sofort interdisziplinär angegangen werden. »Alle Aspekte von Klebtechnik und Oberflächen werden unter einem Dach Tür an Tür bearbeitet. Außerdem finden wir im Bedarfsfall sehr schnell zusätzliche Expertise innerhalb des großen Fraunhofer-Verbunds.«

Ziel: Noch engere Zusammenarbeit mit Kunden

Bernd Mayer wird auf der Basis seiner bisherigen Tätigkeiten und Erfahrungen dem Institut zusätzliche Impulse geben. Ziel ist es beispielsweise, die Zusammenarbeit mit Kunden und Anwendern noch enger zu gestalten, um technologische Neu- und Weiterentwicklungen ganz konkret in Anwendungen zu bringen:

- 1 Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer startet am 1. August 2010 in Bremen: Neuer Institutsleiter des Fraunhofer IFAM – Klebtechnik und Oberflächen – und Professor im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen.
- 2 Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer und Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig (von links).

»Da ist das Fraunhofer IFAM schon sehr gut. Aber weil ich die ›Kundensicht‹ bestens kenne, können wir hier noch stärker werden.« Auch seine über viele Jahre weltweit aufgebauten Industriekontakte will Mayer in seiner neuen Tätigkeit offensiv nutzen. Auf technologischer Ebene sieht der neue Institutsleiter für den Bereich Klebtechnik und Oberflächen »mehr Ansätze, sich erfolgreich weiterzuentwickeln, als wir sie werden nutzen können.« Vieles sei möglich, aber die Ressourcen seien begrenzt. »Wir werden also genau abwägen müssen, in welchen Bereichen wir künftig unsere Schwerpunkte setzen. Es werden sicher Forschungs- und Entwicklungsfelder sein, in denen sich sowohl die technischen als auch die gesellschaftlichen Herausforderungen von morgen abbilden.«

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer knüpft an dieser Stelle an die Arbeit seiner Vorgänger an. Sie haben stets darauf geachtet, in welche Richtung sich das IFAM weiterentwickeln muss, um zusätzliche Anwendungsfelder durch die vielfältigen Kompetenzen des Instituts zu erschließen. »Das werde ich in enger Abstimmung mit meinem Stellvertreter Andreas Hartwig und allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts fortführen.« Wichtige Bereiche für das Fraunhofer IFAM seien schon immer die Luftfahrt, der Automobil-, Schienenfahrzeug- und Schiffbau sowie der Windenergieanlagenbau gewesen. »Das wird so bleiben. Aber für unsere breiten Kompetenzen bieten sich auch noch junge Felder an, auf denen wir jetzt zunehmend aktiv werden – etwa beim Thema ›Kleben in der Baubranche‹, z. B. bei der Entwicklung von neuen Schallschutzlösungen an Bahnlinien und Autobahnen, beim Straßenbau oder beim Erhalt von Infrastruktur wie beispielsweise der in Deutschland vielfach maroden Kanalisation. Natürlich gilt dies auch für das neue Dienstleistungsangebot des Fraunhofer IFAM im Forschungszentrum CFK Nord in Stade: Entwicklung von Prozessen und Anlagentechnik für die Montage von XXL-CFK-Großstrukturen im 1:1-Maßstab.« Darüber hinaus sind neue Kleb- und Dichtkonzepte für innovative Energiegewinnungsvorhaben durch Brennstoffzellen, Batterietechnik oder Photovoltaik vor dem Hintergrund weltweiter Heraus-

forderungen an den Klimaschutz ein Zukunftsthema, mit dem sich das Fraunhofer IFAM unter Bernd Mayer verstärkt beschäftigen wird.

Gerade auf dem Gebiet der Faserverbundwerkstoffe überlege man derzeit intensiv, sich so aufzustellen, dass die gesamte Prozesskette begleitet werden kann. »Dies sind die Werkstoffe der Zukunft. Das Thema Leichtbau ist beispielsweise für das gesamte Transportwesen hochinteressant. Ziel des Fraunhofer IFAM ist es, bei allen Herausforderungen, die bei der industriellen Anwendung der Faserverbundwerkstoffe auftauchen, zu einer Lösung beizutragen.« Spätestens wenn die Nutzung von Faserverbundwerkstoffen in Großserien beginne – etwa in der Automobilindustrie –, würden viele neue Fragen gestellt – »und dann wollen wir der Partner der Wahl für die Anwender sein.«

Sehr erfolgreich war das Fraunhofer IFAM in den vergangenen Jahren auch auf dem Sektor der Oberflächen- und Lacktechnik. »Ob es um die Vorbehandlung von Materialien, um Beschichtungen oder neuartige Lacksysteme geht: Hier haben die Wissenschaftler des Instituts zusammen mit Partnern immer hervorragende Ergebnisse erzielt. In diesem Bereich zeichnen sich weitere Technologiesprünge und Kostenoptimierungen für Anwender ab, weshalb wir auch hier weiter intensiv tätig sein werden«, so Bernd Mayer. Von neuen Verfahren zur Vorbehandlung und Qualitätssicherung von Oberflächen sollen u. a. Luftfahrt-, Schiffahrt- und Windenergieindustrie profitieren. »Wir entwickeln und verbessern auch hier für unsere Kunden komplette Systeme – inklusive der Applikations- und Messtechnik«, verdeutlicht Mayer den »ganzheitlichen« Ansatz des Fraunhofer IFAM. Ein Beispiel für eine besonders interessante Neuentwicklung sind Lacke mit »Riblet-Strukturen«, die der rillenförmigen Struktur von Haihaut nachempfunden sind. Sie sorgen für eine Verringerung des Reibungswiderstands und können beispielsweise bei Flugzeugen oder auf Schiffsrümpfen den Treibstoffverbrauch senken.

Wissen an den wissenschaftlichen Nachwuchs weitergeben

Der neue Institutsleiter des Fraunhofer IFAM wird sein breites Wissen auch an Studierende und Doktoranden weitergeben. Sein Ruf auf die Professur für Polymere Werkstoffe im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen hat die schon traditionell engen Verbindungen zwischen IFAM und Universität weiter vertieft.

Mit seinen industriellen Erfahrungen im Hintergrund will Bernd Mayer jetzt angehende Produktionstechniker für die Themen begeistern, mit denen sich das Fraunhofer IFAM beschäftigt. »Es ist kein Geheimnis, dass um die besten Studierenden und Absolventen dieser Studiengänge ein weltweiter harter Wettbewerb im Gange ist. Ich sehe es daher als meine Aufgabe an, jungen Menschen ein attraktives Umfeld zu bieten: Sie sollen die Universität Bremen als exzellenten Studienort wahrnehmen und das Fraunhofer IFAM als eine Chance, die im Anschluss an das Studium den Einstieg in eine hochinteressante Forschungskarriere bietet.« Dass die Studierenden dabei möglichst früh den Anwendungsbezug des vermittelten Stoffs kennenlernen, ist für Universitätsprofessor Mayer selbstverständlich. »Ich bin überzeugt, dass es die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von morgen motiviert und antreibt, wenn sie sobald als möglich die Praxis kennenlernen. Wir haben hier eine Vielzahl an hochinteressanten Themen, mit denen wir ganz nah an Gegenwart und Zukunft von Hochtechnologien sind. Was gibt es Spannenderes für junge Leute?«

Neben der Lehre ist dem Wissenschaftler Bernd Mayer natürlich die Forschung wichtig. Seine Interessen liegen hier vor allem auf dem Gebiet der Alterungsprozesse von polymeren Werkstoffen, zu denen auch die Klebstoffe gehören. Wie reagieren solche Werkstoffe auf die vielfältigen Umwelteinflüsse? Wie verändern diese Einflüsse die mikroskopische und makroskopische Struktur von Materialien? Was bedeutet das

für die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe? Wie lassen sich Bauteile ideal auslegen, um Ermüdungserscheinungen durch äußere Einflüsse zu reduzieren und so die Lebensdauer polymerer Werkstoffe zu verlängern? Bernd Mayer: »Dazu muss man die Alterungsvorgänge genau kennen, um auf Basis dieser Erkenntnisse die Bauteile entsprechend zu gestalten. Das soll der Schwerpunkt meiner Forschungen sein.«

KONTAKT

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer

Telefon +49 421 2246-419

bernd.mayer@ifam.fraunhofer.de

Institut

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



START FREI IM CFK NORD: DIE PROJEKTGRUPPE FÜGEN UND MONTIEREN HAT IHRE ARBEIT BEGONNEN

Am 21. September 2010 wurde in Stade Geschichte geschrieben. An diesem Tag wurde in der Hansestadt ein neues Forschungszentrum für die Verarbeitung von carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) eröffnet, das europaweit einmalig ist: das Großforschungszentrum CFK Nord (Abb. 1). Mehr als 26 Millionen Euro kostete der Bau – eine Investition in die industrielle Zukunft. Sie soll die serienmäßige Anwendung von CFK-Materialien in der Luftfahrt, aber auch in den Branchen Windenergie, Schiffbau sowie Automobil-, Nutzfahrzeug- und Schienenfahrzeugbau auf den Weg bringen.

Geschichtsträchtig war der 21. September 2010 auch für das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM und seine Projektgruppe Fügen und Montieren FFM, denn das zunächst 17-köpfige FFM-Team um Leiter Dr. Dirk Niermann ist in dem neuen Forschungszentrum an vorderster Front vertreten. Die Projektgruppe nutzt als einer der beiden Hauptmieter mehr als die Hälfte der circa 7000 Quadratmeter großen und 24 Meter hohen Halle des CFK Nord. Das Ziel: Gemeinsam mit Industriepartnern soll die klebtechnische Montage und anschließende Präzisionsbearbeitung von CFK-Großstrukturen in Serie realisiert werden (Abb. 2).

Politik, Industrie und Forschung wissen schon lange: Das »schwarze Gold« CFK ist mit seinen vielen Vorteilen der Werkstoff der Zukunft. CFK hat dies in vielen Anwendungen bewiesen, die heute zum Alltag gehören. Doch um die Technologie ökonomisch vertretbar auf sehr große Maßstäbe – etwa Großraumflugzeuge oder Windkraftanlagen – zu übertragen, braucht man auch in solchen Größenordnungen sichere Prozesse. Sie müssen reibungslos in der Serienproduktion mit

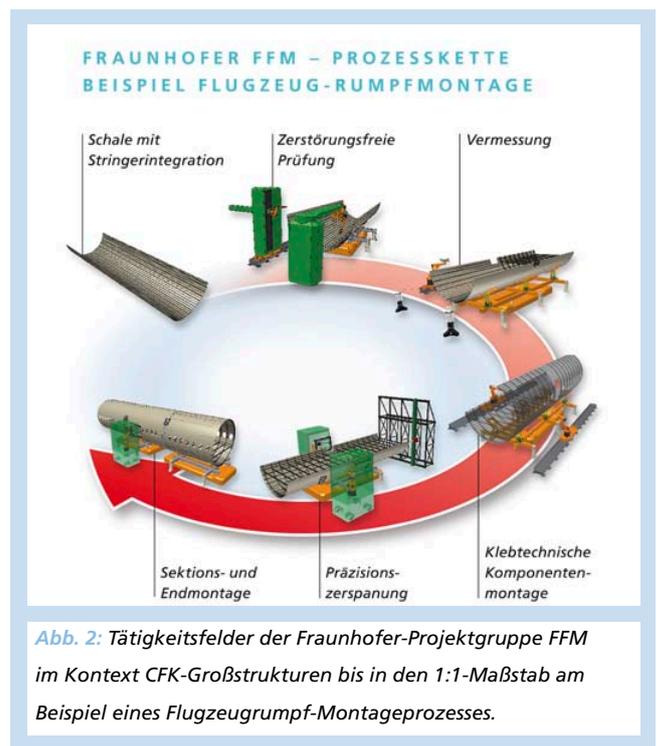


Abb. 2: Tätigkeitsfelder der Fraunhofer-Projektgruppe FFM im Kontext CFK-Großstrukturen bis in den 1:1-Maßstab am Beispiel eines Flugzeugrumpf-Montageprozesses.



immer größeren Stückzahlen pro Zeiteinheit funktionieren – denn nur diese ist im internationalen Wettbewerb wirklich wirtschaftlich. Nach vielen Gesprächen und intensiver Vorbereitungszeit entschloss sich das Land Niedersachsen daher, den Einsatz des leichten und hochstabilen CFK am Standort Stade mit Millionenaufwand zu unterstützen. Allein für den Bau des CFK Nord investierte Niedersachsen 19,7 Millionen Euro. Aber auch die Fraunhofer-Projektgruppe FFM erhält für ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten 12,7 Millionen Euro aus der Kasse des Bundeslandes.

Zur Eröffnung des neuen Forschungszentrums fand sich neben Politik- und Wirtschaftsvertretern alles ein, was in der Welt der carbonfaserverstärkten Kunststoffe Rang und Namen hat. Mehr als 300 Gäste waren in der beeindruckend großen Halle zusammengekommen. Die feierliche Eröffnung nahm Niedersachsens Ministerpräsident David McAllister höchstpersönlich vor (Abb. 3); die Fraunhofer-Gesellschaft wurde beim Festakt durch Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller – Vorstand für Forschungsplanung – und Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer – Institutsleiter des Fraunhofer IFAM – sowie Dr. Dirk Niermann – Leiter der Projektgruppe Fügen und Montieren FFM – vertreten (Abb. 4). Der Luftfahrtjournalist Cord Schellenberg moderierte die Festveranstaltung informativ und abwechslungsreich, und Stades Bürgermeister Andreas Rieckhof war in seiner Begrüßung sicher, dass die Stadt mit dem CFK Nord nun »in die Champions League der CFK-Welt« aufsteigen wird.

CFK Nord: Großforschungszentrum der kurzen Wege

David McAllister wertete in seiner Festrede das »Großforschungszentrum der kurzen Wege« als ein Paradebeispiel für eine exzellente Zusammenarbeit von Politik, Industrie und Forschung. »Um es auf den Punkt zu bringen: Wir bauen unseren Vorsprung bei der Produktion mit CFK weiter aus und stärken damit die Standorte des Flugzeugbaus im Norden«, so der

Ministerpräsident. Schließlich steht das CFK Nord direkt neben dem Airbus-Werk in Stade – die Luftfahrtindustrie ist einer der wichtigsten Partner des Forschungszentrums. McAllister erinnerte an die äußerst kurze Zeit zwischen der politischen Beschlussfassung zur Förderung der CFK-Technologie und der Fertigstellung des Forschungszentrums – »trotz der Wirtschafts- und Finanzkrise, die die öffentlichen Haushalte sehr belastet hat.« Der Ministerpräsident hob die gute Zusammenarbeit mit allen Partnern hervor und nannte dabei neben Vertretern von Politik, EADS und Airbus, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), dem Industriezweigsverband CFK-Valley Stade und Dow Deutschland namentlich auch Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller (Abb. 5). Als Vorstand für Forschungsplanung hatte Buller die Fraunhofer-Gesellschaft als einen der Hauptakteure im neuen CFK Nord in vielen Gesprächen vertreten. McAllister erinnerte auch daran, dass nicht allein die Luftfahrtindustrie Zielgruppe des CFK Nord ist: »Die gesamte Mobilitätsindustrie wird über kurz oder lang von CFK profitieren. Das »schwarze Gold« ist auf dem Vormarsch. So ist beispielsweise gerade der erste komplett aus CFK gefertigte LKW-Trailer der Welt im Großraum Stade gebaut worden!«

Der niedersächsische Ministerpräsident war überzeugt, dass die wichtigsten Partner des CFK Nord – Fraunhofer-Gesellschaft und DLR – dem Forschungszentrum weit über Stade hinaus

- 1 *Das Fraunhofer IFAM ist mit der Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM einer der Hauptmieter im Großforschungszentrum CFK Nord in Stade.*
- 3 *Niedersachsens Ministerpräsident David McAllister zusammen mit Dr. Dirk Niermann, Leiter der Fraunhofer-Projektgruppe FFM, bei der Einweihung des CFK Nord am 21. September 2010 in Stade (von links).*
- 4 *Die Vertreter der Fraunhofer-Gesellschaft (von links): Dr. Dirk Niermann, Leiter der Fraunhofer-Projektgruppe FFM, Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller, Vorstand für Forschungsplanung der Fraunhofer-Gesellschaft, und Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer, Institutsleiter des Fraunhofer IFAM.*



5



6



zu Aufmerksamkeit verhelfen würden. »Sie bringen nicht nur langjährige Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit industriellen Partnern mit, sondern auch in der Erforschung von Faserverbundwerkstoffen. Ich freue mich sehr, dass sie hier in Stade in eine Forschungspartnerschaft eingetreten sind, die dem Standort und seiner Industrie viele Entwicklungen eintragen wird.«

Um die praktische Arbeit des neuen Forschungszentrums ging es in einer informativen Podiumsdiskussion, bei der Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller für die Fraunhofer-Gesellschaft Rede und Antwort stand (Abb. 6). Zunächst stellte Prof. Dr.-Ing. Axel Herrmann, der Vorsitzende des CFK-Valley Stade e. V., noch einmal heraus, dass in Stade nun die gesamte Prozesskette rund um CFK vorhanden ist: von der Ausbildung speziell im Bereich Composite durch die örtliche Hochschule über das Technologiezentrum, in dem Forschungsergebnisse serienreif gemacht werden, bis zum neuen Großforschungszentrum. »Das CFK Nord ist unsere Zukunftsschmiede. 10 bis 15 Jahre vor dem eigentlichen Produktionsstart soll hier jetzt zum Beispiel die zweite Generation der CFK-Flugzeuge vorbereitet werden.« Fraunhofer-Vorstand Buller wurde gefragt, wie es denn nun konkret aussehe, wenn das FFM-Team in seinem Hallenteil arbeite: »Wir sehen hier dann die klebtechnische Montage von Flugzeugrümpfen, und die sind ja nicht eben klein. Dazu zählt auch die Ultrapräzisionszerspannung von großen Bauteilen. Mit vielen neu entwickelten Forschungsanlagen und den großen Strukturen wird unser jetzt noch leerer Hallenteil schnell ziemlich voll werden«, war sich Buller sicher.

Für ihn gibt es im Zusammenhang mit dem CFK Nord aus Fraunhofer-Sicht drei wichtige Aspekte: »Mit Airbus und Dow Deutschland sind zwei unserer wichtigsten Kunden Nachbarn des CFK Nord; dann handelt es sich bei diesem Werkstoff um ein faszinierendes Material und eine zukunftsweisende Technologie, zu der wir nicht nur im Fraunhofer IFAM, sondern an vielen Stellen der Fraunhofer-Gesellschaft eine hohe Kompetenz aufgebaut haben; und schließlich ist CFK nicht nur für den Flugzeugbau interessant, sondern für die gesamte Mobilitäts- und Leichtbaubranche.«

Fraunhofer-Projektgruppe FFM baut Großstruktur-Montage auf

Die Aufgaben der Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM im Großforschungszentrum CFK Nord werden durch die fachlich-inhaltliche Ausrichtung bestimmt, mit der dieses Team aufgestellt wurde (Abb. 7). Derzeit arbeiten dort 17 Produktions- und Automatisierungstechniker, Maschinenbauer, Softwareprogrammierer und Chemiker an Anwendungen, die den Kunden die gesamte Prozesskette entlang der Montage von CFK-Großstrukturen im 1:1-Maßstab offerieren. Die ersten Vorhaben in Stade haben begonnen; sie drehen sich vor allem um den Aufbau der Montage für den Großflugzeugbau. Zu Beginn werden einige Projektschritte in relativ schneller Folge vorgenommen, um die hochgesteckten Ziele möglichst rasch zu erreichen. Dazu gehört vor allem, die Montagetechnik im Großflugzeugbau vom bislang verbreiteten manuellen Verfahren zu einem hochgradig automatisierten Verfahren zu konvertieren – denn die Automatisierung ist Grundvoraussetzung für eine schnellere und preisgünstigere Produktion im Flugzeugbau. Was für die kleineren Bauteile der Automobilproduktion schon vor Jahren realisiert wurde und heute zum industriellen Alltag gehört, muss für Großstruktura-

5 Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller, Vorstand für Forschungsplanung der Fraunhofer-Gesellschaft.

6 Die Experten bei der Podiumsdiskussion (von links): Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.), Dr. Gerald Weber (Airbus Operations GmbH), Reiner Roghmann (DOW Deutschland Anlagengesellschaft mbH), Dr.-Ing. Dieter Meiners (Premium Aerotec GmbH), Prof. Dr.-Ing. Axel Herrmann (Faserinstitut Bremen e. V., Composite Technology Center GmbH), Dr. Claudio Dalle Donne (EADS Deutschland GmbH Innovation Works), Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.) und Moderator Cord Schellenberg (Luftfahrt-Press-Club e. V.).



ren erst entwickelt, geprüft und schließlich in eine möglichst fehlerfreie Serienproduktion – wenn auch mit wesentlich geringeren Stückzahlen als in der Automobilbranche – umgesetzt werden.

Ziel: Beschleunigung der Prozessschritte

Gerade im Bereich der Montage sehen sowohl die Flugzeughersteller als auch die Fraunhofer-Experten die Möglichkeit zur Produktionsbeschleunigung. Zeitintensive Aufgaben, die derzeit noch nacheinander erfolgen, können durch Voll- oder Teilautomatisierung zusammengefasst werden. Dies lässt sich zum Beispiel durch die Implementierung einer lasergestützten Vermessung erreichen. Die Herausforderung bei Großstrukturen ist, dass hier – anders als im Automobilbau – die Bauteile auch in der Serienproduktion letztlich Unikate sind, weil sie aufgrund ihrer Größe durch unvermeidbaren Bauteilverzug geometrisch erheblich voneinander abweichen. Bei einer Abweichung von mehreren Millimetern innerhalb einer Bauteilserie müssen den verarbeitenden Robotern daher exakte aktuelle Abmaße mitgeteilt werden, um beispielsweise Bohrungen stets korrekt zu positionieren. Eine andere Herausforderung ist, dass CFK-Oberflächen aufgrund der Einbettung der Kohlenstofffasern in transparentes Harz bislang durch die herkömmliche Messtechnik sehr schwer zu erfassen sind. Auch hier sind neue Entwicklungen in Vorbereitung.

Eine weitere Aufgabe sind automatisierte Prozessabläufe beim Fügen von Großbauteilen sowie beim Zerspanen großer Strukturen. Auch hier ist die Beschleunigung der jeweiligen Schritte ein erstes Ziel. Im Flugzeugbau fungiert Klebstoff bei der Verwendung in der CFK-Struktur bisher nur in geringem Umfang zur Übertragung von Kräften zwischen Bauteilen, vielmehr hauptsächlich als Stütz- und Füllmasse für Spalte – gemeinhin wird heute dafür der Ausdruck »Shim« verwendet. Während die lastübertragenden Teile des Flugzeugs genietet werden, dichtet das Shim-Material

die Zwischenräume der Bauteile ab. Weil diese sehr unregelmäßig sind, ist der derzeitige Füllprozess aufgrund oft mehrfacher Mess- und Anpassdurchgänge äußerst zeit- und ressourcenaufwendig. Ansatz des Fraunhofer IFAM und seiner Projektgruppe FFM im CFK Nord ist es, die Bauteile so exakt zu vermessen, dass die Spaltbreiten schon vor dem Zusammenfügen bekannt sind und dadurch die Shim-Masse in einem Arbeitsgang exakt aufgetragen werden kann. Auch das noch mehrere Stunden dauernde Abbinden der Klebstoffe soll zumindest an ausgewählten Punkten, die als eine Art »Kleb-Nagel« fungieren, erheblich beschleunigt werden. Folgeschritte können dann schneller erfolgen, weil nicht mehr auf das Aushärten der kompletten Klebmasse gewartet werden muss. Ein weiterer Entwicklungsschritt soll in naher Zukunft sein, die bisher zum Abdichten verwendete Shim-Masse durch »echte« Klebstoffe zu ersetzen, um die Zahl der sehr teuren Bohrlöcher und Titan-Nieten im Flugzeug zu verringern und darüber hinaus das nicht CFK-werkstoffgerechte Nieten weitgehend entfallen zu lassen.

Ziel: Flexibel, leicht und prozesssicher

Eine große Herausforderung ist das Präzisionsbearbeiten der Großstrukturen. Hier ist die Fraunhofer-Projektgruppe FFM innerhalb des CFK Nord in Teilbereichen involviert. Einer der Schwerpunkte ist die Arbeit an einer flexiblen Bearbeitungszelle, die durch den Einsatz verschiedener Module Großbauteile vollautomatisiert bearbeiten soll – und das gleichzeitig an mehreren Stellen. Wo heute noch ein riesiger, starrer Stahlbau samt Schwerlastfundament notwendig ist, um die »Endeffektoren« wie Fräse oder Bohrer genau zu führen, sollen bald leichte, fahrbare Einheiten zum Einsatz kommen.

7 *Das Team der Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM des Fraunhofer IFAM.*



Diese können sich an die Struktur anheften und bewegen sich auf Schienen oder mit Saugnapfen um das Bauteil herum, um Zerspanungsaufgaben schneller und günstiger durchzuführen. Dazu ist eine effiziente und intelligente Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik notwendig, die FFM zusammen mit Projektpartnern im Laufe der nächsten Jahre realisieren will.

Eine bedeutende Rolle bei der Weiterentwicklung von Bearbeitungstechniken für Großstrukturen spielt auch die vorausschauende Fehlervermeidung. Fehler beim Zerspanen bedeuten oft eine irreparable Schädigung des Bauteils, was bei Strukturen dieser Größe enorme Kosten verursachen würde. Deswegen wird im CFK Nord von vornherein darauf geachtet, die Prozesse rundum sicher und beherrschbar zu machen – mit dem Ziel, einer Null-Fehler-Produktion so nah wie möglich zu kommen. Das soll unter anderem durch eine lückenlose Überwachung aller wichtigen Parameter sowie durch optische und sensorische Kontrollen geschehen. Noch bevor Fehlbearbeitungen auftreten, kann der Bearbeitungsprozess dann korrigiert oder abgeschaltet werden.

Parallel laufen in Stade bereits Arbeiten zur Konzeption von Großanlagen und zur Organisation der einzelnen Prozesse: In welcher Folge werden Prozessschritte wie Fräsen, Bohren, Nieten und Kleben vorgenommen? Viele komplexe Abläufe sind dabei zu koordinieren, die teilweise auch noch gleichzeitig durchgeführt werden müssen. Ergebnis sind zunächst Versuchsstände, die auf die wesentlichen Bestandteile reduziert sind. An ihnen werden die Ideen getestet und optimiert, bevor sie risikoreduziert endgültig in den Großmaßstab übernommen werden. Projektpartner sind dabei unter anderem die Hersteller von Großanlagen, die diese dann später auch vertreiben, beim Endkunden aufbauen und in Betrieb nehmen.

Um neueste wissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Gebiet der Präzisionsbearbeitung einfließen zu lassen, arbeitet die Projektgruppe eng mit Experten der Technischen Universität Hamburg-Harburg zusammen. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Hintze – Institut

für Produktionsmanagement und -technik – (Abb. 8) leitet innerhalb der Fraunhofer-Projektgruppe FFM das Arbeitsgebiet »Präzisionsbearbeitung«, und Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Jörg Wollnack – ebenfalls Institut für Produktionsmanagement und -technik – (Abb. 9) unterstützt die Gruppe auf den Gebieten automatisierte Mess- und Referenzierungstechnik sowie Robotik.

Für den Kunden alles aus einer Hand

Das FFM-Team arbeitet in seinen Projekten eng mit dem IFAM-Mutterhaus in Bremen zusammen, wo die Entwicklung von Technologien und Materialien im Labor- bis Technikumsmaßstab erfolgt. Der Arbeitsanteil in Stade besteht in der industrialisierungsgerechten Planung und Umsetzung der Prozesse bis in den 1:1-Maßstab sowie der zugehörigen Entwicklung von Großanlagentechnik und Vorrichtungen.

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich auch auf andere Felder übertragen – etwa den Bau von Windkraftanlagen, Nutz- oder Schienenfahrzeugen und den Schiffbau, sogar dann, wenn dort noch glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) verwendet werden. Die Verwendung von CFK bedeutet in der Regel geringeres Gewicht und höhere Steifigkeit, was vor allem in Bezug auf Energieaufwand, Widerstandsfähigkeit, Ermüdungsverhalten, aber auch hinsichtlich des Komforts in Transportmitteln für nennenswerte Vorteile sorgt.

Projekte im Großforschungszentrum CFK Nord werden einen erheblichen Beitrag zum Nachweis der Machbarkeit einer Serienfertigung bei vertretbaren Kosten leisten – eine entscheidende Voraussetzung für den Einsatz von CFK-Bauweisen in verschiedenen Industriebereichen – nicht nur der Luftfahrt. Spätestens dann werden sich auch Automobil-, Nutzfahrzeug-, Schienenfahrzeug-, Schiff- und Windenergieanlagenbau noch stärker als bisher dem Leichtbau mit dem »schwarzen Gold« und all seinen Vorteilen zuwenden – auch

dank der anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Fraunhofer IFAM und seiner Projektgruppe Fügen und Montieren FFM.

KONTAKT

Dr. Dirk Niermann

Fraunhofer-Projektgruppe Fügen und Montieren FFM

Forschungszentrum CFK Nord

Ottenbecker Damm 12

21684 Stade

Telefon +49 4141 78707-101

dirk.niermann@ifam.fraunhofer.de

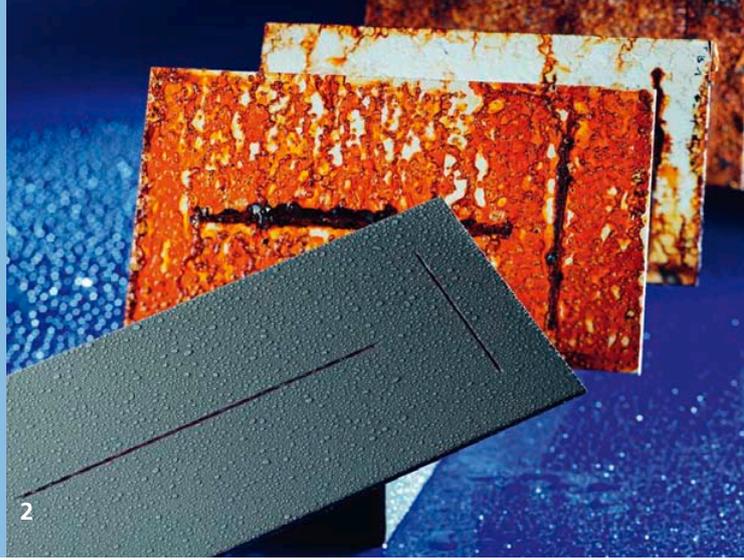
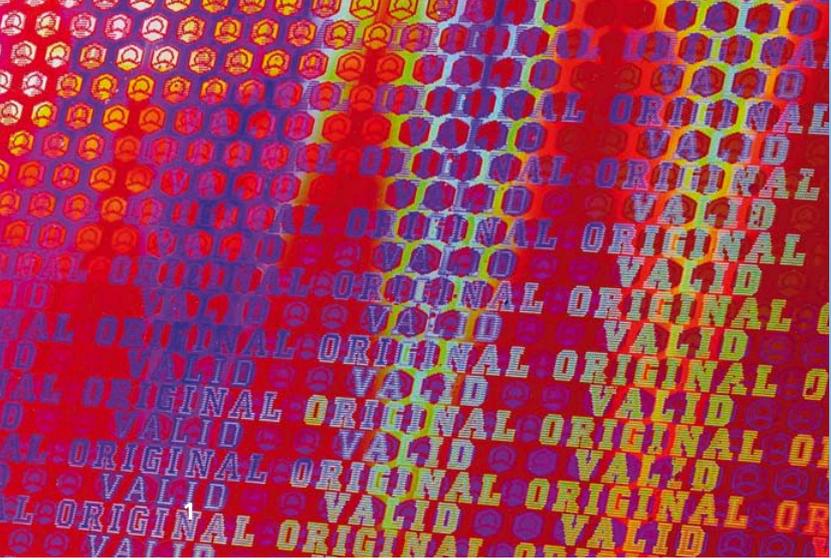
Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

- 8** *Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Hintze, Institut für Produktionsmanagement und -technik, Technische Universität Hamburg-Harburg, leitet die Arbeitsgruppe Präzisionsbearbeitung innerhalb der Fraunhofer-Projektgruppe FFM.*
- 9** *Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Jörg Wollnack, Institut für Produktionsmanagement und -technik, Technische Universität Hamburg-Harburg, berät die Fraunhofer Projektgruppe FFM auf dem Gebiet der Messtechnik und Robotik.*



FRAUNHOFER IFAM MACHT MIT ERFOLGREICHER F&E AUF DEM GEBIET DER FUNKTIONELLEN LACKSYSTEME AUF SICH AUFMERKSAM

Es klingt oft noch wie Zukunftsmusik, ist aber längst Realität: Funktionelle Oberflächen (Abb. 1). Mit unterschiedlichen Eigenschaften versehen, verringern sie beispielsweise den Strömungswiderstand von Flugzeugen und Schiffen. Sie vermindern Eishaftung, Verschmutzung, Erosion und Abrieb sowie Korrosion. Inzwischen gibt es sogar Oberflächen mit »selbsteinheilender« reparierender Wirkung. Die Abteilung Lacktechnik im Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM hat auf dem Gebiet der funktionellen Oberflächen in den vergangenen Jahren beachtliche Ergebnisse erzielt. Durch ihre Arbeit, gemeinsam mit weiteren Fachgruppen und Abteilungen des Fraunhofer IFAM, gelang es, zahlreiche Anwendungen effizienter zu gestalten und sogar völlig neue Nutzungsmöglichkeiten zu schaffen. Dazu kommt ein umfangreiches Wissen, wenn es um das industrielle Lackieren auf höchstem technischem Niveau geht. Dank ihrer erfolgreichen Entwicklungstätigkeit, ihrer großen Erfahrung und der synergistischen Zusammenarbeit im Kompetenznetzwerk Klebtechnik und Oberflächen des Fraunhofer IFAM sind die Experten aus Bremen anerkannte und begehrte Ansprechpartner der Lackindustrie.

Ob es sich um Lacke bei Flugzeugen, Schiffen oder Windenergieanlagen dreht oder um Beschichtungen für Wärmetauscher und andere empfindliche Bauteile: Fast immer geht es bei den Entwicklungen der Lacktechnik des Fraunhofer IFAM darum, Reparatur- und Wartungszyklen auszudehnen, die Lebensdauer zu verlängern, den Wirkungsgrad zu erhöhen oder Energieeinsparungen zu ermöglichen. Für die industriellen Dienst-

leistungen der Abteilung sind wiederum die Aktivitäten ein gutes Beispiel, die in der Branche zur gesetzlich geforderten Umstellung von lösungsmittelhaltigen Lacksystemen auf umweltfreundlichere wasserlösliche Systeme geführt haben. Aktuell unterstützen die Lacktechnik-Spezialisten die Industrie vor allem bei der Optimierung von lacktechnischen Anwendungen, etwa zur Vermeidung von Kraterbildungen oder Schmutzeinschlüssen während des Lackierprozesses. Weitere Anstrengungen gehen in Richtung effizienterer Lackiermethoden, etwa durch neue Verfahren beim Lackauftrag oder Verbesserungen bei der Lacktrocknung.

»Ganzheitliche« Lösungen garantiert – zum Beispiel innovative Korrosionsschutzkonzepte

Bei ihrer Arbeit kommt der Lacktechnik die enge interne Vernetzung mit den anderen Kompetenzfeldern im Fraunhofer IFAM zugute, die »ganzheitliche« Lösungen garantiert. Wenn es um Fragen der Fehlervermeidung bei lacktechnischen Anwendungen geht, wird regelmäßig auf die Expertise der Abteilung Adhäsions- und Grenzflächenforschung zurückgegriffen. Auch für die Erarbeitung von Korrosionsschutzkonzepten profitieren die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IFAM von der engen internen interdisziplinären Vernetzung.



So entstand durch die Zusammenarbeit der Lacktechnik mit der Arbeitsgruppe Elektrochemie und Korrosionsschutz der Adhäsions- und Grenzflächenforschung sowie der Gießertechnik des Fraunhofer IFAM die Entwicklung eines neuen Korrosionsschutzpigments.

Beweggrund ist die Tatsache, dass die meisten Schäden an Metallbauteilen immer noch durch Korrosion hervorgerufen werden. Deshalb werden Metallbauteile oft mit Korrosionsschutzschichten versehen (Abb. 2). In den meisten Fällen werden Lacke für diesen Zweck eingesetzt. Häufig enthalten die Korrosionsschutzlacke Pigmente, die die Korrosion des Bauteils aktiv verhindern. Dabei wurde in der Vergangenheit oft auf chromathaltige Pigmente zurückgegriffen, die allerdings umwelt- und gesundheitsschädlich sind. Vor allem für Aluminiumlegierungen, die im Flugzeugbau verwendet werden, gestaltete sich die Suche nach Alternativen lange Zeit sehr schwierig.

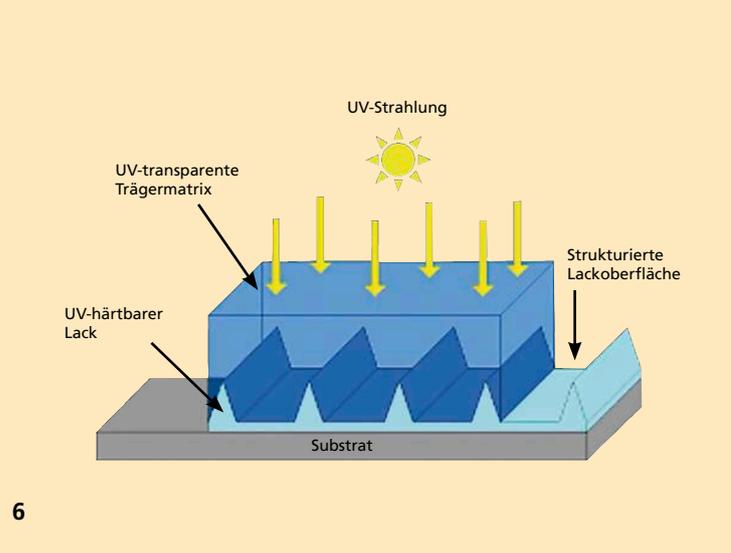
In einem Fraunhofer-internen Projekt der mittelstandsorientierten Eigenforschung (MEF) gelang es im IFAM schließlich, kathodisch wirksame, aus intermetallischen Magnesium-Zink-Phasen bestehende Metallpigmente zu entwickeln, die einen guten Korrosionsschutz gewährleisten (Abb. 3). Durch die elektrochemischen Eigenschaften der Pigmente lässt sich sowohl die Korrosion von Stahl als auch von Aluminiumlegierungen deutlich verringern. Und sie haben den großen Vorteil, weder für die Umwelt noch die Gesundheit ein Risiko darzustellen. Im Anschluss wurden gut funktionierende und leicht anzuwendende Korrosionsschutzlacke mit diesen Pigmenten entwickelt.

In lösungsmittelhaltigen Korrosionsschutzgrundierungen konnte nachgewiesen werden, dass die am Fraunhofer IFAM entwickelten Pigmente sehr gut wirksam sind. So trat an Substraten aus besonders korrosionsanfälligen Aluminiumlegierungen nach mehr als 10 000 Stunden im Salzsprühnebeltest im akkreditierten Korrosionsprüflabor des Fraunhofer IFAM keine Korrosion auf – nicht einmal an einer zu Versuchszwecken aufgetragenen Verletzung der Lackschicht.

Mit diesem Ergebnis gaben sich die Forscherinnen und Forscher von Lacktechnik sowie Elektrochemie und Korrosionsschutz immer noch nicht zufrieden. Es wurden weitere Entwicklungen vorangetrieben, um die Pigmente nicht nur in lösungsmittel-, sondern auch in wasserbasierten Lacken einsetzen zu können und somit eine noch größere Umweltfreundlichkeit zu erreichen. Da die Pigmente aber – ihrer Wirkungsweise entsprechend – sehr reaktiv in Verbindung mit Wasser sind, musste, um dieses Vorhaben realisieren zu können, eine spezielle variable Stabilisierung in wasserverdünnbaren Lacken entwickelt werden (Abb. 4): Die Stabilisierung isoliert die Pigmente im flüssigen Lack vom umgebenden Wasser, wird aber unwirksam, sobald der Lack als ausgehärtete Schicht vorliegt. Erste Korrosionsprüfungen zeigten bereits eine gute Schutzwirkung durch den wasserbasierten Lack mit stabilisierten Pigmenten.

Über die Stabilisierung von Korrosionsschutzpigmenten in wasserverdünnbaren Lacksystemen schrieben Anja Zockoll – Elektrochemie und Korrosionsschutz – und Andreas Brinkmann – Lacktechnik – einen Fachbeitrag im Branchenmagazin FARBE UND LACK, für den sie die Auszeichnung für den besten Fachartikel des Jahres 2010 erhielten (siehe Seite 94).

- 1 *Beispiel für funktionelle Oberflächen: Die als Hologramm sichtbare Nanostrukturierung des Lacks dient dem Produkt- und Markenschutz.*
- 2 *Untersuchung der Korrosionsbeständigkeit: Lackierte Probekörper nach der Auslagerung in der Salzsprühnebelkammer des Fraunhofer IFAM.*
- 3 *Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Magnesium-Zink-Pigmenten: Korrosionsschutz ohne Risiko für Gesundheit und Umwelt.*
- 4 *Unstabilisiertes Magnesium-Zink-Pigment (links) und stabilisiertes Magnesium-Zink-Pigment (rechts) bei Kontakt mit Wasser.*



Haifischhaut-Lacke verringern Strömungswiderstand

Preiswürdig war 2010 auch eine andere Entwicklung, an der Lacktechnik und Klebtechnische Fertigung des Fraunhofer IFAM seit vielen Jahren sehr erfolgreich arbeiten: Ein Lacksystem, das bei Großbauteilen den Strömungswiderstand deutlich verringert. Dr. Volkmar Stenzel und Yvonne Wilke – beide Abteilung Lacktechnik – sowie Manfred Peschka – Abteilung Klebtechnische Fertigung – erhielten für diese Innovation den Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2010 (siehe Seite 90). Seit 1978 zeichnet die Fraunhofer-Gesellschaft damit herausragende wissenschaftliche Leistungen von Forscherinnen und Forschern aus, die anwendungsnahe Probleme lösen. Dies ist dem Fraunhofer IFAM-Team gelungen, denn das neue Lacksystem kommt Forderungen der Europäischen Kommission entgegen, den Treibstoffverbrauch von Flugzeugen und Schiffen spürbar zu senken. Zudem werden Schiff- und Flugzeugbau ab 2012 in den Emissionshandel einbezogen, was in den Branchen für zusätzlichen Druck sorgt, den Kohlendioxid-Ausstoß zu senken.

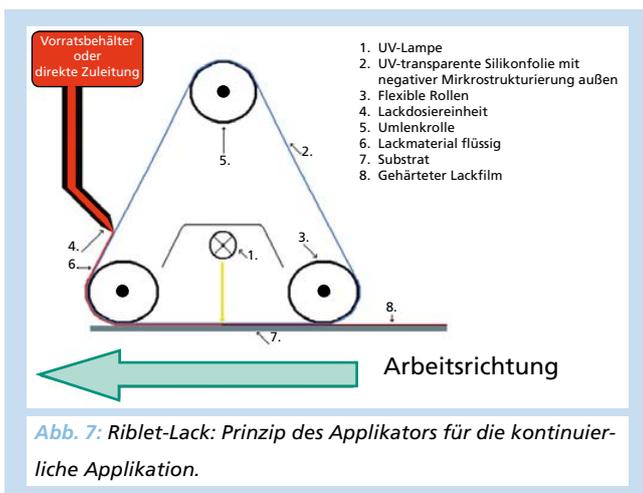
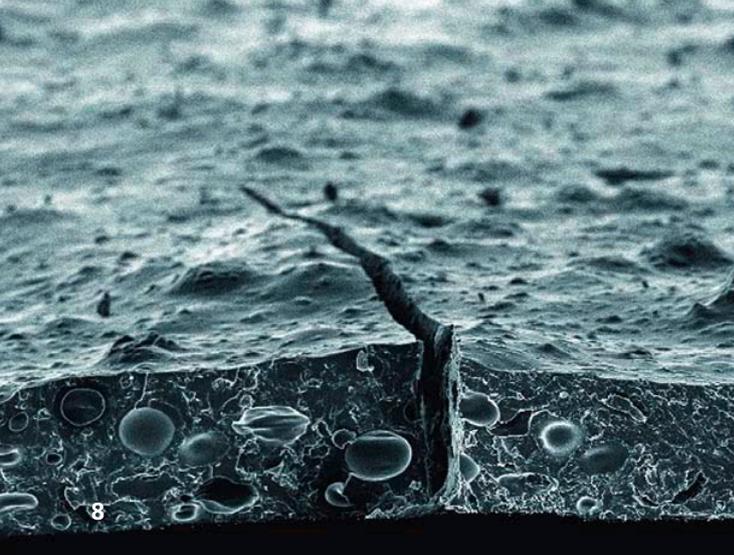
Vorbild für die Struktur des im Fraunhofer IFAM entwickelten Lacksystems war die Natur. Die Schuppen schnell schwimmender Haie haben mikroskopisch kleine Rillen in Längsrichtung, sogenannte Riblets. Durch sie wird der Strömungswiderstand deutlich verringert. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM übertrugen dieses Wissen auf einen Lack (Abb. 5), der den extremen Anforderungen der Luftfahrt standhält – wie außerordentlich hohe Temperaturschwankungen von -55 bis $+70$ Grad Celsius, aggressive ultraviolette Bestrahlung und sehr hohe Geschwindigkeiten. Wichtiger Bestandteil des »Riblet-Lacks« sind Nanopartikel. Sie bewirken, dass der Lack den Höchstbelastungen überhaupt dauerhaft widersteht. Die Vorteile sind immens: Um Treibstoffeinsparungen von rund zwei Prozent zu erzielen, sind lediglich Investitionen in die Lackiertechnik notwendig. Denn Flugzeuge und Schiffe müssen ohnehin lackiert werden. Der Einsatz von »Riblet-Lack« ist also für Anwender weitestgehend kosten- und gewichtsneutral.

Neben dem günstigeren Strömungswiderstand hat der Lack weitere Vorteile: Er ist schmutzabweisend und durch die Nanopartikel gegenüber Abrieb und Erosion hochbeständig.

Der »Haifischhaut-Lack« lässt sich problemlos auf dreidimensional gekrümmte Flächen aufbringen, was bei im Vorfeld erprobten Lösungen mit strukturierten Folien nicht der Fall war. Denn die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IFAM haben auch gleich ein passendes Applikationssystem entwickelt. Dabei wird der mit Nanopartikeln versehene Lack mittels eines patentierten Rollenapplikators aufgebracht und mit Mikrorillen strukturiert. Anschließend wird er teilweise unter UV-Licht und teilweise durch chemische Reaktionen gehärtet (Abb. 6 + 7). Das Verfahren lässt sich über einen Roboter automatisch betreiben.

Wenn sich Risse selbst reparieren

Hochinteressant ist auch eine Entwicklung aus der Lacktechnik, die zu Beschichtungen mit einem Selbstheilungseffekt geführt hat. Die extremen Belastungen, denen Beschichtungen häufig ausgesetzt sind, führen oft zu Rissen. Diese haben letztlich eine Schwächung des Bauteils zur Folge. Windenergieanlagen beispielsweise sind sowohl den Umwelteinflüssen als auch einer sehr hohen Dynamik ausgesetzt, was nicht selten zu Beschädigungen der Oberflächen führt. Gerade in der Branche – verschärft noch bei Offshore-Windenergieanlagen – sind Wartungsarbeiten äußerst kostenintensiv, sodass selbstheilende Beschichtungen ein Fortschritt wären. Aber auch für Stahlbauten wie beispielsweise große Brücken und viele weitere Investitionsgüter, die einer hohen Beanspruchung standhalten müssen, wäre eine solche Beschichtung von Vorteil. Ähnlich erwünscht ist eine »Heilung« von Kratzern bei dekorativen Lacksystemen, etwa Autolacken.



Strategien gegen die Vereisung

Ebenso attraktiv für Wirtschaft und Industrie sind die Aktivitäten der Abteilung Lacktechnik zu Anti-Eis-Beschichtungen. Eine Verminderung oder sogar völlige Vermeidung von Eisbildung an Oberflächen ist für viele Branchen interessant, denn Eisbildung verursacht hohe Kosten. Bekanntestes Beispiel ist die Enteisung von Flugzeugen. Erlebbar ist dies für Passagiere nur vor dem Start; doch auch während des Flugs wird enteist, wenn sich in großen Höhen Eiskristalle an den Tragflächen bilden. An Strommasten oder Windenergieanlagen kann Eisbildung – vor allem bei extremen Wetterlagen wie beispielsweise im November 2005 im Münsterland – zu irreparablen Schäden führen; außerdem produzieren vereiste Rotorblätter von Windenergieanlagen weniger Energie und bergen die Gefahr von Eisabwurf. Auch bei Schienenfahrzeugen, Schiffen, Autos, Kühlaggregaten und Rollläden ist Vereisung ein großes Problem. Allen Bereichen gemein ist, dass sich Stillstands- und Wartungszeiten sowie aufwendige Reparaturen zu erheblichen finanziellen Mehrbelastungen aufsummieren.

Die Lacktechnik des Fraunhofer IFAM arbeitet an unterschiedlichen Ansätzen, um Lösungen für die Vereisungsproblematik zu finden. Dazu hat sie eine Vereisungskammer entwickelt, in der fast jedes Vereisungsszenario auf Oberflächen und Beschichtungen nachgestellt werden kann – mit unterschiedlichen Luft- und Substrattemperaturen sowie Luftfeuchtigkeiten, Regen- und Windsimulationen und vielem mehr (Abb. 10). Dazu kommen Freibewitterungen unter realen Bedingungen auf einem Eis-Teststand, der sich in 1141 Meter Höhe auf dem

Die in der Lacktechnik des Fraunhofer IFAM entwickelte Lösung basiert auf mikroverkapselten Wirkstoffen, die in die Beschichtung eingearbeitet werden. Wird die Beschichtung verletzt, reißen an dieser Stelle auch die Mikrokapseln auf. Sie enthalten ein Heilungsreagenz, das die Risse sofort wieder verschließt (Abb. 8 + 9). Unbehandelte Risse würden im Normalfall schnell tiefer werden und sich ausweiten, was bald Materialschäden zur Folge hätte. Durch die Mikrokapseln kommt es nicht dazu. Die dadurch mögliche Verlängerung der Wartungsintervalle und seltenere Reparaturen führen zu spürbaren Kosteneinsparungen, was die Wirtschaftlichkeit von Anlagen in verschiedenen Branchen erhöht. Dabei sind die Ansprüche an die Mikrokapseln sehr komplex: Sie müssen lösungsmittelbeständig und dispergierbar sein, sich also unzerstört in den Lack einarbeiten lassen, gleichzeitig ist es unabdingbar, dass die Mikrokapseln auch den Auftrag mit Spritzpistolen überstehen. Zudem sollen sie mit der Matrix einen Verbund bilden und langzeitbeständig im Lack lagern. Im »Bedarfsfall« müssen sie zuverlässig aufbrechen und den Riss wieder verschließen. Um diese Erfordernisse für unterschiedliche Anwendungsfälle zu erfüllen, werden die Mikrokapseln im Fraunhofer IFAM für die jeweiligen Lacksysteme »maßgeschneidert« und hinsichtlich ihrer Funktionalisierung intensiv geprüft.

- 5 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer riblet-strukturierten Lackoberfläche.
- 6 Riblet-Lack: Prinzip der Applikation.
- 8 Beschädigte Beschichtung mit mikroverkapselten Heilungsreagenzien.
- 9 Aus einer verletzten Mikrokapsel tritt Heilungsreagenz aus.



Brocken im Harz befindet. Primär werden von den Forscherinnen und Forschern des Fraunhofer IFAM Reif-Adhäsions-Tests zur Simulation von Bereifung (Abb. 11), Eis-Regen-Tests zur Simulation der Eisbildung von Regenwasser und sogenannte Runback-Eis-Tests an Modellen von Flügelprofilen (Abb. 12) durchgeführt.

Ziel der Lacktechnikexperten ist es, die Eisbildung mit unterschiedlichen Strategien zu minimieren oder zu verhindern. Dabei profitieren sie von ihrem breiten Wissen in puncto Oberflächenvorbehandlung, Lackentwicklung und Lackprüfung. Erforscht werden beispielsweise extrem wasserabweisende Lacke, die eine Anhaftung von Wasser effektiv verhindern – und wo kein Wasser ist, kann auch kein Eis entstehen. Ein anderer Weg ist die Entwicklung von biomimetischen Anti-Eis-Oberflächen auf der Basis von Anti-Freeze-Proteinen. Hier ist die Natur ein Vorbild: Es gibt beispielsweise Insekten, Fische oder Pflanzen, die dank vorhandener »Frostschutzproteine« auch bei –60 Grad Celsius frostfrei existieren können. In der Abteilung ist man gemeinsam mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Abteilung Klebstoffe und Polymerchemie mit der Verbindung von technischen Lackoberflächen mit synthetisch hergestellten Anti-Freeze-Proteinen beschäftigt. Ein weiterer Ansatz sind Oberflächen mit mikroskopisch kleinen Strukturen, durch die das Anhaften von Eis ebenfalls verhindert werden kann.

Bei ihrer Arbeit nutzt die Lacktechnik auch die Zusammenarbeit mit der Adhäsions- und Grenzflächenforschung des Fraunhofer IFAM: Die maßgeschneiderten Untersuchungen zu den Mechanismen der Eisbildung und Eisanhaftung auf verschiedenen Oberflächen sowie die computergestützte Simulationen der Experten der Arbeitsgruppe Applied Computational Chemistry unterstützen und beschleunigen die Forschungsarbeit erheblich.



Schmutzabweisende Oberflächen

Nicht nur Eis und Reif sind in vielen Branchen problematisch. Auch die Verunreinigung von Oberflächen ist vielfach unerwünscht. Denn oftmals erfordert dies zum Erhalt der vollen Leistungsfähigkeit von Anlagen regelmäßige Reinigungen, was ein nicht zu unterschätzender Kostenfaktor ist. Als Beispiel sei hier wiederum eine Windenergieanlage angeführt: Die Kontamination durch Insektenrückstände in den Sommermonaten führt zu Effizienzseinbußen von bis zu fünf Prozent, bei bestimmten Windgeschwindigkeiten sogar noch darüber. Grund ist eine Änderung des aerodynamischen Profils durch die Insektenrückstände. Mit verschiedenen Herangehensweisen entwickelt die Lacktechnik auch für Herausforderungen dieser Art Beschichtungen und Lacke, die ein Anhaften effektiv verhindern.

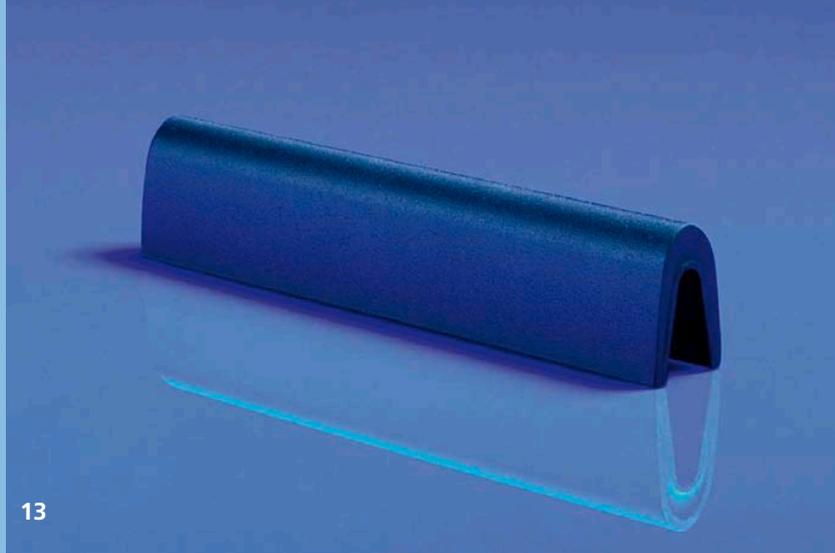
Oberflächen werden widerstandsfähiger

Eine weitere Herausforderung sind erosions- und abriebfeste Beschichtungen. Sand und Regen wirken bei vielen Bauteilen auf Dauer wie eine Behandlung mit Schleifpapier und schädigen die Oberflächen. Gleiches gilt überall dort, wo zwei Bauteiloberflächen aufeinander reiben – der starke Verschleiß verkürzt die Lebenszeit von Bauteilen und erhöht Wartungs- sowie Reparaturzeiten. Die Abteilung Lacktechnik hat es sich auf dem Gebiet zur Aufgabe gemacht, mit unterschiedlichen Konzepten die Widerstandsfähigkeit von Oberflächen deutlich zu erhöhen und Beschichtungen mit Eigenschaften zu versehen, die Bauteile resistenter gegen Erosion und Abrieb machen (Abb. 13).

Dabei ist die Belastung der Oberflächen je nach Anwendungsbereich sehr verschieden, sodass angepasste Lösungen entwickelt werden müssen: Der Oberflächenschutz bei einem Flugzeug ist ein anderer als bei Windenergieanlagen. In der



12



13

Fraunhofer IFAM-Lacktechnik werden dafür hochoerosionsbeständige Beschichtungen mit verstärkenden Füllstoffen – beispielsweise Nanopartikeln – auf anorganischer und organischer Basis neu entwickelt und bereits verwendete Systeme um diese Funktionen erweitert (Abb. 14). Für reibende Beanspruchungen wird an hochfesten Beschichtungen mit minimalem Reibungswiderstand gearbeitet, die mit speziellen Gleit- und Antiblockiereigenschaften besonders gut für diese Verwendung geeignet sind. Auch für den Forschungs- und Entwicklungsbereich stehen der Lacktechnik hochmoderne Prüf- und Analysegeräte zur Verfügung, um die für die jeweilige Anforderung optimale Lösung zu realisieren.

Das breite Wissen der Abteilung sowohl hinsichtlich lacktechnischer »Alltagsfragen« wie auch neuester technologischer Ansätze macht das Fraunhofer IFAM zu einem bewährten Partner der Lackindustrie. Dabei handelt es sich um eine Branche, die in Deutschland jährlich mehr als 2,5 Millionen Tonnen Lacke und Druckfarben herstellt und verarbeitet. Ihre volkswirtschaftliche Bedeutung ist immens, denn erst durch Lacke und Beschichtungen wird ein gezielter Oberflächenschutz möglich. Er erhält Materialien im Wert von vielen Milliarden Euro, die sonst durch Korrosion und Verschleiß dem Verfall ausgesetzt wären und häufig erneuert werden müssten. Und

dieser Oberflächenschutz wird immer besser – nicht zuletzt dank der Arbeit der Lacktechnik-Experten aus Bremen.

KONTAKT

Dr. Volkmar Stenzel
Lacktechnik
Telefon +49 421 2246-407
volkmar.stenzel@ifam.fraunhofer.de

Dr. Stefan Dieckhoff
Adhäsions- und Grenzflächenforschung
Telefon +49 421 2246-469
stefan.dieckhoff@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Manfred Peschka
Klebtechnische Fertigung
Telefon +49 421 2246-524
manfred.peschka@ifam.fraunhofer.de

Institut

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

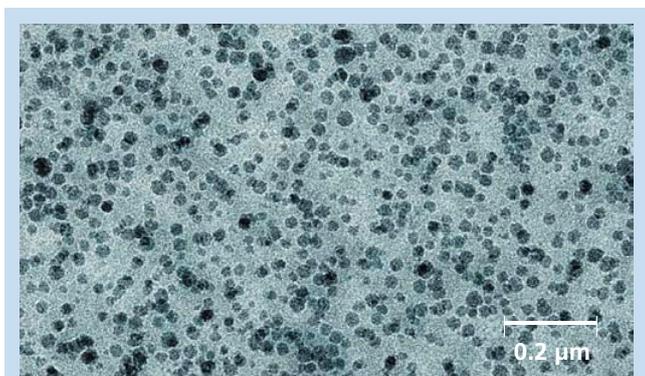
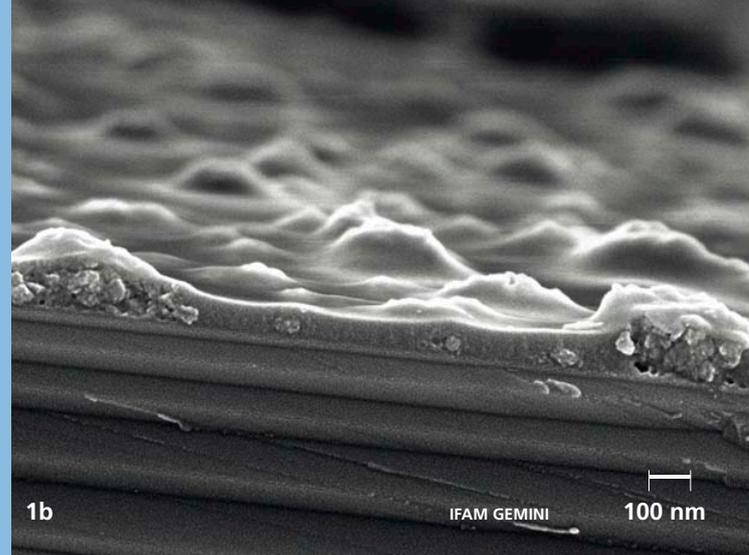
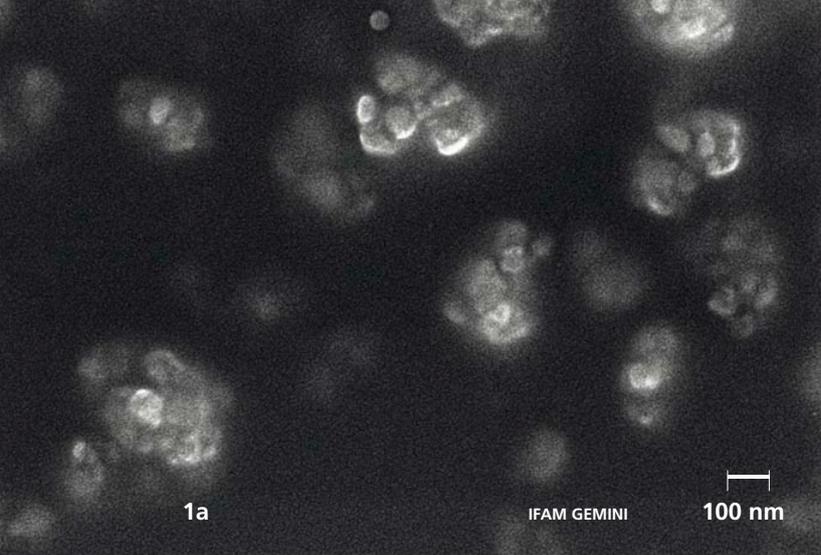


Abb. 14: Siliziumnanopartikel in einer Dual-Cure-Beschichtung zur Erhöhung der Abriebbeständigkeit.

- 10 Im Fraunhofer IFAM entwickelte Vereisungskammer zur Untersuchung von Anti-Eis-Beschichtungen.
- 11 Beurteilung der Reifhaftung durch den am Fraunhofer IFAM entwickelten Reif-Adhäsions-Test.
- 12 Im Fraunhofer IFAM entwickelte Messvorrichtung für den Runback-Eis-Test an Flügelprofilen.
- 13 Erosionsbeständige Elastomerbeschichtung auf einem Flügelvorderkantenprofil.



PLASMA-HYBRID-VERFAHREN BIETET NEUE MÖGLICHKEITEN ZUM AUFBRINGEN DÜNNER FUNKTIONSSCHICHTEN

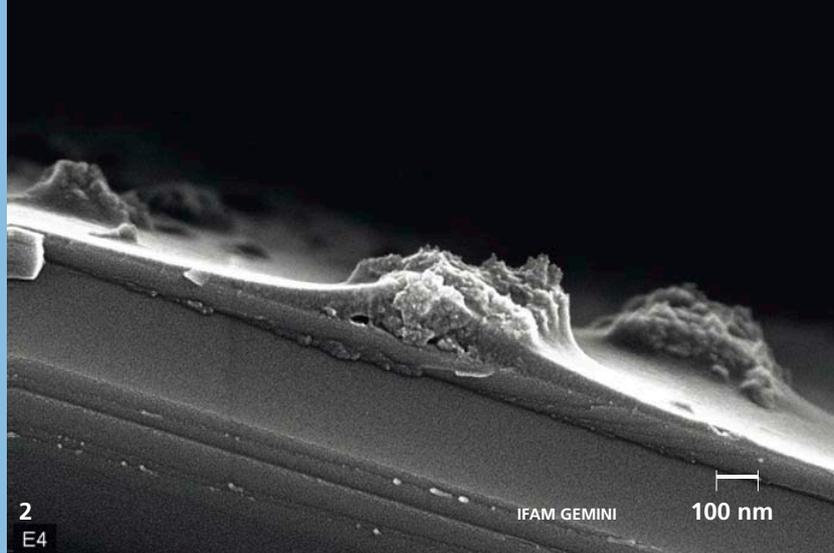
Die Abteilung Plasmatechnik und Oberflächen PLATO des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM hat einen neuen Ansatz zur Herstellung dünner Funktionsschichten auf Werkstoffen entwickelt. Zusammen mit der Abteilung Klebstoffe und Polymerchemie des Fraunhofer IFAM sowie Arbeitsgruppen der Universitäten Greifswald und Bremen arbeitet PLATO seit Mitte 2008 am sogenannten Plasma-Hybrid-Verfahren.

Eine polymere Flüssigkeit wird auf die zu beschichtenden Oberflächen aufgetragen. Zusätzlich lassen sich Partikel in Mikro- und Nanometergröße in diese Flüssigkeiten einbringen, wodurch Dispersionen entstehen. Anschließend wird die polymere Flüssigkeit bzw. die Dispersion in einem Plasma vernetzt und dadurch ausgehärtet. Das Verfahren bietet zahlreiche Vorteile und neue Möglichkeiten zur Erzeugung funktioneller Schichten auf verschiedenartigen Materialien. Gefördert wird das grundlagenorientierte Vorhaben im Rahmen der Initiative »Innovative Methoden zur Herstellung funktionaler Oberflächen« der Volkswagenstiftung.

Bei der Entwicklung handelt es sich um eine neue Verfahrensweise auf dem Gebiet der Plasmatechnik. Während bei der klassischen Plasmapolymersation Oberflächen und Bauteile aus der Gasphase heraus beschichtet werden, wird im Plasma-Hybrid-Verfahren ein neuer Ansatz verfolgt: In einem ersten Schritt werden Flüssigkeiten auf die Oberfläche aufgetragen; im nächsten Schritt erfolgt dann die Vernetzung mithilfe eines Plasmas. Um den Unterschied zur herkömmlichen Plasmapolymersation deutlich zu machen, verwenden die beteiligten Wis-

senschaftlerinnen und Wissenschaftler daher auch den Begriff »Plasmavernetzung«. Ein besonderer Fortschritt ist dabei die bereits erwähnte Möglichkeit, in die aufgebrachte Trägerflüssigkeit kleinste Partikel im Mikro- und Nanometerbereich einzubringen (Abb. 1a + 1b). Die Herstellung und Stabilisierung dieser Dispersionen mit einem hohen Partikelfüllgrad ist ebenfalls Teil des Projekts. Nach der Vernetzung übernehmen die Partikel in der Dünnschicht spezifische Funktionen. Die nachträgliche Freilegung der Partikel durch eine gezielte Plasma-Ätzung – ein Teilprojekt, das an der Universität Greifswald bearbeitet wird – führt dazu, dass zum Beispiel katalytisch wirkende Partikel noch effektiver arbeiten können (Abb. 2). Ein weiterer Vorteil gegenüber Gasphasenprozessen ist, dass raue Oberflächen durch die Dünnschicht geglättet und Mikroporen aufgefüllt werden können.

Die Einbringung von Partikeln in Dünnschichten ist grundsätzlich nicht neu. Bislang geschah dies durch eine Kombination von physikalischer und chemischer Gasphasenabscheidung (Physical Vapour Deposition, PVD, und Chemical Vapour Deposition, CVD). Der Nachteil dabei ist, dass der bei der PVD eingesetzte



Prozess der Kathodenzerstäubung (Fachbegriff: sputtern) sehr gerichtet ist. Dadurch können Schattenbereiche eines Werkstücks nicht durchgehend beschichtet werden. Außerdem bleiben etwaige Rauigkeiten und Poren der Oberfläche erhalten, was beispielsweise dem Korrosionsschutz abträglich ist. Denn für einen effizienten Korrosionsschutz ist eine geschlossene Beschichtung erforderlich. Das neue Plasma-Hybrid-Verfahren dagegen ermöglicht es, die Oberflächen nachhaltig zu glätten.

Kleinste Partikel in Siloxan-Matrix eingebunden

Dem Projektteam ist es gelungen, Mikro- oder Nanopartikel in eine hochvernetzte siliziumorganische Schicht (Siloxan-Matrix) einzubinden: Dazu werden die Partikel dispergiert. Mithilfe von Emulgatoren werden beispielsweise das hydrophobe Silikonöl und das hydrophile Anatas (Titandioxid) zu einem fein verteilten Gemisch vermengt und stabilisiert. Bei der Erarbeitung der Dispersionen waren vor allem die umfangreichen Erfahrungen der Fraunhofer IFAM-Abteilung Klebstoffe und Polymerchemie auf diesem Gebiet ausschlaggebend. Intelligente Applikationsverfahren – sie reichen vom Tauchen der Substrate bzw. Bauteile bis hin zu Benetzungen mittels eines Aerosolverdampfers in einer Art »Nebekammer« – stellen sicher, dass die Flüssigkeiten die Oberfläche des zu beschichtenden Teils zu 100 Prozent bedecken. Anschließend erfolgt die Plasmavernetzung im Niederdruck-Plasma. Aus chemischer Sicht werden dabei Einfachbindungen aufgebrochen, um anschließend neue Verbindungen eingehen zu können; dadurch lassen sich praktisch alle flüssigen siliziumorganischen Verbindungen vernetzen. Die aus diesem Prozess entstehenden Dünnschichten weisen sowohl chemisch als auch mechanisch ähnliche Eigenschaften wie plasmapolymere Schichten auf. Sie sind relativ hart, haften exzellent und sind im Allgemeinen transparent. Ein weiterer Vorteil gegenüber der Plasmapolymerisation ist, dass Schichten bis zu einer Stärke von 350 Nanometern schnell mechanisch stabil vernetzbar sind.

Ein konkretes Beispiel für das große Potenzial des Plasma-Hybrid-Verfahrens sind photokatalytisch aktive Beschichtungen (Abb. 3). Als dafür geeignetster »Lieferant« der eingebundenen Mikropartikel hat sich das Mineral Anatas erwiesen. Beim Aufbringen von Anatas mit herkömmlichen PVD- oder CVD-Verfahren muss das Substrat sehr heiß (mehrere Hundert Grad Celsius) gemacht werden, was die Gefahr des Verzugs oder der Schädigung der Substrate mit sich bringt und beispielsweise die Beschichtung von klassischen Kunststoffen ausschließt. Kommerziell werden photokatalytisch aktive Schichten daher heute bislang fast ausschließlich auf Glas aufgebracht.

»Kalte« Beschichtung – die Basis für vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Der Vorteil des Plasma-Hybrid-Verfahrens ist, dass die Beschichtung »kalt«, also bei Raumtemperatur, durchgeführt werden kann. Damit rücken zahlreiche andere Oberflächen ins Blickfeld, bei denen eine photokatalytisch hochwirksame Schicht wünschenswert wäre – etwa die Aluminium- oder Kunststofflamellen von Außenjalousien. Denn der in die Beschichtung eingebrachte Katalysator »verbrennt« organische Moleküle – beispielsweise Schmutz oder Algen –, indem er sie in Kohlendioxid und Wasser zersetzt. Notwendig ist dafür lediglich gemäßigtes UV-Licht, wie es im Sonnenlicht reichlich vorhanden ist. Die spezielle Beschichtung zersetzt mithilfe des Tageslichts organische Verschmutzungen und unterstützt

1a + 1b Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen einer plasmavernetzten Dispersion von Titandioxid-Nanopartikeln in Silikonöl (1a: Aufsicht; 1b: Bruchkante).

2 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme nach der Freilegung der photokatalytisch aktiven Titandioxid-Nanopartikel durch Plasma-Ätzung an der Universität Greifswald.

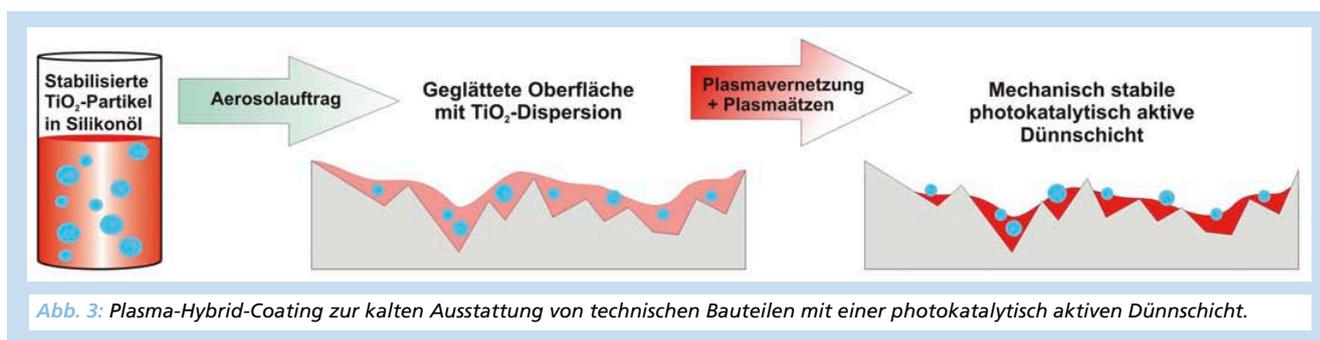


Abb. 3: Plasma-Hybrid-Coating zur kalten Ausstattung von technischen Bauteilen mit einer photokatalytisch aktiven Dünnschicht.

zugleich das Abspülen der gelösten Schmutzpartikel durch Regen – ein Verfahren, das dank des beschriebenen Forschungsvorhabens künftig auch für weitere Anwendungsbereiche viele praktische Einsatzmöglichkeiten bietet.

Ein weiteres Beispiel für die Nutzung photokatalytischer Beschichtungen sind Photo-Mikroreaktoren zur Wasserreinigung (Abb. 4). Denkbar sind Reaktoren, die mit Sonnenlicht arbeiten: Wasser mit organischen Bestandteilen, beispielsweise bakteriellen Verunreinigungen, fließt von einem Behälter über sonnenbeschienene Mikroreaktoren in einen Auffangbehälter und wird dabei gesäubert. Weil die Beschichtung »aktiv« wirkt, aber eben auch fest auf der Oberfläche verankert ist, müssen nach dem Reinigungsprozess etwaige Katalysatoren nicht aus dem Wasser herausgefiltert werden. Zumal die Beschichtung auch noch den Effekt der Oberflächenglättung realisiert, lässt sich zusätzlich die Strömungsfähigkeit im Mikroreaktor verbessern.

Ebenso ist es durch das Einbringen von Silber-Nanopartikeln möglich, antimikrobiell wirkende Dünnschichten herzustellen – eine Anwendung, die unter anderem für die Medizintechnik interessant ist. Im Gegensatz zu heute verwendeten antimikrobiellen Schichten mit Antibiotika ergibt sich bei der Verwendung der Silber-Nanopartikel nicht die Gefahr von Antibiotikaresistenzen, die in der Medizin zu einem immer größeren Problem werden. Die in der Dünnschicht vernetzten Silberpartikel sind zudem im menschlichen Körper, beispielsweise auf Implantaten, einsetzbar – anders als etwa durch

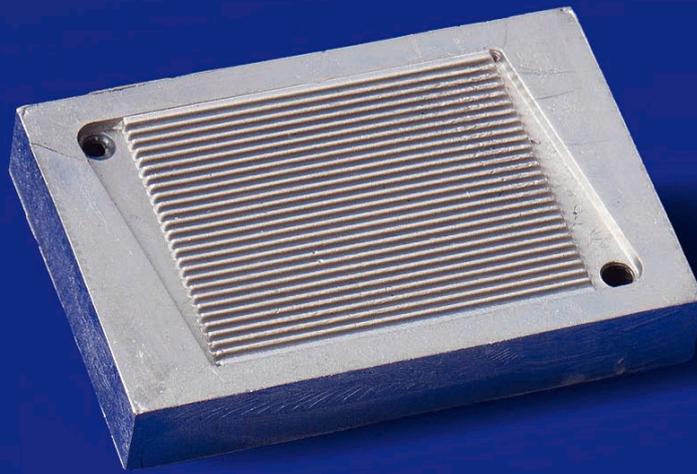
physikalische Gasphasenabscheidung aufgebrachte reine Silberbeschichtungen, auf die Körpergewebe abwehrend reagiert.

Weil Bakterien häufig Biofilme auf Oberflächen bilden, ist eine antimikrobielle Beschichtung grundsätzlich auch in weiteren Anwendungsbereichen vorstellbar – beispielsweise bis hin zur Raumfahrttechnik. Denn in unzugänglichen Bereichen einer Raumstation wie der ISS bilden sich oft Biofilme, die im Laufe der Zeit zu einem ernsthaften hygienischen Problem werden können.

Optimierte Korrosionsschutzbeschichtungen

Nicht zu vernachlässigen ist bei der Aufzählung von Anwendungsmöglichkeiten des Plasma-Hybrid-Verfahrens der Mehrwert durch eine qualitativ verbesserte Korrosionsschutzbeschichtung. Technische Oberflächen jeglicher Art profitieren durch die Füllung von Mikroporen und die allgemeine Glättung der Oberfläche nicht nur durch die lückenlose Beschichtung, sondern auch durch die schonende Bearbeitung bei Raumtemperatur.

Die Bandbreite möglicher Oberflächenfunktionalisierungen kann somit dank der Ergebnisse aus dem beschriebenen



Forschungsprojekt deutlich erweitert werden. Trotz der offensichtlichen vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten ging es hier aber zunächst einmal um die erfolgreiche technische Umsetzung dieser Idee. Die prinzipielle Machbarkeit und Reproduzierbarkeit der Beschichtung von Substraten mit hochvernetzten siliziumorganischen Dünnschichten über das beschriebene Verfahren wurde im Labormaßstab erfolgreich nachgewiesen. Darüber hinaus hat die Abteilung Plasmatechnik und Oberflächen PLATO des Fraunhofer IFAM bereits Konzepte für die praktische Einbindung dieses Verfahrens in reale Produktionslinien entwickelt.

Auftraggeber

Die vorgestellten Arbeiten wurden von der VolkswagenStiftung in dem Projekt »Plasma Hybrid Coating: Functional Surfaces by Plasma Supported Nano Technology« (Förderinitiative »Innovative Methoden zur Herstellung funktionaler Oberflächen«; Laufzeit: 1.6.2008 bis 31.5.2011) gefördert.

Projektpartner

- Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Physik, Prof. Dr. Jürgen Meichsner
- Universität Bremen, Institut für Angewandte und Physikalische Chemie (IAPC), Prof. Dr. Petra Swiderek

KONTAKT

Dr. Matthias Ott

Plasmatechnik und Oberflächen PLATO

Telefon +49 421 2246-495

matthias.ott@ifam.fraunhofer.de

Dr. Christopher Dölle

Plasmatechnik und Oberflächen PLATO

Telefon +49 421 2246-621

christopher.doelle@ifam.fraunhofer.de

Dr. Oliver Schorsch

Klebstoffe und Polymerchemie

Telefon +49 421 2246-626

oliver.schorsch@ifam.fraunhofer.de

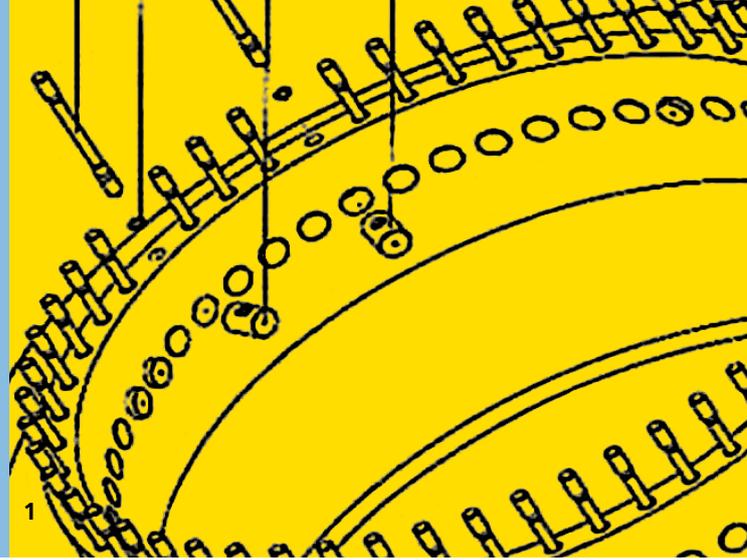
Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und

Angewandte Materialforschung IFAM,

Bereich Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

4 *Innenansicht eines metallischen Photo-Mikroreaktors – kalt beschichtet mit photokatalytisch aktiven Titandioxid-Partikeln in einer Siloxan-Matrix.*



ROTORBLATTVERBINDUNG LIGHT – EINKLEBEN METALLISCHER INSERTS

Das Leichtbaupotenzial von glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) im Rotorblatt von Windenergieanlagen ist aktuell nahezu ausgeschöpft. Optimierungsreserven bezüglich der Werkstoffausnutzung bestehen gegenwärtig noch im Bereich des Blattanschlusses. Um die Eigenschaften von GFK in diesem Bereich optimal nutzen zu können, sind neue Fügeverfahren notwendig.

Am Blattanschluss werden derzeit Verbindungselemente eingesetzt (Abb. 1). Die Kräfteinleitung mit konventionellen Verbindungselementen bringt Nachteile wie Lochleibung und Zugbruch im Restquerschnitt mit sich. Solche Nachteile werden mit einem Mehraufwand an Werkstoff kompensiert, der diese Fügeverfahren aufwendig und teuer macht. Durch eingeklebte metallische Inserts (Hülsen) kann eine werkstoffsparende Verbindung realisiert werden (Abb. 2). Zudem entfällt die lokale Beanspruchung durch Lochleibung. In den eingeklebten Hülsen befinden sich Gewinde, um das Blatt mit der Nabe zu verschrauben.

Bevor eingeklebte Hülsen tatsächlich zur Anwendung kommen können, muss sichergestellt werden, dass der Klebverbund den Anforderungen im Betrieb gerecht wird. Hierfür ist es unter anderem nötig, die prinzipielle Gestalt der Klebung festzulegen sowie Fügepartie-Materialien und Klebstoff auszuwählen. Auf dieser Basis kann dann mit der Nachweisführung begonnen werden.

Das von Wissenschaftlern der Abteilung Werkstoffe und Bauweisen des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM bearbeitete Projekt wurde in drei Teile gegliedert. Im ersten Teil wurden Fügepartie-Materialien und Klebstoff bezüglich der Verbundeigenschaften ausgewählt. Im zweiten Teil wurden die Daten ermittelt, die für den rechnerischen Teil des Projekts benötigt werden. Im

dritten Projektteil wurde durch die Kombination von experimentellen Daten und einer Finite-Elemente-Simulation die Lebensdauer von einfachen Probekörpern und Versuchsbauteilen abgeschätzt. Nachfolgend werden die einzelnen Teile des Projekts zusammengefasst dargestellt. Details können dem Projektbericht entnommen werden.

Auswahl des Klebstoffs | Teil 1

Für die Anwendung im Versuchsbau teil wurden vier unterschiedliche kalt härtende Klebstoffsysteme auf Vinylester-, Polyurethan- und Methacrylat-Basis vorgeschlagen. Die Klebstoffe wurden unter anderem bezüglich Glasübergangstemperatur, Kriechneigung, Volumenschwund, Bruchdehnung und Adhäsionseigenschaften bei schwingender Beanspruchung charakterisiert. Der Klebstoff auf Vinylester-Basis und einer der Klebstoffe auf Polyurethan-Basis kamen wegen zu geringer Bruchdehnung nicht zum Einsatz. Ein weiterer Klebstoff auf Polyurethan-Basis hat die Glasübergangstemperatur im oberen Temperaturbereich der Anwendung. Der Methacrylat-Klebstoff zeigt im ungealterten Zustand auf grundiertem Stahl und auf GFK unter schwingender Last gute adhäsive Eigenschaften. Deshalb wurde er bei den weiteren Versuchen eingesetzt.



2

Ermitteln der Datenbasis | Teil 2

Im Projekt wurden Werkstoff- und Verbundeigenschaften bei drei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen gemessen: –40 Grad Celsius, Raumtemperatur und +40 Grad Celsius bei 80 Prozent relativer Feuchte. Für die Lebensdauerabschätzung wurden unter anderem Wöhler-Linien an Klebstoff-Substanzproben, an Stahl-Stahl-Zugscherproben mit einer Klebschichtdicke von 2 Millimetern und an Stahl-GFK-Zugscherproben mit einer Klebschichtdicke von 3 Millimetern gemessen.

Für die Bauteilversuche wurden die Geometrien der Hülse, der Klebfuge, der Vorspanneinrichtung und der Krafteinleitung gemäß der späteren Anwendung abgeschätzt. Die Versuchsbauteile wurden für die Laborprüfungen im Verhältnis kleiner dimensioniert.

Die Versuchsbauteile wurden schwingend bis zur sechsfachen Betriebslast geprüft. Mit höheren Lasten konnte die Klebverbindung einstufig nicht geprüft werden, da sonst die Gewindestäbe der Vorspanneinrichtung nach etwa 0,3 Millionen Schwingspielen versagten.

Von sieben Versuchsbauteilen haben in den Prüfungen drei versagt. Das Versagen war in diesen drei Fällen eindeutig auf Fertigungseinflüsse zurückzuführen. Bei gut gefertigten Proben sind in den Schwingversuchen die Hülsen nicht ausgerissen.

Im Blockbelastungsversuch wurde ein Versuchsbauteil mit einem repräsentativen Lastspektrum für Rotorblatt-Nabenverbindungen in Windkraftträdern im Klima (+40 Grad Celsius; 80 Prozent relative Feuchte) geprüft. Die höchste Last entsprach der sechsfachen Betriebslast. Die Klebverbindung Hülse-GFK im Versuchsbauteil hat 100 Millionen Lastwechsel (1000 Blöcke mit je 100 000 Lastwechseln) ohne Schaden überstanden. Bei einfacher Betriebslast entsprächen 100 Millionen Lastwechsel einer Betriebsdauer von etwa zwei Jahren.

Da die Höchstlast bei der sechsfachen Betriebslast lag, wurde faktisch eine höhere Betriebsdauer geprüft.

Bei dem vorgegebenen Lastspektrum verursachen nur etwa 5 Prozent der Schwingspiele eine Schädigung von 98 Prozent bzw. 95 Prozent der Schwingspiele eine Schädigung von nur 2 Prozent. Das umgesetzte Lastspektrum hat viele Anteile mit sehr geringem Schädigungsbeitrag.

Vernachlässigt man alle Belastungen mit geringem Schädigungsbeitrag und prüft nur die Lasten mit hohem Schädigungsbeitrag, dann wird ein Betriebsjahr mit 95 Prozent weniger Schwingspielen geprüft. Die Belastung des Bauteils kann erhöht werden, wenn die Lastniveaus der verbleibenden 5 Prozent der Schwingspiele jeweils auf die höchstmögliche Last (sechsfache Betriebslast, einstufig) angehoben werden. Das entspricht dem einstufigen Versuch bei sechsfacher Betriebslast.

Ein Versuchsbauteil wurde unter diesen Bedingungen geprüft. Der Versuch wurde nach 75 Millionen Schwingspielen abgebrochen. Die Probe zeigte keinen Schaden. Bei einfacher Betriebslast entsprechen 75 Millionen Schwingspiele einer Betriebsdauer von etwa 32 Jahren. Demnach wurden etwa 32 Jahre Betrieb mit einem Sicherheitsfaktor von sechs in der Last im Einstufenversuch geprüft. Die Windenergieanlagen werden auf 30 Jahre Betrieb ausgelegt.

- 1 *Verbindungselemente zur Anbindung der Blattwurzel an den Blattflansch.*
- 2 *GFK-Versuchsbauteil mit eingeklebten Inserts.*

Lebensdauerschätzung | Teil 3

Die Lebensdauerschätzung basiert auf der Berechnung der Spannungen in der Klebfuge mit Finite-Elemente-Methoden. Mit linear elastischen Werkstoffmodellen wurde die Spannungsverteilung berechnet. Aus der Spannungsverteilung wird mit einem Versagenskriterium ein Wert für eine Vergleichsspannung bestimmt. Der ermittelte Wert wird mit der Wöhler-Linie der Klebstoff-Substanzproben abgeglichen: Der Wert entspricht einer Spannungsamplitude (y-Wert im Wöhler-Diagramm), dessen zugehöriger Wert, die Schwingspielzahl (x-Wert im Wöhler-Diagramm), mithilfe der Wöhler-Linie bzw. deren Parametern bestimmt wird. Die so erhaltene Schwingspielzahl ist die abgeschätzte Lebensdauer der Klebverbindung unter der in der Berechnung angenommenen Last (Abb. 3).

Das Versagenskriterium wurde an Stahl-Stahl-Zugscherproben so bestimmt, dass die Lebensdauer bis zum Versagen der Proben unter schwingender Last entsprechend den durchgeführten Wöhler-Versuchen wiedergegeben wird. Das so bestimmte Versagenskriterium wurde dann auf Stahl-GFK-Zug-

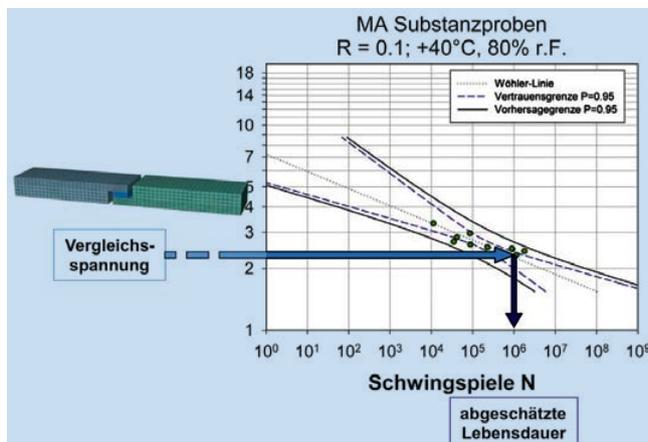


Abb. 3: Wöhler-Linie von Klebstoff-Substanzproben bei +40 Grad Celsius und 80 Prozent relativer Feuchte (über die Vergleichsspannung wird die Lebensdauer abgeschätzt).

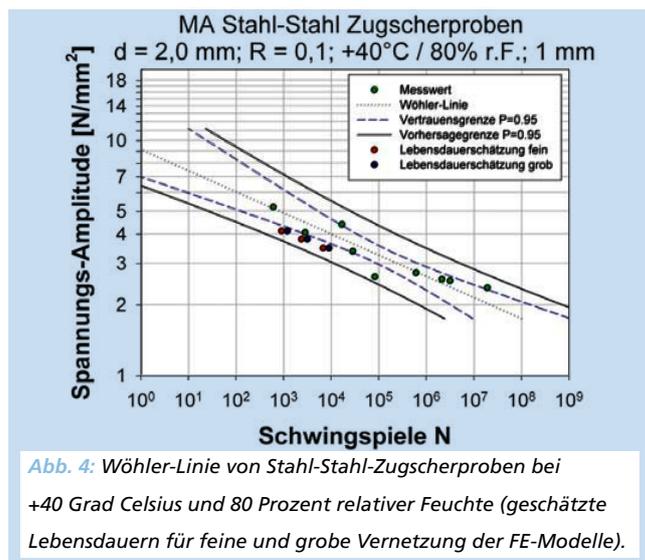


Abb. 4: Wöhler-Linie von Stahl-Stahl-Zugscherproben bei +40 Grad Celsius und 80 Prozent relativer Feuchte (geschätzte Lebensdauern für feine und grobe Vernetzung der FE-Modelle).

scherproben mit anderer Probengeometrie angewendet. Die Abschätzung der Lebensdauer für diesen Probentyp liegt bei Raumtemperatur innerhalb der Vorhersagegrenze von 95 Prozent der Messung. Auch auf Stahl-Stahl-Zugscherproben im Klima von +40 Grad Celsius und 80 Prozent relativer Feuchte wurde das Kriterium angewendet. Die Lebensdauerschätzung liegt auch hier innerhalb der Vorhersagegrenze von 95 Prozent der entsprechenden Messung (Abb. 4). Das definierte Versagenskriterium liefert für verschiedene Probekörper und klimatische Bedingungen eine gute Lebensdauerschätzung.

Mit dem überprüften Versagenskriterium wurde die Lebensdauer von Versuchsbauteilen bei schwingender Last im Klima von +40 Grad Celsius und 80 Prozent relativer Feuchte abgeschätzt. Für die einstufige schwingende Belastung mit höchstmöglicher Last, die etwa der sechsfachen Betriebslast entspricht (siehe Teil 2), ergibt sich eine rechnerische Lebensdauer von etwa 645 Millionen Schwingspielen. Das entspricht einer Lebensdauer von etwa 280 Jahren und das bei sechsfach überhöhter Betriebslast. Der praktische Nutzen von Versuchen, die Lebensdauerabschätzung an diesen Versuchsbauteilen, die auf eine Betriebsdauer von 30 Jahren ausgelegt waren, zu validieren, wäre nicht gegeben.

Fazit

Für die rechnerische Lebensdauerschätzung wurde ein Versagenskriterium gefunden, das für schwingende Beanspruchung auf unterschiedliche Probekörper, auch unter Klimaeinfluss, anwendbar ist. Die Lebensdauerschätzung liegt jeweils innerhalb der Vorhersagegrenze von 95 Prozent. Im Schwingversuch am Versuchsbauteil mit sechsfach überhöhter Betriebslast wurde eine Betriebsdauer von etwa 32 Jahren geprüft, ohne dass die Probe einen Schaden aufgewiesen hat. Die Versuche zeigen, dass eingeklebte Stahlhülsen prinzipiell geeignet sind, um die Anbindung von Rotorblättern an die Nabe zu realisieren.

Die Klebschichten auf grundiertem Stahl in Probekörpern und Versuchsbauteilen, die mit dem Methacrylat-Klebstoff gefertigt waren, wurden noch während der Projektlaufzeit von Rost unterwandert. Für eine langfristige Anwendung muss die Stahloberfläche anders vorbehandelt werden.

Zusammenfassung

Um Rotorblätter von Windenergieanlagen mit den Naben zu verbinden, sollen metallische Hülsen (»Inserts«) mit kalt härtenden Zwei-Komponenten-Klebstoffsystemen in den Glasfaserwerkstoff der Blätter eingeklebt werden. Von GFK-Metall-Klebschichten wurde für schwingende Beanspruchung die Lebensdauer auf Basis von berechneten lokalen Spannungen abgeschätzt. Das Konzept setzt kohäsives Versagen innerhalb der Klebschicht voraus. Für die Lebensdauerschätzung wurden Klebstoffsubstanzproben und einfach überlappte Zugscherproben mit unterschiedlichen Probenformen und Füge teilen im Dauerschwingversuch bei konstanter Amplitude getestet. Die für die Zugscherproben abgeschätzten Lebensdauern stimmen im Rahmen der Streuung gut mit den experimentell

bestimmten Lebensdauern überein. Ein Versuchsbauteil mit eingeklebten Stahlhülsen wurde mit sechsfach überhöhter Betriebslast bis 75 Millionen Schwingspiele geprüft, ohne dass die Probe einen Schaden aufwies. Gemäß des Lastspektrums eines Anlagenherstellers entsprechen 75 Millionen Schwingspiele unter einfacher Betriebslast einer Betriebsdauer von etwa 32 Jahren.

Auftraggeber

Das IGF-Vorhaben »Auslegung struktureller Klebverbindungen von faserverstärktem Kunststoff mit Metall für Windenergieanlagen« 14.840 N/DVS-Nummer 08.040 der Forschungsvereinigung »Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren des DVS, Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf« wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

KONTAKT

Dr. Christof Nagel

Telefon +49 421 2246-477

christof.nagel@ifam.fraunhofer.de

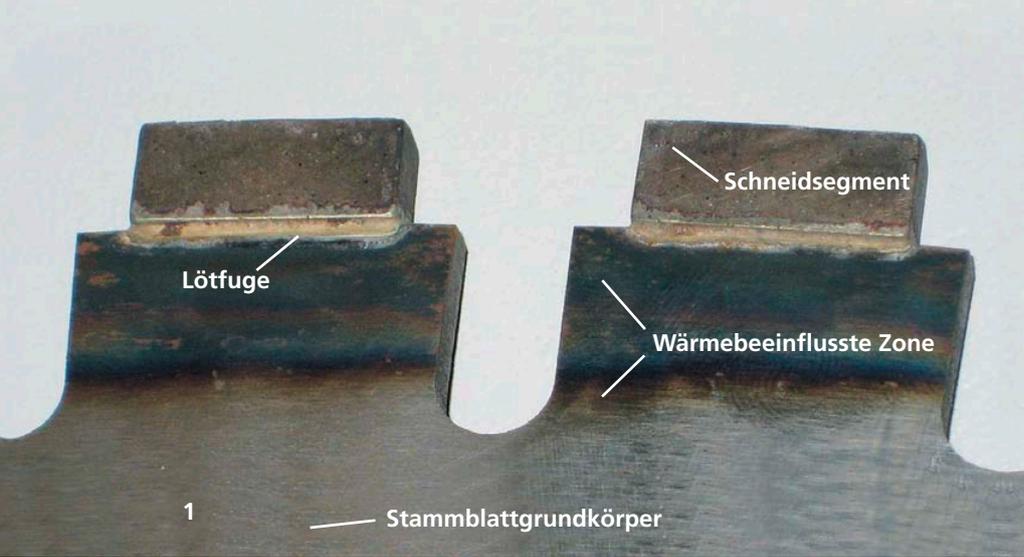
Dr.-Ing. Bernhard Schneider

Telefon +49 421 2246-422

bernhard.schneider@ifam.fraunhofer.de

Institut

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



STATT LÖTEN ODER LASERSCHWEISSEN: KLEBEN VON SCHNEIDSEGMENTEN IN SITU

Bei der Gewinnung von Natursteinplatten aus Granit- oder Marmor-Rohblöcken stellt das Auftrennen mit überwiegend scheibenförmigen Werkzeugen den ersten Bearbeitungsschritt dar. Die einzelnen diamant-durchsetzten Schneidsegmente der Werkzeuge werden derzeit mit thermischen Fügeverfahren wie Löten oder Laserschweißen auf den am Rand geschlitzten Grundkörper – das Stammbblatt – aufgebracht.

Diese herkömmlichen Fügeverfahren beeinflussen aber die Materialeigenschaften von Stammbblatt und Schneidsegmenten im Bereich der Fügezonen durch die hohe Wärmeinbringung nachteilig (Abb. 1): Es kommt dadurch unter anderem zum Verzug des Stammblatts durch Eigenspannungen, was durch zeitaufwendige Nachbehandlungsprozesse wie Schleifen und Richten behoben werden muss. Werden die Schneidsegmente nach Abnutzung ersetzt, ist darüber hinaus für den Richtprozess jedes Mal der Ausbau des Blatts aus der Säge erforderlich.

Klebtechnik großen Nutzen mit sich: Neu gefertigte Stammbblätter müssen lediglich vor dem erstmaligen Besetzen mit Schneidsegmenten vorgespannt und gerichtet werden. Zudem lassen sich die Schneidsegmente mit geringem Zeitaufwand vor Ort in der Säge austauschen.

Durch Klebtechnik Nachbehandlungsprozesse und Zeitaufwand reduzieren

Durch ein innovatives im Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM entwickeltes Verfahren kommen diese Nachteile nicht mehr zum Tragen – die Schneidsegmente werden bei niedrigeren Prozesstemperaturen auf das Stammbblatt aufgeklebt (Abb. 2). Beim Kleben mit maximal 200 Grad Celsius entstehen keine relevanten Veränderungen der Eigenspannungs- bzw. Festigkeitskennwerte im umgebenden Gefüge. Somit bringt der Einsatz der

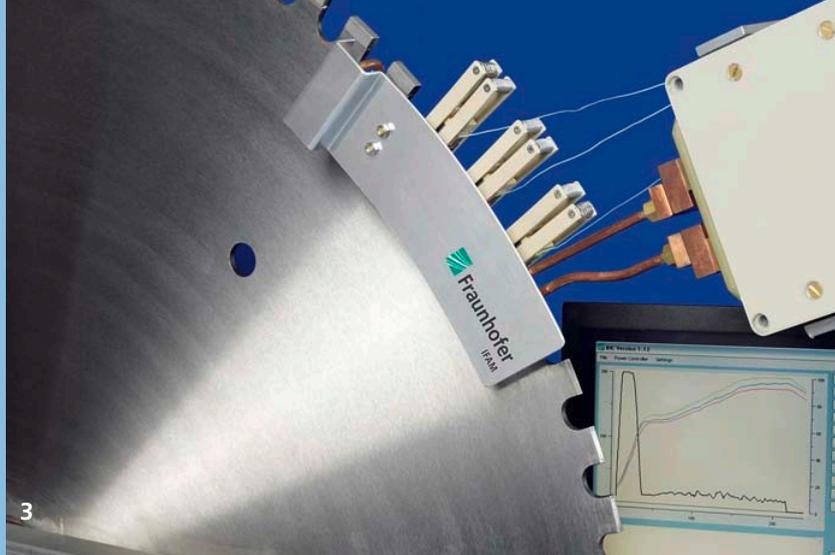
Der neue klebtechnische Fertigungsprozess

Klebstoffauswahl

In einem vorangegangenen Projekt wurden drei Einkomponenten-Epoxidharzklebstoffe unterschiedlicher Klebstoffhersteller ausgewählt, die an Trennscheiben mit 380 Millimeter Durchmesser auf ihre Einsatztauglichkeit geprüft wurden. Der Klebstoff mit der höchsten Festigkeit wurde für die weitere Optimierung des Fertigungsprozesses herangezogen.



2



3

Fertigungsmodul zur Herstellung geklebter Trennscheiben

Der klebtechnische Fertigungsprozess wurde für Stammblätter von 600 bis 1500 Millimeter Durchmesser entwickelt. Prinzipiell besteht jedoch keine Limitierung für das Bestücken größerer Blätter. Der Ablauf des klebtechnischen Prozesses gliedert sich in Arbeitsvorbereitung, Klebstoffauftrag, Fügeprozess, Fixierung und Aushärtung.

Vor dem Klebprozess ist es notwendig, die Klebflächen anzuschleifen und mit Lösungsmittel zu reinigen. Im Anschluss wird der Klebstoff einseitig auf das Segment aufgetragen und gefügt. Die im Fraunhofer IFAM neu entwickelten Klammern aus temperaturbeständigem Kunststoff, die auf das Sägeblatt greifen, haben sich als das geeignetste Verfahren zur zentrischen Fixierung der Schneidsegmente erwiesen (Abb. 3). Die Positionierung in axialer Richtung erfolgt mit einer Genauigkeit von circa $\pm 0,1$ Millimeter. Diese Werte liegen deutlich unterhalb der fertigungsbedingten Toleranzen der Schneidsegment-Geometrie. Der nach dem Löten meist folgende Arbeitsschritt des Abrichtens der Segmente in axialer Richtung kann mit dieser Fixiereinheit bei ausreichend präzise gefertigten Segmenten eingespart werden.

Aufgrund der hohen möglichen Aufheizgeschwindigkeiten fiel die Auswahl des Aushärteverfahrens auf die induktive Erwärmung der Stahlfügeteile. In Zusammenarbeit mit einer Herstellerfirma wurden Induktionsspulen entwickelt, mit denen die parallele Aushärtung von drei fixierten Schneidsegmenten möglich ist (Abb. 3). Die Temperaturführung ist über Thermoelemente, die alle drei Segmenttemperaturen erfassen, geregelt. Über eine am Fraunhofer IFAM entwickelte Steuerung wird die Leistung der Spule jeweils über das Segment mit der höchsten Temperatur geregelt. Das Induktionsverfahren ist so angelegt, dass es sich ohne Weiteres auf bis zu zehn parallel erwärmte Schneidsegmente erweitern lässt.

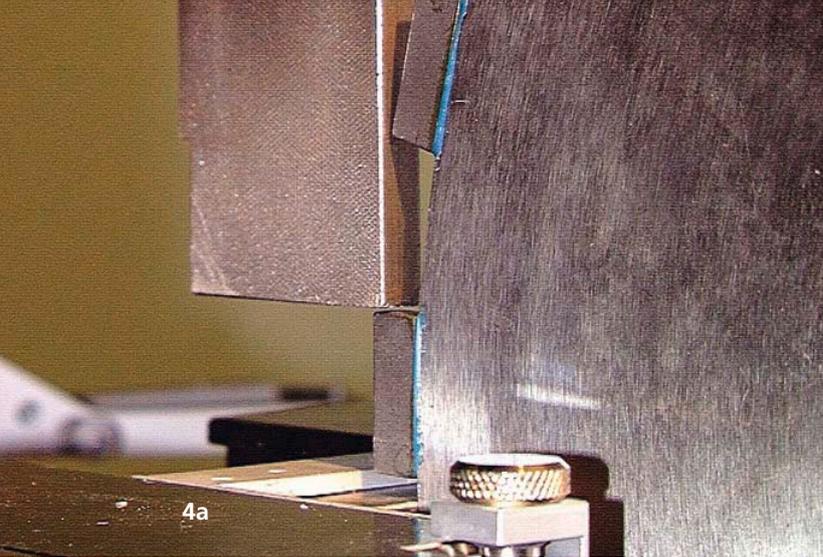
Bei der Optimierung der Aushärtezeit des Klebstoffs zeigte sich, dass beim ausgewählten Klebstoff die Verbundfestigkeit bei zu hoher Aufheizgeschwindigkeit deutlich abnimmt. Es wurden Aushärtezeiten von 3 Minuten erreicht. Zur Demonstration der Praxistauglichkeit wurde unter diesen Bedingungen ein Stammblatt direkt in einer Brückensäge beim Projektpartner Institut für Werkzeugmaschinen (IFW), Leibniz Universität Hannover, teilbestückt. Weiteres Potenzial zu kürzeren Prozesszeiten konnte mit einem Klebstoffentwicklungsprodukt des Fraunhofer IFAM, das durch Einsatz speziell angepasster Härterkomponenten für die Schnellhärtung optimiert worden war, aufgezeigt werden. Durch dieses Produkt ließ sich eine Aushärtezeit von unter 10 Sekunden bei vollem Erhalt der Festigkeit, die hier 43 Megapascal (MPa = N/mm²; tangentiale Prüfrichtung) aufwies, erreichen.

Somit ist offensichtlich, dass der neu entwickelte klebtechnische Fertigungsprozess einen wirtschaftlich interessanten Weg eröffnet, Stammblätter direkt in der Säge bei kurzen Prozesszeiten neu zu bestücken bzw. zu reparieren.

Erreichte Verbundfestigkeiten

An den Stammblättern mit 1000 Millimetern Durchmesser wurden quasistatische Bauteilversuche durchgeführt. Die aufgeklebten Schneidsegmente wurden dabei in tangentialer und in axialer Richtung in der statischen Materialprüfmaschine abgeschert (Abb. 4a + 4b).

- 1 *Zum Trennen von Natursteinplatten – Stammblatt mit angelöteten Diamant-Schneidsegmenten.*
- 2 *Zum Schneiden von Granit geeignetes Stammblatt mit angeklebten Schneidsegmenten.*
- 3 *Im Fraunhofer IFAM entwickelte Induktionseinheit zur parallelen Aushärtung von drei klebtechnisch fixierten Schneidsegmenten.*



Der für die Klebung kritische Lastfall ist die axiale Belastung bei der Lagerung der Trennscheibe angelehnt an eine Wand (Abb. 5). Die bei axialer Prüfrichtung ermittelten Scherkräfte vor und nach Einsatz des Werkzeugs sind in Abbildung 6 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass innerhalb der Streubreite der Messung kein Festigkeitsverlust nach dem Werkzeugeinsatz – Trennen von 3 Quadratmetern Granit und 0,5 Quadratmetern Sandstein – eingetreten war.

Die »Grundsätze für die Durchführung der Baumusterprüfung und Zertifizierung von Schleifkörpern mit Diamant und Bornitrid« (BGG 932 und 933, ehemals ZH 675 und 676) schreiben für den kritischen Lastfall eine minimale axiale Biegespannung σ_{bB} von 450 N/mm² vor:

$$\sigma_{bB} \text{ (soll)} = \frac{M_{b\max}}{W} \geq 450 \text{ N/mm}^2$$

$M_{b\max}$ = maximales Drehmoment bei Bruch [Nm]

W = Widerstandsmoment [mm³]

Die Biegefestigkeit im Laborversuch lag bei:

$$\sigma_{bB} \text{ (Klebstoff)} = 541,6 \text{ N/mm}^2$$

Der ermittelte Wert liegt über den geforderten 450 N/mm². Weitere deutliche Festigkeitssteigerungen sind für abgewandelte Geometrien zu erwarten.

Trennschleifuntersuchungen

Im Rahmen der Trennschleifversuche zeigte sich, dass das mit dem im Fraunhofer IFAM neu entwickelten Fertigungsmodul geklebte Werkzeug gegenüber einem gelöteten Referenzwerkzeug bezüglich Einsatzverhalten und Schnittqualität ebenbürtig ist. Versuche ohne Wasserkühlung ergaben, dass dieses Werkzeug auch in Extremsituationen prozesssicher zu betreiben ist.

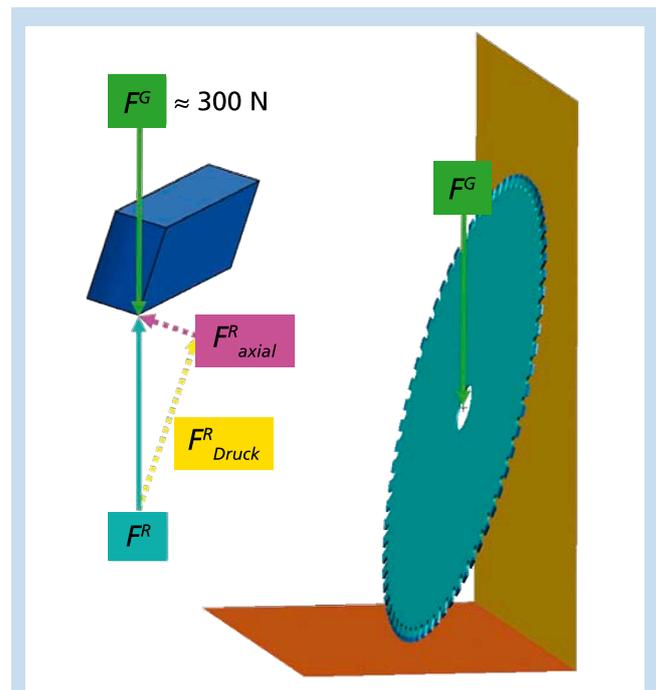
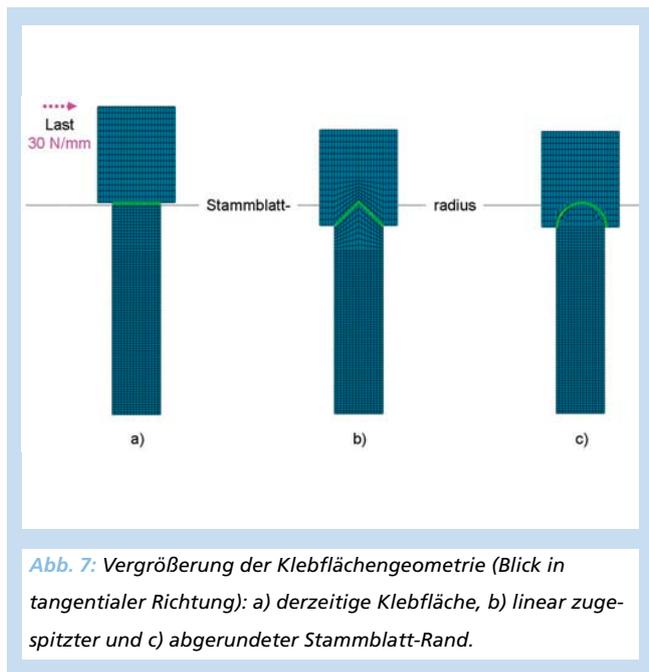
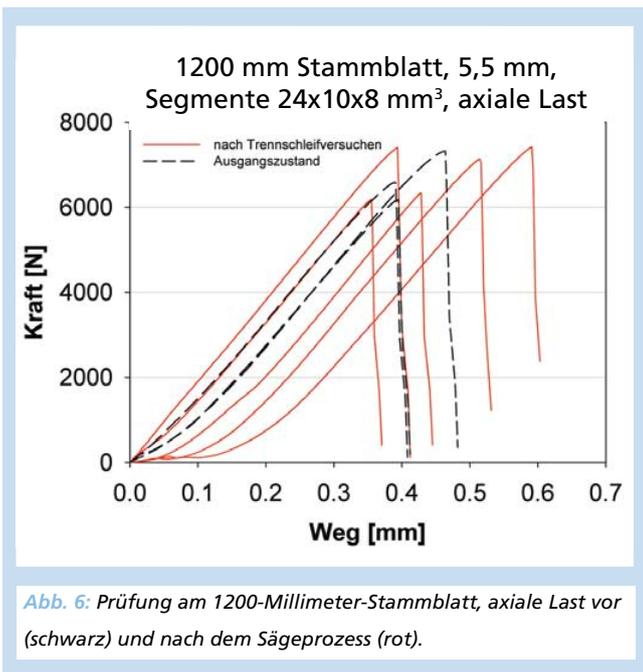


Abb. 5: Darstellung des kritischen Lastfalls (F^G : Gewichtskraft, F^R : Reaktionskraft, F^R_{Druck} : Anteil der Reaktionskraft, der als Druck auf die Klebung wirkt, F^R_{axial} : axialer Anteil der Reaktionskraft).

Klebgerechte Gestaltung

Durch eine klebgerechte Gestaltung der Kontaktzone von Stammblatt und Schneidsegment lassen sich Spannungsspitzen reduzieren. In einem beispielhaft aufgeführten Optimierungsschritt wurde die Geometrie von Stammblatt und Schneidsegment so verändert, dass die Klebfläche vergrößert und damit die Möglichkeit zur Kraftübertragung verbessert wird (Abb. 7). Durch eine abgerundete Nut in den Segmenten (Abb. 7, c) wurde die maximale Spannung relativ zur radial angepassten Variante ohne Nut um etwa die Hälfte vermindert (Abb. 8). Die Festigkeitszunahmen wurden an Probekörpern entsprechender Geometrie in quasistatischen Versuchen nachgewiesen.

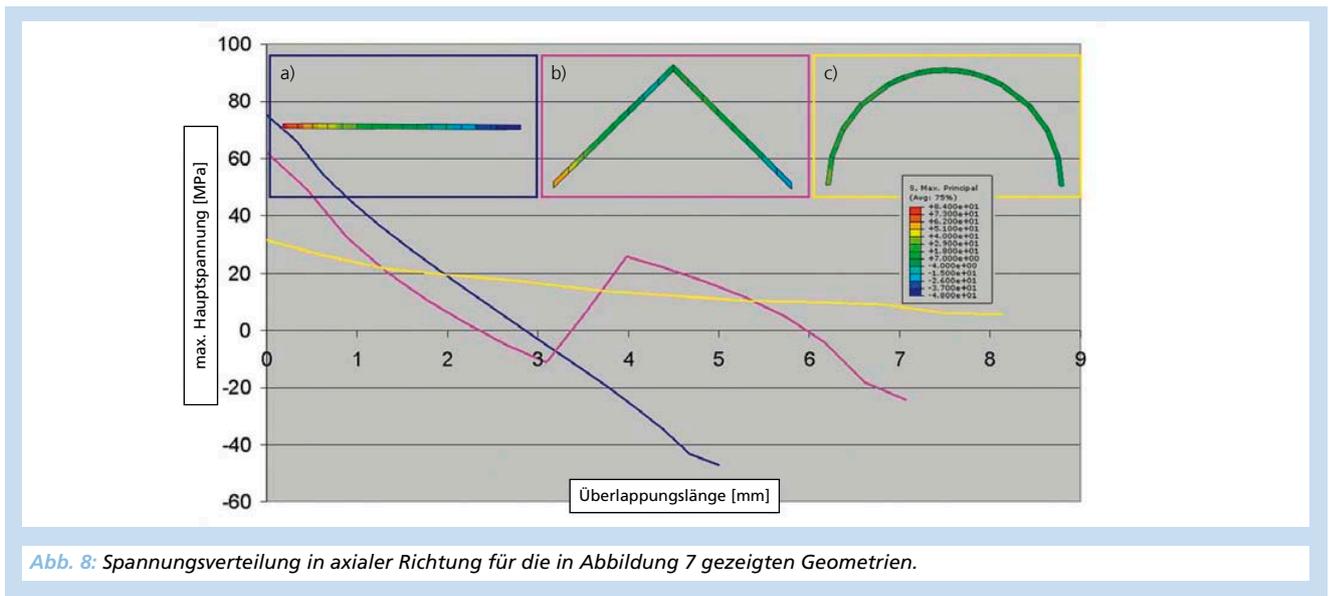


Das neue klebtechnische Verfahren für die Praxis – Ausblick

Mit dem neuen klebtechnischen Prozess steht ein im Vergleich zu den herkömmlichen Fügemethoden wie Löten und Laserschweißen konkurrenzfähiges Verfahren mit entscheidenden Vorteilen für die Bewehrung von Stammblättern mit Schneidsegmenten zur Verfügung. Praktische Einsatzversuche beim Trennen von Granit bestätigen ein ebenbürtiges Prozessverhalten. Die in statischen Prüfungen ermittelten Festigkeiten in axialer Richtung lagen oberhalb der Vorgaben, die in den »Grundsätzen für die Durchführung der Baumusterprüfung und Zertifizierung von Schleifkörpern mit Diamant und Bornitrid« (BGG 932 und 933, ehemals ZH 675 und 676) vorgegeben sind. Große Potenziale zur weiteren Verbesserung liegen in der Geometrieoptimierung und weiteren Verkürzung der Prozess- bzw. Aushärtezeit.

Insgesamt beinhaltet das Kleben ein hohes Entwicklungspotenzial, insbesondere da sich in einigen Bereichen ein Trend zum Einsatz von Funktionselementen aus nicht lötbaren Materialien, z. B. Keramik, abzeichnet. Die praktischen Einsatzfelder der neuen Klebtechnologie gehen dann weit über das Trennen von Gestein hinaus, so beispielsweise in der spanenden Bearbeitung von Holz und Metall.

4 Druckscherprüfungen: 4a tangential, 4b axial.



Auftraggeber

Die vorgestellten Forschungsvorhaben »Entwicklung einer kostengünstigen und mobilen Fertigungs- und Instandhaltungstechnologie für das Bewehren von Stammlättern mit Schneidsegmenten« (15028 N) und »Entwicklung einer wärmearmen Fügetechnik für das Bewehren von Stammlättern mit Schneidsegmenten« (12792 N) wurden aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e. V. (AiF) gefördert.

Projektpartner

- Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW), Leibniz Universität Hannover, An der Universität 2, 30832 Garbsen
- Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe (IFW), Berghauser Straße 62, 42859 Remscheid

KONTAKT

*Dr.-Ing. Bernhard Schneider
Werkstoffe und Bauweisen
Telefon +49 421 2246-422
bernhard.schneider@ifam.fraunhofer.de*

*Dr. Martin Wirts-Rütters
Klebtechnische Fertigung
Telefon +49 421 2246-414
martin.wirts-ruetters@ifam.fraunhofer.de*

Institut

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



PREMIERE FÜR FRAUNHOFER IFAM: JOSEPH-VON-FRAUNHOFER-PREIS 2010 AN VOLKMAR STENZEL, YVONNE WILKE UND MANFRED PESCHKA

»Forschen für die Praxis« – Die Fraunhofer-Gesellschaft prämiert seit 1978 diejenigen ihrer 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für herausragende wissenschaftliche Leistungen, die exzellente Lösungen für anwendungsnahe Probleme erarbeitet haben.

Für die Entwicklung des innovativen Riblet-Lacksystems »Haifischhaut« wurden Dr. Volkmar Stenzel, Yvonne Wilke und Manfred Peschka vom Fraunhofer IFAM am 19. Mai 2010 auf der Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft in Leipzig mit dem begehrten Preis ausgezeichnet – eine Premiere in der Geschichte des Bremer Instituts.

Im Leipziger Centraltheater feierten 600 geladene Gäste aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft unter anderen die Gewinner der Joseph-von-Fraunhofer-Preise. Die Preisprojekte wurden in einer abwechslungsreichen Show vom damaligen ZDF-Moderator Steffen Seibert präsentiert. Als Ehrengast stellte die Bundesministerin für Bildung und Forschung Prof. Dr. Annette Schavan die Weiterentwicklung der High-Tech-Strategie der Bundesregierung vor und sprach über die Aktivitäten im Wissenschaftsjahr »Die Zukunft der Energie«. Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, betonte während der Preisverleihung: »Wer die Zukunft gestalten will, muss in der Gegenwart handeln. Wissenschaftler und Ingenieure sitzen an wichtigen Schaltstellen. Mit ihrer Arbeit haben sie direkten Einfluss darauf, wie wir morgen leben«.

Herausforderungen nicht erst von morgen, sondern bereits heutige sind Energieeinsparung, Ressourcenschonung und

Umweltschutz: Das von Dr. Volkmar Stenzel, Yvonne Wilke und Manfred Peschka zusammen mit ihren Teams der Lacktechnik und der Klebtechnischen Fertigung des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM entwickelte Riblet-Lacksystem hat insbesondere in der Luft- sowie Schifffahrt das Potenzial, Treibstoff, CO₂-Emissionen und damit Kosten nachhaltig einzusparen (siehe Seite 70 und Seite 93).

KONTAKT

Institut

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

- 1 *Der Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2010.*
- 2 *Prof. Dr. Annette Schavan (Mitte), Bundesministerin für Bildung und Forschung, und Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft (rechts im Bild), zusammen mit den Preisträgern Manfred Peschka, Yvonne Wilke und Dr. Volkmar Stenzel (1. Reihe von rechts nach links neben Prof. Dr. Annette Schavan) während der Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft in Leipzig.*



SKAUPY-PREIS 2010 FÜR PROF. DR.-ING. BERND KIEBACK

Im Rahmen des 29. Hager Symposiums am 25. und 26. November 2010 wurde Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback, Leiter des Institutsteils Dresden des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, mit dem Skaupy-Preis 2010 geehrt, dem wichtigsten Preis auf dem Gebiet der Pulvermetallurgie im deutschsprachigen Raum. Der Skaupy-Preis wurde erstmals im Jahr 1982 verliehen und ist nach Prof. Dr. Franz Skaupy (1882–1969), Vorstandsmitglied der OSRAM GmbH und Pionier der Pulvermetallurgie in Deutschland, benannt. Mit dieser höchsten Auszeichnung des Gemeinschaftsausschusses Pulvermetallurgie werden besondere Leistungen und herausragende technisch-wissenschaftliche Arbeiten in der Pulvermetallurgie gewürdigt.

Während seiner ersten Jahre in der Forschung, beginnend mit seinem Studium bei Prof. Geguzin in Charkow, der Promotion bei Prof. Schatt und der folgenden Tätigkeit am ZFW, beschäftigte sich Prof. Kieback mit verschiedenen Gebieten der Pulvermetallurgie, zunächst mit Sinterstahl und schließlich vor allem mit Hartmetallen. Nach der deutschen Wiedervereinigung nutzte er die Gunst der Stunde und gestaltete den neuen Institutsteil des Fraunhofer IFAM in Dresden aus seiner Pulvermetallurgie-Gruppe heraus. Das Fraunhofer IFAM in Dresden hat sich in den Folgejahren vor allem einen Namen im Bereich pulvermetallurgischer Sonderwerkstoffe gemacht. In seinen führenden Positionen in Forschung und Lehre schafft Prof. Kieback eine optimale Symbiose zwischen pulvermetallurgischer Forschung und deren anwendungsnahe Umsetzung für die Industrie.

Daneben engagiert sich der Skaupy-Preisträger 2010 in den verschiedenen pulvermetallurgischen Expertenkreisen und hat dadurch die gemeinschaftliche Forschung und die generelle Wahrnehmung der Pulvermetallurgie international entscheidend befördert. So war er beispielsweise langjähriger Vorsitzender des Gemeinschaftsausschusses Pulvermetallurgie und damit Leiter der renommierten Hager Symposiumen für Pulvermetallurgie.

Prof. Bernd Kieback sieht die Ehrung mit dem Skaupy-Preis 2010 nicht nur als Anerkennung seiner bisherigen Leistungen, sondern auch als Ansporn, den Bereich Pulvermetallurgie auch zukünftig mitzugestalten und sowohl in angewandter Forschung als auch Lehre voranzubringen.

KONTAKT

Institut

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

3 Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback während seines Vortrages anlässlich der Verleihung des Skaupy-Preises 2010 (Quelle: Fachverband Pulvermetallurgie).



PROJEKT ZUR WÄRMEENERGIE-SPEICHERUNG ERHÄLT E.ON-FORSCHUNGSPREIS 2010

Zum »Tag der Energie« am 25. September 2010 erhielt ein Forscherteam um Dr. Lars Röntzsch vom Institutsteil Dresden des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung gemeinsam mit seinem Kooperationspartner, dem Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT) GmbH in Duisburg, den E.ON-Forschungspreis 2010, einen der höchst dotierten Forschungspreise im Bereich internationaler Energieforschung. Die insgesamt fünf Preisträger aus Europa und den USA erhalten für die Projektlaufzeit von drei Jahren ab Januar 2011 eine Gesamtförderung von rund fünf Millionen Euro.

Die Projektpartner überzeugten bei der weltweiten Ausschreibung zum Thema »Wärmespeicherung für konzentrierte Sonnenenergie (CSP)« mit neuartigen Speichermaterialien, mit denen Solarenergie rund um die Uhr verfügbar und bei Bedarf abrufbar gemacht werden kann – auch wenn die Sonne nicht scheint. Ziel des Projektes »Metal Hydride Heat Storage System for Continuous Solar Power Generation« von Fraunhofer IFAM in Dresden und ZBT ist es, nanostrukturierte Hydrid-Kohlenstoff-Verbundwerkstoffe zur Wärmespeicherung einzusetzen. Durch das Beifügen von Kohlenstoff zu Metallhydriden wird ein zweistufiger chemischer Prozess extrem beschleunigt, mit dem durch Sonneneinstrahlung gewonnene Wärmeenergie tagsüber gespeichert, über Nacht freigesetzt und zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Somit wird ein Energiespeichermaterial eingeführt, das Solarenergie je nach tatsächlichem Bedarf vom Verbraucher abrufbar macht.

Die Projektpartner werden diese Materialien und Prozesse auf Demonstrationsmaßstab erproben, um damit die Basis für die spätere industrielle Umsetzung zu schaffen. Neben der Speicherung von thermischer Energie, die durch Solarkraft gewonnen wird, sind die nanostrukturierten Hydrid-Kohlenstoff-Verbund-

werkstoffe auch als Speichermedium für andere Arten erneuerbarer Energie geeignet, die in Wärme gewandelt werden können. Möglich ist auch eine Verbindung mit anderen Wärmequellen, wie z. B. Industrieanlagen, die hoch temperierte Überschusswärme abgeben, um diese für eine spätere Nutzung zu speichern.

KONTAKT

Institut

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

1 *Die Preisträger des E.ON-Forschungspreises 2010 bei der Verleihung am 25.9.2010 in Berlin. Im Bild die Projektpartner Dr. Lars Röntzsch (Fraunhofer IFAM, links) und Dipl.-Ing. Bernd Oberschachtsiek (ZBT Duisburg, 2. v. l.) © E.ON.*



VOLKMAR STENZEL MIT COSI-PREIS 2010 FÜR RIBLET-LACKSYSTEM »HAIFISCHHAUT« PRÄMIERT

Dr. Volkmar Stenzel bekam im Juli 2010 im niederländischen Noordwijk auf der 6. Coating Science International Conference von Prof. Dr. Gijsbertus de With den CoSi-Preis 2010 für seinen Vortrag »Strömungswiderstand-reduzierende Lacke für die Reduktion des Treibstoffverbrauchs in Luft- und Schifffahrt« überreicht. An der Konferenz nahmen 140 Vertreter aus Wissenschaft und Industrie aus 27 Ländern teil.

Ausgewählt aus 160 eingereichten Vorträgen wurde der von Dr. Volkmar Stenzel präsentierte Beitrag über das Riblet-Lacksystem »Haifischhaut« des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM als interessanteste innovative Entwicklung der 6. Coating Science International Conference prämiert.

Das Riblet-Lacksystem aus dem Fraunhofer IFAM

Schuppen schnell schwimmender Haie dienen mit ihren mikroskopisch kleinen Rillen – sogenannte Riblets – in Längsrichtung als Vorbild für das Riblet-Lacksystem. Es besteht aus einem UV-härtbaren, mit Nanopartikeln verstärkten Lack und einem Rollenapplikator, der den Lack aufträgt, strukturiert und härtet. Der Auftrag auf dreidimensional gekrümmte Flächen ist mit diesem Verfahren problemlos möglich.

Das Riblet-Lacksystem ist mit seiner mikrostrukturierten Oberfläche in der Lage, den Strömungswiderstand von Oberflächen gegenüber den Medien Wasser und Luft deutlich zu verringern. Dies ist besonders interessant bei Großbauteilen wie Flugzeugen und Schiffen. Zudem hält der eigens entwickelte Lack sehr hohen Anforderungen stand, wie z. B. extremen Temperatur-

schwankungen von –55 bis +70 Grad Celsius, aggressiver ultravioletter Bestrahlung und sehr hohen Geschwindigkeiten.

Bei umfassendem Einsatz des Systems errechnet sich eine Senkung des Flottenverbrauchs bei Flugzeugen bzw. Schiffen von rund zwei Prozent – ein bemerkenswertes Potenzial, Treibstoff, CO₂-Emissionen und damit Kosten nachhaltig einzusparen sowie gleichzeitig Ressourcen und Umwelt zu schonen (siehe Seite 70 und Seite 90).

KONTAKT

Institut

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

2 Dr. Volkmar Stenzel, Leiter der Abteilung Lacktechnik des Fraunhofer IFAM, bekommt den CoSi-Preis 2010 von Prof. Dr. Gijsbertus de With, Professor an der Technische Universiteit Eindhoven und Co-Organisator der 6. Coating Science International Conference, überreicht.



1



2

ANJA ZOCKOLL UND ANDREAS BRINKMANN MIT FARBE UND LACK- PREIS 2010 AUSGEZEICHNET

Im Rahmen der 75. Jahrestagung der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), Fachgruppe Lackchemie, übergab Vorsitzender Prof. Dr. Thomas Brock am 23. September 2010 in Wernigerode den FARBE UND LACK-Preis 2010 an Anja Zockoll und Andreas Brinkmann vor 135 Teilnehmern aus sechs Ländern. In über 20 Jahren hatte erstmals ein Fachgremium gemeinsam mit den Lesern der FARBE UND LACK über die Vergabe des Preises entschieden.

Das Forscherduo wurde für den Fachbeitrag »Stabilisierung von Korrosionsschutzpigmenten – Schutz von Zink- und Magnesiumpigmenten in wasserverdünnbaren Systemen« mit dem Branchenpreis ausgezeichnet – und damit interdisziplinäres Arbeiten am Fraunhofer IFAM. Der Artikel ist das Ergebnis der Zusammenarbeit von Anja Zockoll – Elektrochemie und Korrosionsschutz – und Andreas Brinkmann – Lacktechnik – bei der Erarbeitung von neuen Korrosionsschutzkonzepten.

Im Fraunhofer IFAM entwickelte kathodisch wirksame, aus intermetallischen Magnesium-Zink-Phasen bestehende Metallpigmente gewährleisten nachgewiesenermaßen einen guten Korrosionsschutz für Stahl sowie Aluminiumlegierungen und stellen – im Gegensatz zu chromathaltigen Pigmenten – kein Risiko für Umwelt oder Gesundheit dar. Es gelang, gut funktionierende und leicht anzuwendende lösungsmittelhaltige Korrosionsschutzlacke mit diesen Pigmenten zu entwickeln.

Der Fachbeitrag von Anja Zockoll und Andreas Brinkmann präsentiert die Ergebnisse der sich anschließenden Forschungsarbeiten im Fraunhofer IFAM: Die Pigmente sollen nicht nur in lösungsmittel-, sondern auch in wasserbasierten Lacken einsetzbar sein und so noch mehr zum Umweltschutz beitragen. Da die Pigmente aber – ihrer Wirkungsweise entsprechend – sehr reaktiv in Verbindung mit Wasser sind, musste, um das Vorhaben realisieren zu können, eine spezielle variable Stabi-

lisierung in wasserverdünnbaren Lacken entwickelt werden: Die Stabilisierung isoliert die Pigmente im flüssigen Lack vom umgebenden Wasser, wird aber unwirksam, sobald der Lack als ausgehärtete Schicht vorliegt. Erste Korrosionsprüfungen zeigten bereits eine gute Schutzwirkung durch den wasserbasierten Lack mit stabilisierten Pigmenten (siehe Seite 70).

KONTAKT

Institut

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

1 *Der FARBE UND LACK-Preis 2010.*

2 *Die Preisträger Anja Zockoll und Andreas Brinkmann (Quelle: Vincentz Network).*



»KLEBEN IM LEICHTBAU BEWEGTER MASSEN« – KAI BRUNE ERHÄLT FTK-NACHWUCHSPREIS 2010

Am 7. Oktober 2010 wurde Kai Brune beim 3. Nachwuchswettbewerb im Rahmen der Tagung »Fertigungstechnologie Kleben« (FTK) in Stuttgart ausgezeichnet. Mit seinem Vortrag »Oberflächen-Monitoring im Bereich der klebtechnischen Reparatur von CFK-Bauteilen« überzeugte er das Fachpublikum, das als Jury fungierte.

Leichtbau verbunden mit steigenden Anforderungen und neuen Werkstoffkombinationen ist ohne industrielles Kleben nicht mehr denkbar. Zugleich nimmt, insbesondere in der Luftfahrt, die Bedeutung carbonfaserverstärkter Kunststoffe (CFK) weiter zu – und damit die Notwendigkeit adäquater zuverlässiger Reparaturverfahren. Dabei hat die Klebtechnik verglichen mit der Niettechnik wesentliche Vorteile: So bleibt z. B. nach einer klebtechnischen Reparatur die Aerodynamik des Bauteils erhalten und auftretende Kräfte werden gleichmäßig auf die gesamte Fügezone verteilt. Allerdings sind in der Luftfahrt bei Reparaturen Kontaminationen im Bereich der Fügezone möglich – z. B. durch Hydrauliköle oder Enteisungsmittel –, die zunächst zu einer starken Abnahme der Klebfestigkeit und infolgedessen zum Schadensfall führen könnten.

lung der zu fügenden Teile mithilfe analytischer Verfahren zu erfassen. Zudem muss der jeweilige Einfluss der verschiedenen Kontaminationen auf die Verbundeigenschaften untersucht werden.

Es wurden verschiedene »reparaturtaugliche« Verfahren auf ihre Eignung zum Nachweis von Kontaminationen auf und in CFK-Bauteilen untersucht. Berücksichtigt wurden Kontaminationen aus dem Flugalltag (Hydrauliköl, Enteisungsflüssigkeit etc.) und aus dem Bereich des Reparaturvorgangs (Fingerabdrücke, Handcreme etc.). Dabei hat sich ergeben, dass sich z. B. die Röntgenfluoreszenzanalyse als sehr gutes Verfahren für den Nachweis von Kontaminationen eignet.

Qualitätssicherung von Fügeoberflächen

Der im Bereich Qualitätssicherung Oberfläche des Fraunhofer IFAM tätige Diplom-Physiker Kai Brune hat sich eingehend mit dem Aspekt der Kontamination von Oberflächen im Zusammenhang mit klebtechnischer Reparatur befasst. Um eine zuverlässige klebtechnische Reparatur zu gewährleisten, ist es unerlässlich, Kontaminationen bzw. das Ergebnis einer Vorbehand-

KONTAKT

Institut

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

3 Kai Brune bekommt von Dr. Axel Weiß, BASF, den FTK-Nachwuchspreis 2010 überreicht (von links; Quelle: Redaktion adhäsion).

VERBÜNDE | ALLIANZEN | ACADEMY

VERNETZT BEI FRAUNHOFER



FRAUNHOFER-VERBÜNDE

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.

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS

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

Fraunhofer-Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 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

Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für

- Angewandte Polymerforschung IAP
- Bauphysik IBP
- Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Chemische Technologie ICT
- Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
- Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
- Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut EMI
- Silicatiforschung ISC
- Solare Energiesysteme ISE
- System- und Innovationsforschung ISI

- Werkstoffmechanik IWM
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Beteiligt als ständige Gäste die Institute für

- Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
- Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM

www.materials.fraunhofer.de

Verbundvorsitzender

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

Stellvertretender Verbundvorsitzender

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Geschäftsführung

Dr. phil. nat. Ursula Eul

Telefon +49 6151 705-262

ursula.eul@lbf.fraunhofer.de

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse

matthias.busse@ifam.fraunhofer.de

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer

bernd.mayer@ifam.fraunhofer.de

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

Die Adaptronik integriert aktorische und sensorische Funktionen in die mechanischen Lastpfade von Strukturen und verknüpft diese durch regelungstechnische »Intelligenz«. Damit lassen sich adaptive Struktursysteme realisieren, d. h. Strukturen, die sich an veränderliche Betriebsbedingungen selbstständig anpassen. Die Einbeziehung der Adaptronik in die Entwicklung technischer Systeme ist Basis für die Realisierung einer neuen Klasse intelligenter, zukunftsfähiger Produkte.

Durch die Integration aktiver mechanischer Funktionen können moderne Leichtbaustrukturen vibrations- und lärmarm sowie formstabil und selbst überwachend ausgeführt werden. Die Adaptronik bietet Optimierungspotenzial besonders in den Bereichen der Fahrzeugtechnik, des Werkzeugmaschinen- und Anlagenbaus, der Medizin, Luft- und Raumfahrttechnik, der Optik und der Verteidigungstechnik.

Dadurch können die mechanischen Eigenschaften, die Effizienz oder die Leistungsfähigkeit von Systemen verbessert werden. Dazu zählen wirtschaftlicher Materialeinsatz, Funktionserweiterung und Komfortsteigerung sowie auch Sicherheitsaspekte wie die Optimierung fahrzeugtechnischer Crasheigenschaften oder die Schadensüberwachung.

www.adaptronik.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

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



Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion

Die Automobilproduktion ist mit ihren Herstellern, Zulieferern und Ausrüstern ein entscheidender Wirtschaftsfaktor in Deutschland. Globale Trends wie Ressourcenverknappung, Mobilitätsdruck, Urbanisierung und Megastädte führen zwangsläufig zu signifikanten Veränderungen des gesamten Mobilitätskonzepts. Der Wettbewerbsdruck auf die deutschen Automobilisten und deren Zulieferer nimmt auch aufgrund der Tendenz zu Low-Cost-Fahrzeugen stark zu.

Die Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion bündelt die Kompetenzen von 17 Instituten, um der deutschen Automobilbranche ein umfassender und kompetenter Partner für Forschung und Entwicklung zu sein. Durch die thematisch komplementären Forschungsschwerpunkte der einzelnen Institute werden Innovationen entlang der gesamten Prozesskette der Fahrzeugherstellung, d. h. von der Planung bis zum lackierten Fahrzeug, schnell, ganzheitlich und nachhaltig realisiert. Die Allianz stellt sich den umweltpolitischen Herausforderungen (Treibstoff- und CO₂-Reduzierung; Elektromobilität; Senkung des Materialeinsatz) unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Aspekte (permanenter Druck zur Kostenreduktion).

Schwerpunktaufgaben der Allianz sind

- Konsequente Virtualisierung und durchgängige Simulation der Prozesskette
- Reduzierung der eingesetzten benötigten Materialien (Einsatz recycelbarer und langfristig verfügbarer Werkstoffe)
- Einsatz innovativer ressourcensparender Technologien
- Energiearme Anlagentechnik

www.automobil.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz

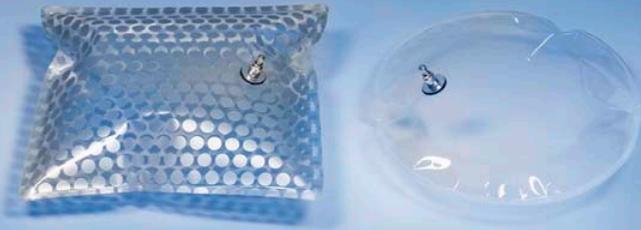
Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse

matthias.busse@ifam.fraunhofer.de

- 2 *Fertigungs- und Montageprozesse.*
- 3 *Geklebte Membrankissen aus Ethylen-Tetrafluorethylen-Folien (ETFE-Folien) zur Verwendung im Fassadenbau.*
- 4 *Replikate eines menschlichen Kieferknochens (Studie für ein medizinisches Implantat, Ti6Al4V-lasersintern).*



3



4

Fraunhofer-Allianz Bau

Die Bauindustrie hat ein hohes Innovationspotenzial, das die in der Fraunhofer-Allianz Bau zusammengeschlossenen Institute nutzen wollen. Die Allianz bietet Bau-Kompetenz aus einer Hand durch integrale Systemlösungen. Die systematische Betrachtung von Gebäuden – vom Werkstoff, Bauteil, Raum, Gebäude bis zur Siedlung – fällt ebenso ins Portfolio wie die chronologische Betrachtung eines Gebäudes – der gesamte Lebenszyklus von der Idee bis zum Recycling. Angefangen bei der Prozesskette des Bauens, über Baumaterialien und -systeme bis hin zu Umnutzung und Rückbau von Gebäuden sind Rationalisierungsmöglichkeiten und Optimierungspotenziale vorhanden.

In Zeiten explodierender Energiepreise ist die Energieeffizienz von Gebäuden sowohl für Privat- als auch für gewerbliche Gebäude ein wesentliches Thema. Der Fokus der Allianz Bau geht aber deutlich darüber hinaus. Es gilt, Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Gesundheitsverträglichkeit des Bauens und Wohnens sicherzustellen und Fragestellungen wie Produkt-, System- und Prozessoptimierung zu beantworten. Die Bauforschung weist Schnittstellen zu den Fraunhofer-Kompetenzen in den Forschungsbereichen Energie, Informations- und Kommunikationstechnik, Werkstoffe und Bauteile, Life Sciences, Produktion, Mikroelektronik sowie Verteidigungs- und Sicherheitsforschung auf.

www.bau.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz

Prof. Dr. Klaus Sedlbauer

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

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

uwe.maurieschat@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann

franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

Der Oberbegriff »Generative Fertigung« beschreibt Prozesse zur Herstellung von Modellen, Formen, Werkzeugen und funktionsfähigen Bauteilen. Generative Fertigung bietet enorme Erfolgspotenziale für die schnelle und effiziente Umsetzung von Produktinnovationen für Prototypen und kleine Fertigungsserien.

Die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung bündelt die Kompetenzen von neun Fraunhofer-Instituten und entwickelt innovative Konzepte für die Anwendung generativer Fertigungstechnologien. Mit der Allianz ist die Fraunhofer-Gesellschaft in der Lage, ganzheitliche Lösungen in der Produktentwicklung durch die Abbildung der gesamten Prozesskette anzubieten. Neben den generativen Kernprozessen umfassen sie vor- und nachgelagerte Prozesse: die Prozessvorbereitung, inklusive das Erfassen und Aufbereiten von Daten, sowie die finale Eigenschaftsgenerierung für einsatzfähige Produkte.

Gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern entwickelt die Allianz individuelle Konzepte, Technologien und Prozesse zur Verbesserung der Leistungs- und Konkurrenzfähigkeit kleiner und mittelständischer Unternehmen. Die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung ist Mitglied im Management der EU-Plattform Rapid Manufacturing in Brüssel und zuständig für die Organisation der Arbeitsgruppe »Deutschland« in der EU-Plattform.

www.generativ.fraunhofer.de

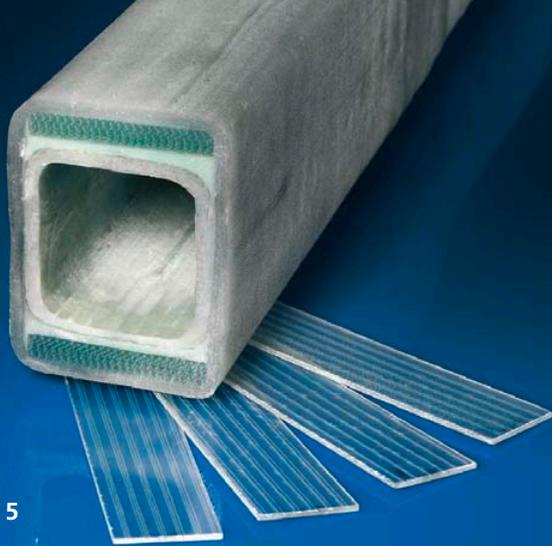
Sprecher der Allianz

Dipl.-Ing. Andrzej Grzesiak

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr.-Ing. Frank Petzoldt

frank.petzoldt@ifam.fraunhofer.de



5



6

Fraunhofer-Allianz Leichtbau

Leichtbau bedeutet die Realisierung einer Gewichtsminde- rung bei hinreichender Steifigkeit, dynamischer Stabilität und Festigkeit. Hierbei ist zu gewährleisten, dass die entwickelten Bauteile und Konstruktionen ihre Aufgabe über die Einsatz- dauer sicher erfüllen.

Die Werkstoffeigenschaften, die konstruktive Formgebung, die Bauweise und der Herstellungsprozess bestimmen die Qualität einer Leichtbaustruktur wesentlich. Daher muss die gesamte Entwicklungskette von der Werkstoff- und Produkt- entwicklung bis über Serienfertigung und Zulassung sowie Produkteinsatz betrachtet werden.

Die in der Fraunhofer-Allianz Leichtbau zusammengeschlosse- nen Institute haben die dafür erforderlichen Kompetenzen in den Bereichen:

- Materialien bzw. Materialverbünde für den Leichtbau
- Füge- und Fertigungsverfahren im Leichtbau
- Numerische und experimentelle Simulation im Leichtbau
- Bewertung von Bauteilen und Systemen

Forschungsschwerpunkte

- Neue Materialien und Materialverbünde
- Fertigungs- und Fügetechnologien aus Sicht des Leichtbaus
- Funktionsintegration
- Konstruktion und Auslegung
- Zerstörungsfreie und zerstörende Prüfverfahren

Sprecher der Allianz

Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr. Markus Brede

markus.brede@ifam.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Günter Stephani

guenter.stephani@ifam-dd.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

Nanotechnologie umfasst heute ein breites Spektrum von neuen Querschnittstechnologien mit Werkstoffen, Bauteilen und Systemen, deren Funktion und Anwendung auf den be- sonderen Eigenschaften nanoskaliger (<100 nm) Größenord- nung beruhen.

Die Nanotechnologie ist fester Bestandteil unseres alltäglichen Lebens: Zum Beispiel sorgen Nanopartikel in Sonnencremes für den Schutz der Haut vor UV-Strahlung oder verstärken Autoreifen; durch Nanotechnologie werden pflegeleichte und kratzgeschützte Oberflächen erreicht, und ultradünne Schich- ten sind wesentliche Bestandteile z. B. von Datenspeichern. Die Technologie wird bereits quer durch Branchen und Indus- triezweige für unterschiedlichste Anwendungen genutzt und ist weltweit für einen Umsatz von 80 bis 100 Milliarden Euro verantwortlich.

Bei Fraunhofer sind fast ein Drittel aller Institute auf diesem Gebiet tätig. In der Allianz fokussieren sich die Aktivitäten auf multifunktionelle Schichten, beispielsweise für die Optik, das Design spezieller Nanopartikel als Füll- und Effektstoffe (Bio- medizin) sowie neuartige Aktuatoren auf der Basis von Koh- lenstoffnanoröhren. Auch Fragestellungen zur Toxikologie und Arbeitssicherheit beim Umgang mit Nanopartikeln werden in nationalen und europäischen Forschungsprojekten behandelt.

www.nano.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz

Dr. Karl-Heinz Hass

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig

andreas.hartwig@ifam.fraunhofer.de

Prof. Dr. Bernd Günther

bernd.guenther@ifam.fraunhofer.de



Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

Photokatalytisch aktive Schichtsysteme mit selbstreinigenden, antibakteriellen, bewuchshemmenden oder beschlagsmindernden Eigenschaften stehen im Mittelpunkt der FuE-Aktivitäten der Fraunhofer-Allianz Photokatalyse.

Ziel der Allianz ist die Entwicklung neuer Material- und Schichtkonzepte für leistungsfähigere Photokatalysatoren sowie deren Applikation auf unterschiedlichsten Substraten wie Glas, Kunststoffen und Metallen.

Die Kompetenzen der acht beteiligten Institute sind breit gefächert und umfassen: Material-, Schicht- und Prozessentwicklung, Analytik und Messtechnik für die biologische Wirksamkeit sowie für ökotoxikologische Umweltauswirkungen.

www.photokatalyse.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz

Dr. Michael Vergöhl

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Dr. Dirk Salz

dirk.salz@ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen (POLO)

Die Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO fasst die Kernkompetenzen von sieben Fraunhofer-Instituten auf dem Gebiet der Entwicklung von polymeren Produkten mit funktionellen Oberflächen, Grenzflächen oder dünnen Schichten strategisch sowie operativ zusammen und betreibt eine gemeinsame Vermarktung. Dadurch vermittelt die Allianz einen deutlich erweiterten Leistungsumfang gegenüber dem Angebot der einzelnen Institute.

Die Allianz erarbeitet wesentliche Vorentwicklungsergebnisse und dazugehörige Schutzrechte für Polymerprodukte mit neuen oder entscheidend verbesserten Eigenschaften. Die bereits entwickelten Produkte in den Arbeitsgebieten »Flexible Ultra-Barrieren« und »Antimikrobiell wirksame Polymeroberflächen« zielen auf Anwendungen in der optischen und optoelektronischen Industrie, der Verpackungswirtschaft, der Textilindustrie, der medizinischen Industrie, der Automobilindustrie und der Bauwirtschaft ab.

www.polo.fraunhofer.de

Sprecherin der Allianz

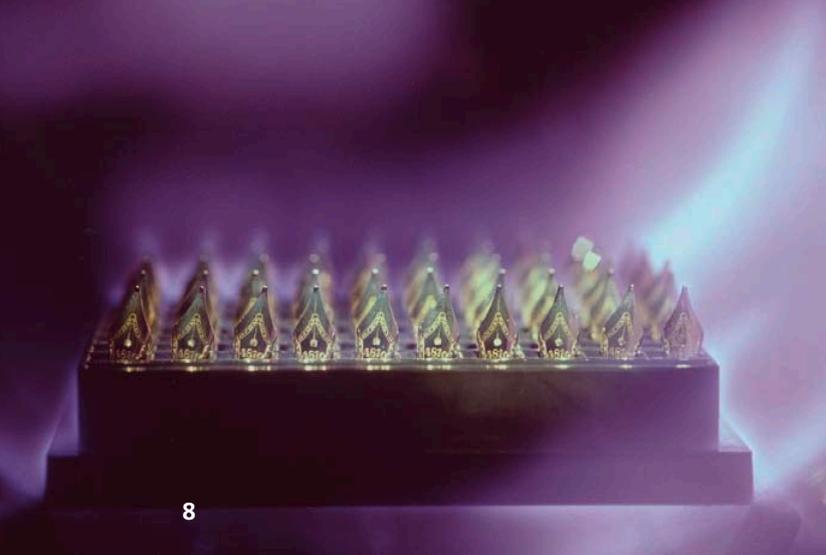
Dr. Sabine Amberg-Schwab

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

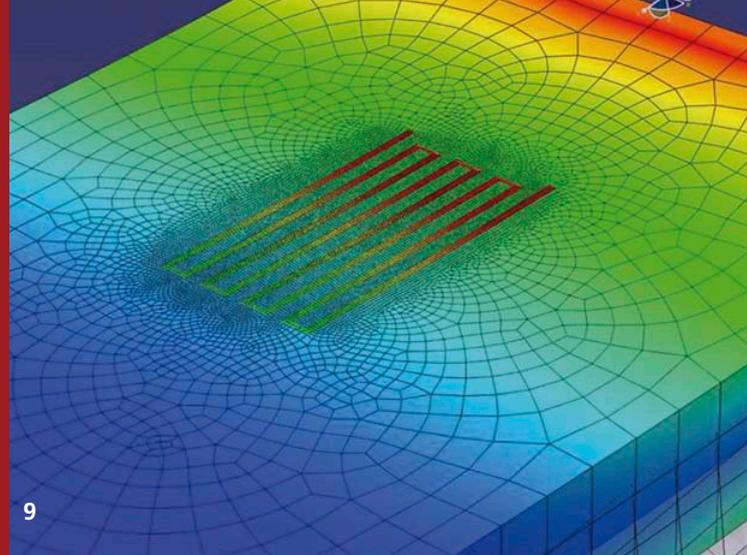
Dr. Uwe Lommatzsch

uwe.lommatzsch@ifam.fraunhofer.de

- 5** *Geklebter Träger aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) zum Nachweis der Schwingfestigkeit von Rotorblattmaterialien.*
- 6** *Verbesserung der Dispergierbarkeit von Farbnanopartikeln durch Atmosphärendruck-Plasmabehandlung (rechts behandelt).*
- 7** *Filtermaterial mit verbesserter Chemikalienbeständigkeit und erhöhter Lebensdauer durch ultradünne plasmapolymere Beschichtung.*



8



9

Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

Die Reinigung von Oberflächen ist in einer Reihe inhaltlich unterschiedlich ausgerichteter Fraunhofer-Institute Forschungsgegenstand. Kein Institut beschäftigt sich ausschließlich mit der Reinigungstechnik. In der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik werden die Kompetenzen der einzelnen Institute gebündelt, sodass die gesamte Prozesskette der Reinigung angeboten werden kann. Diese umfasst neben unterschiedlichen Reinigungsverfahren die vor- und nachgelagerten Prozesse.

Vorgelagerte Prozesse beschäftigen sich mit Fragestellungen der Prozessanalyse, um Verunreinigungen zu vermeiden oder den Reinigungsaufwand zu vermindern. Nachgelagerte Prozesse sind die Kontrolle des Reinigungserfolgs in der Qualitätssicherung, die Trocknungstechnologie bei nasschemischen Reinigungsverfahren sowie die Entsorgung der Verunreinigungen und der Reinigungshilfsstoffe im Rahmen des Umweltschutzes.

www.allianz-reinigungstechnik.de

Sprecher der Allianz

Dipl.-Ing. (FH) Martin Bilz, M.Sc.

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

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

Fraunhofer-Allianz Simulation

In der Allianz Numerische Simulation von Produkten und Prozessen bündeln Fraunhofer-Institute ihre Kompetenzen, die sich mit der Entwicklung und Verbesserung von Simulationsverfahren beschäftigen.

Die Simulation von Produkten und Prozessen spielt heute eine entscheidende Rolle in allen Phasen des Lebenszyklus eines Produkts, von der modellgestützten Materialentwicklung über die Simulation des Herstellprozesses bis zum Betriebsverhalten und der Platzierung des Produkts am Markt.

Das Ziel der Allianz ist es, institutsübergreifende Aufgabenstellungen aufzugreifen und als Ansprechpartner für öffentliche und industrielle Auftraggeber die Interessen der in der Allianz zusammengeschlossenen Institute zu vertreten. Insbesondere die Bündelung der Kompetenzen aus dem IuK-Bereich mit dem Werkstoff- und Bauteil-Know-how sowie mit der Oberflächentechnik, Produktionstechnik und Mikroelektronik verspricht innovative Ergebnisse.

www.simulation.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz

Andreas Burbliès

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Andreas Burbliès
andreas.burbliès@ifam.fraunhofer.de

8 *Feinreinigung von Schreibfedern.*

9 *Numerische Spannungssimulation eines Dehnungsmessstreifens.*

Fraunhofer-Allianz Verkehr

Die Fraunhofer-Allianz Verkehr entwickelt technische und konzeptionelle Lösungen für öffentliche und industrielle Auftraggeber und überführt diese in die Anwendung. Dazu identifiziert die Allianz zukünftige Entwicklungen und nimmt Einfluss auf die FuE-Ausrichtung von Förderprogrammen.

Die Allianz Verkehr analysiert den Marktbedarf und entwickelt institutsübergreifende Systemangebote. Zudem sammelt und vermarktet sie verkehrsrelevante Kompetenzen ihrer Mitglieder. Ein enger Branchenbezug wird durch Arbeitsgruppen wie Automotive, Rail, Aviation und Waterborne gewährleistet. Durch internationale Forschungsprogramme und -aufträge sind die Mitgliedsinstitute weltweit mit verkehrsrelevanten Wirtschafts- und Forschungsunternehmen vernetzt. Die Geschäftsstelle der Allianz vermittelt die richtigen Partner.

www.verkehr.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz

Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

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

Fraunhofer Academy – Forschungs-Know-how für Ihren Erfolg

Die Fraunhofer Academy bündelt die Weiterbildungsangebote der Fraunhofer-Gesellschaft unter einem Dach und bietet für Fach- und Führungskräfte in der Wirtschaft exzellente Fortbildungsmöglichkeiten an. In alle Angebote fließen neueste Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung in die Lehrinhalte ein – ein echter Pakt für Forschung und Innovation.

Eine erstklassige Ausbildung legt das Fundament für eine Karriereaufbahn – lebenslange Weiterbildung ist ein »Muss«, um am Ball zu bleiben.

■ Industrielle Klebtechnik – Personalqualifizierung im Klebtechnischen Zentrum Bremen

Klebtechnik entwickelt sich zur Verbindungstechnik Nr. 1 des 21. Jahrhunderts. Die Übersetzung des gesamten Potenzials der Klebtechnik in die betriebliche Anwendung erfolgt durch gezielte, maßgeschneiderte Weiterbildung im Klebtechnischen Zentrum des Fraunhofer IFAM im Bremen.

Der mit dem Weiterbildungs-Innovations-Preis ausgezeichnete Lehrgang zur/zum Faserverbundkunststoff-Praktiker/in ist für multifunktionale Produkte und Leichtbau – somit insbesondere für Transportmittel- und Windenergieanlagenbau – von zukunftsweisender Bedeutung.

www.academy.fraunhofer.de

Geschäftsführer Fraunhofer Academy

Dr. Roman Götter

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

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

NAMEN | DATEN | EREIGNISSE



KONFERENZEN | TAGUNGEN | WORKSHOPS

Konferenzen, Tagungen und Workshops	108
-------------------------------------	-----

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN

Promotionen	109
Vorlesungen	109
Veröffentlichungen	111
Vorträge und Poster	119

PATENTE

Erteilungen	131
-------------	-----

EHRUNGEN UND PREISE

Ehrungen und Preise	132
---------------------	-----

Konferenzen | Tagungen | Workshops

Workshop 2. Workshop Oberflächen und Grenzflächen Fraunhofer IFAM, Bremen 12.2.2010	Workshop Anwendung des Spark-Plasma-Sinterverfahrens Dresden 15.4.2010	Workshop 9. Bremer Klebtage Klebtechnische Fortbildung im Rahmen der DVS®/EWF-Personalqualifizierung Fraunhofer IFAM, Bremen 22./23.6.2010
Workshop Nano Materials: Perspectives and Risks Hanse-Wissenschaftskolleg, Delmenhorst 18./19.2.2010	Fachtag Rapid-Prototyping-Fachtag für Unternehmen BBZ »Dr. Jürgen Ulderup« Diepholz 15.4.2010	Tagung 12. FTK-Fachtagung Fertigungstechnologie Kleben Stuttgart 7./8.10.2010
Tagung 4. FIMRO Symposium »Druckguss 2010« Fraunhofer IFAM, Bremen 17./18.3.2010	Workshop Möglichkeiten der Pulvermetallurgie zur Herstellung von Aluminiumbauteilen Dresden 6.5.2010	Talent School Bremen Bremen 11.–13.10.2010
Festveranstaltung Besuch des Bundesverkehrsministers Dr. Peter Ramsauer Fraunhofer IFAM, Bremen 14.4.2010	Industrietag Biomaterialien 2010 Fraunhofer IFAM, Bremen 20.5.2010	Konferenz CELLMAT 2010 Dresden 27.–29.10.2010
Kooperationsforum Kleben im Automobilbau Nürnberg 14.4.2010	Symposium Next Generation Battery Materials Hanse-Wissenschaftskolleg, Delmenhorst 17.–19.6.2010	Workshop Functional Printing – Impulse für die gedruckte Sensorik Fraunhofer IFAM, Bremen 2./3.11.2010
	Festveranstaltung Eine Region wird (elektro-) mobil World Trade Center, Bremen 21.6.2010	Workshop 3. Workshop Innovationscluster »MultiMaT« Fraunhofer IFAM, Bremen 7.12.2010

Wissenschaftliche
Veröffentlichungen

Promotionen

M. Burchardt

Fabrication and Characterisation of Micropatterned Functional Surfaces (Herstellung und Charakterisierung mikrostrukturierter funktionaler Oberflächen)
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Gutachter:

Prof. Dr. Katharina Al-Shamery
Prof. Dr. Lorenz Walder
Datum der Prüfung:
11.5.2010

S. H. Marzi

Ein ratenabhängiges, elastoplastisches Kohäsivzonenmodell zur Berechnung struktureller Klebverbindungen unter Crashbeanspruchung
RWTH Aachen

Gutachter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Güldenpfennig
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann
Prof. Dr.-Ing. Horst-Erich Rikeit
Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Schmidt
Datum der Prüfung: 9.6.2010

C. Merten

Untersuchung der molekularen Konformation und der intermolekularen Wechselwirkung chiraler Verbindungen mittels VCD-Spektroskopie
Universität Bremen

Gutachter:

Priv.-Doz. Dr. Andreas Hartwig
Prof. Dr. Marcus Bäumer
Prof. Dr. Wulff Possart
Datum der Prüfung:
27.8.2010

M. Maiwald

Untersuchungen zum Einfluss der Mikrostruktur auf die Eigenschaften aerosolgedruckter Sensorstrukturen
Universität Bremen

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse
Prof. Dr.-Ing. Walter Lang
Datum der Prüfung:
11.11.2010

M. Necke

Zersetzungsverhalten neuartiger, kohlenstofffreier Gold-Precursoren für den Einsatz in elektronenstrahlgestützten additiven Strukturierungsverfahren zur direkten Abscheidung von Metallen
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Gutachter:

Prof. Dr. Katharina Al-Shamery
Prof. Dr. Mathias Wickleder
Prof. Dr. Thorsten Klüner
Datum der Prüfung:
10.12.2010

Vorlesungen

M. Bäumer, I. Grunwald, N. N.

Oberflächen und Grenzflächen
Biologie/Chemie und Fachbereich Geowissenschaften
Universität Bremen
WS 2010/2011

A. Burblies

Finite-Elemente-Methode
Hochschule Bremerhaven
SS 2010

A. Burblies

Werkstoffe und Simulation
Hochschule Bremerhaven
WS 2010/2011

S. Dieckhoff

Oberflächentechnik
Fachhochschule Bremerhaven
SS 2010

H. Fricke

Simultaneous Engineering and Rapid Prototyping
Master of Computer Based Mechanical Engineering (CBME)
Hochschule Bremen, Fakultät 5:
Natur und Technik
WS 2010/2011

D. Gabel, I. Grunwald

Einführung in die Chromatographie
Universität Bremen, Fachbereich Biologie/Chemie
WS 2010/2011

D. Gabel, I. Grunwald

Praktikum Chromatographie
Universität Bremen, Fachbereich Biologie/Chemie
WS 2010/2011

B. H. Günther, M. Busse

Funktionswerkstoffe im Automobilbau
Universität Bremen
Fachbereich Produktionstechnik
SS 2010

B. Kieback

Pulvermetallurgie und Sinterwerkstoffe II
Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
SS 2010

B. Kieback

Festkörperchemie II
Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
SS 2010

B. Kieback

Verbundwerkstoffe
Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
SS 2010

B. Kieback

Festkörperchemie I
Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
WS 2010/2011

B. Kieback, R. Leuschner

Technologien zur Werkstoffherstellung und -verarbeitung
Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
WS 2010/2011

B. Kieback, T. Weißgärber

Pulvermetallurgie und Sinterwerkstoffe I
Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
WS 2010/2011

B. Kieback, T. Weißgärber

Werkstoffe der Energietechnik II
Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft
WS 2010/2011

U. Lommatzsch

Oberflächentechnik
Hochschule Bremerhaven
SS 2010

J. Meinert

Technische Thermodynamik
Dresden International University
Montageingenieur
SS 2010

U. Meyer

Festigkeits II
Hochschule Bremen
SS 2010

U. Meyer

Angewandte Mathematik
Hochschule Bremen
SS 2010

U. Meyer

Festigkeits I
Hochschule Bremen
WS 2010/2011

U. Meyer

Grundlagen der Mathematik
Hochschule Bremen
WS 2010/2011

F. Petzoldt

Produktorientierte medizinische Prozessketten
Hochschule Bremerhaven
Medizintechnik M. Sc.
WS 2010/2011

F. Petzoldt, M. Busse

Endformnahe Fertigungstechnologien 1
Universität Bremen
Fachbereich Produktionstechnik
B. Sc., M. Sc.
WS 2010/2011

H.-E. Rikeit

Konstruktionssystematik/Produktentwicklung
Universität Bremen
Fachbereich Produktionstechnik
WS 2010/2011

L. Treccani, S. Hein

Modification and characterisation of material surfaces for biotechnological applications
Universität Bremen
Fachbereich Produktionstechnik
SS 2010

J. Weise

Modul Werkstoffwissenschaften
Hochschule Bremen (FH)
Internationaler Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen
B. Eng.
WS 2010/2011

R. Woltmann, M. Busse

Leichtmetallgießen im Automobilbau
Universität Bremen
Fachbereich Produktionstechnik
WS 2010

R. Woltmann, M. Busse

Bauteilentwicklung für automobiler Gusskomponenten
Universität Bremen
Fachbereich Produktionstechnik
SS 2010

Veröffentlichungen

K. Albinsky, T. Fladung, M. Necke, C. Tornow, M. Himmerlich, R. Wilken
Some aspects concerning the quality-assured bonding process of CFRP components
WCARP IV, Abstract Booklet, Editions SFV 2010, ISBN 978-2-918641-06-3

O. Andersen, U. Jehring, J. Hohlfeld, R. Thümmler
Hochdämpfende zelluläre Konstruktionswerkstoffe für den Werkzeugmaschinenbau
Zeitschrift Metall, 2010, in print

O. Andersen, U. Jehring, J. Hohlfeld, R. Thümmler
Den Schwingungen einen Dämpfer versetzt
Industrieanzeiger, 2010, in print

O. Andersen, J. Meinert
Heat Transfer and Fluid Flow in Sintered Metallic Fiber Structures
Materials Science Forum, Vols. 638–642, 2010, 1884–1889

G. Benedet Dutra, M. Mulser, F. Petzoldt

Simulation of the interdiffusion at the interface of co-sintered parts
Proceedings WorldPM 2010, Vol. 4, 677–684

L. Bertol, W. Kindlein Júnior, F. Pinto da Silva, C. Aumund-Kopp

Medical design: Direct metal laser sintering of Ti-6Al-4V
Journal of Material & Design, Vol. 31/8, 9.2010, 3982–3988

K. Bobzin, T. Schläfer, C. Aumund-Kopp

Untersuchung und Bewertung der Fehlergrößen im Haftzugversuch nach DIN EN 582
Thermal Spray Bulletin + GTS-Strahl 1/2010, 2010, 30–35

B. Dabrowski, W. Swieszkowski,

D. Godlinski, K. J. Kurzydowski
Highly porous titanium scaffolds for orthopaedic applications
Journal of Biomedical Materials Research, Volume 95B, Issue 1, 2010, 53–61

J.-E. Damke, A. Hartwig, B. K. Kim

Design and Synthesis of Novel Shape Memory Polyurethanes – Thermoplastic Segmented Polyurethanes Derived from Different Polycaprolactone-diols
Proc. Int. Polyurethane Forum 2010, 30.5.–1.6.2010, Busan, Korea, ISBN 89-87809-60-1, 133–134

A. Datye, K.-H. Wu, S. Kulkarni, H. T. Lin, J. Schmidt, D. Hunn, W. Li, L. Kumari

Fabrication of silicon nitride – multi-walled nanotube composites by direct in-situ growth of nanotubes on silicon nitride particles
Proceedings of the 33rd International Conference on Advanced Ceramics and Composites, Daytona Beach, Florida, USA, 2010

F. Despang, A. Bernhardt, A. Lode, Th. Hanke, D. Handtrack, B. Kieback, M. Gelinsky

Response of human bone marrow stromal cells to a novel ultra-fine-grained and dispersion-strengthened titanium-based material
Acta Biomaterialia 6, 2010, 1006–1013

**C. Dölle, C. Schmüser,
M. Ott**

Innovativer Ansatz zur Herstellung dünner Funktionsschichten mittels eines Plasma-Hybrid-Verfahrens: Anwendungsbeispiel photokatalytisch aktive Beschichtung
Jahrbuch Oberflächentechnik 2010, Band 66, im Druck

**C. Drescher, G. Veltl,
F. Petzoldt, M. Busse**

Influence of the sintering parameters on the functionality of sensors produced by powder filled pastes
Proceedings WorldPM 2010, Vol. 5, 305–312

**P. Franke, C. Heintze,
F. Bergner, T. Weißgärber**

Mechanical properties of spark plasma sintered Fe-Cr compacts strengthened by nanodispersed Yttria particles
MP Materials Testing 52, 2010, 3, 133–138

H. Fricke, M. Peschka

Klebstoffe unter Druck: Wie kompressibel sind sie?
adhäsion KLEBEN & DICHTEN, 6/2010, Vieweg+Teubner Verlag, 2010

H. Fricke, M. Peschka

Adhesives under pressure: How compressible are they?
adhesion extra ADHESIVES & SEALANTS 4/2010, Vieweg+Teubner Verlag, 2010

**H. Fricke, M. Peschka,
D. Teutenberg, O. Hahn,
H. Keller, W. Woyke**

Einfluss der Klebstoffverarbeitung auf das Betriebsverhalten von Dosieranlagen und die mechanischen Eigenschaften von Klebverbindungen
SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN, 2/2010, DVS Media GmbH, 2010

**T. Gesang, S. Markus,
J. Haberland**

Investigation of Micro Stress in Adhesive Bonds in Electro Optics and Micro Optics
In B. Michel, K.-D. Lang (Eds.) Smart Systems Integration and Reliability
Goldenbogen Verlag, Dresden 2010, ISBN 978-3-932434-77-8, 434–445

**T. Gesang, S. Markus,
J. Haberland**

Required cleanliness for isotropically electrically conductive adhesive bonding of SMD devices onto FR4 circuit boards and inline-capable analysis of these contamination levels prior to adhesive bonding
Submission of Abstract for Electronics System Integration Technology Conference ESTC 2010 Berlin

H. Göhler

Zellulare, metallische Werkstoffe zur Schall- und Schwingungsdämpfung – In der Ruhe liegt die Kraft
KEM (Konradin-Verlag), 2/2010

**I. Grunwald, E. Groth,
I. Wirth, J. Schumacher,
M. Maiwald, V. Zöllmer,
M. Busse**

Surface biofunctionalization and production of miniaturized sensor structures using aerosol printing technologies
Biofabrication, Vol. 2, No. 1, 2010, 014106

**R. Grupp, M. Nöthe,
B. Kieback, J. Banhart**

In-situ investigation of the cooperative material transport during the early stage of sintering by synchrotron X-ray computed tomography
R. K. Bordia and E. A. Olevsky (Eds.), Advances in Sintering Science and Technology, Ceramic Transactions, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, USA, 2010, Print ISBN: 9780470408490, Online ISBN: 9780470599730, 83–9

**J. Haack, P. Imgrund,
S. Hein, V. Friederici, N. Salk**

The processing of biomaterials for implant applications by Powder Injection Moulding
Powder Injection Moulding International, Vol. 4 No.2, 2010

**M. Haesche, D. Lehmhus,
J. Weise, M. Wichmann,
I. Magnabosco Mocellin**

Carbonates as foaming agent in chip-based aluminium foam precursor
Journal of Materials Science & Technology, Volume 26, Number 9, 2010, 845–850

A. Hartwig

Nicht aus einem Guss
Nachrichten aus der Chemie 58 (2010), 523–525

- A. Hartwig, I. Grunwald**
Synthetic Phenolic Resins and their Applications
Biological Adhesive Systems. From Nature to Technical and Medical Application
Verlag: Springer, Wien, 13.12.2010, Sprache: Englisch
- A. Hartwig, A. Lühring, P. Bitomsky, M. Peschka**
Solid polyurethanes for property improvements of structural adhesives
Proc. Int. Polyurethane Forum 2010, 30.5.–1.6.2010, Busan, Korea, ISBN 89-87809-60-1, 38–39
- R. Hauser, S. Prasse, G. Stephani**
Functional ceramic coatings for cellular metals
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden
Eds.: G. Stephani et al. (2010), 121
- R. Hauser, G. Standke, J. Heineck, G. Stephani, P. Quadbeck**
Open Cell Titanium Foams for bone replacement
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden
Eds.: G. Stephani et al. (2010), 61
- R. Hauser, G. Stephani**
Functional ceramic coatings for cellular metals
CellmetNews I-2010, 2–3
- E. Heußlein, D. Hennigs, H. Fricke**
Entwicklung einer numerischen Gestaltoptimierungsmethode für durchströmte Körper am Beispiel einer Breitschlitzdüse
Masterarbeit E. Heußlein, Hochschule Bremen, Fraunhofer IFAM, 2010
- K. Hribernik, C. Pille, O. Jeken, K.-D. Thoben, K. Windt, M. Busse**
Autonomous control of intelligent products in beginning of life processes
Proceedings of the 7th International Conference on Product Lifecycle Management, 2010, ISBN: 978-3-981-2025-3-3
- T. Hutsch, B. Kieback, T. Weißgärber, T. Schubert, J. Schmidt**
Innovative metal-graphite composites as thermally conducting materials
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien, Vol. 5, 361–368
- P. Imgrund, S. Hein, V. Friederici**
Spritzgießen von Biomaterialien bietet neue Perspektiven
MM Maschinenmarkt, 35, 2010, 21–23
- P. Imgrund, S. Hein, V. Friderici**
Advances in Powder Injection Moulding of Biomaterials
European Medical Device Technology, Volume 1, No. 8, 10.2010
- A. Jacquot, N. Farag, M. Jaegle, M. Bobeth, J. Schmidt, D. Ebling, H. Böttner**
Thermoelectric properties as a function of the electronic band structure and the micro-structure of textured materials
Journal of Electronic Materials 39(9), 2010, 1861–1868
- A. Jacquot, J. König, B. Bayer, D. Ebling, J. Schmidt, M. Jaegle**
Coupled theoretical and experimental investigation of the role of impurity levels and concentration in Bi₂Te₃ and PbTe-based materials at high temperature
Proceedings 8th European Conference on Thermoelectrics, Como, Italien, 22.–24.9.2010, P1–12, 2010
- S. Kaina, B. Kieback, W. Hufenbach, R. Gottwald, D. Weck, E. Kieselstein, T. Studnitzky, G. Stephani**
Joining technologies and mechanical properties for a new kind of 3-D wire structures
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden, 445–452
- S. Kalinichenka, L. Röntzsch, C. Baehtz, B. Kieback**
Hydrogen desorption kinetics of melt-spun and hydrogenated Mg₉₀Ni₁₀ and Mg₈₀Ni₁₀Y₁₀ using in situ synchrotron X-ray diffraction and thermogravimetry
Journal of Alloys and Compounds 496, 2010, 608–613
- S. Kalinichenka, L. Röntzsch, T. Riedl, T. Gemming, T. Weißgärber, B. Kieback**
Microstructure and hydrogen storage properties of melt-spun Mg-Cu-Ni-Y alloys
International Journal of Hydrogen Energy 2010, in press

**M. Kalms, S. Hellmers,
O. Focke, P. Huke,
C. von Kopylow,
R. Bergmann, R. Wilken**

Assessment of kissing bond defects in adhesive joints of carbon fiber-reinforced plastic adherends before and after the treatment with laser generated shock waves
NDT & E International, Publisher ELSEVIER, to be published

B. Kieback

Pulvermetallurgische Wege zu nanostrukturierten Werkstoffen

H. Kolaska (Ed.), Formgebung: Chancen der Pulvermetallurgie, Pulvermetallurgie in Wissenschaft und Praxis, Band 26, Heimdall Verlag, Witten, 2010, ISBN 978-3-939935-59-9, 3–19

**B. Kieback, M. Nöthe,
J. Banhart, R. Grupp**

Investigation of sintering processes by tomography
THERMEC 2009, Material Science Forum Vols. 638–642, Trans. Tech. Publications, Switzerland, 2010, 2511–2516

A. Kirchner, B. Kieback

Thermodynamic model of alloy grain boundaries
Scripta Materialia, 2010, in press

**B. Klöden, U. Jehring,
T. Weißgärber, B. Kieback,
I. Langer, R. W.-E. Stein**

High temperature properties of MIM-processed superalloys
Proceedings Powder Metallurgy World Congress & Exhibition PM2010, Florenz, Italien, Vol. 4, 413–420

**B. Klöden, U. Jehring,
T. Weißgärber, B. Kieback,
I. Langer, R. W.-E. Stein**

High temperature properties of MIM-processed superalloys
PIM International Vol. 4, issue 4, 60–64

T. Kowalik, C. Harves

UV Light – Challenges in Structural Bonding
Pitture E Vernici – European Coatings, Vol 86, 2010, 27–30

**R. Leuschner, T. Schubert,
T. Weißgärber, B. Kieback,
F. Palm**

Scalmetalloy® = A unique high strength AlMgSc type material solution processed by a novel technology for aerospace applications
WorldPM 2010, Florenz, Italien, Vol. 4, 273–280

**M. Maiwald, C. Werner,
V. Zöllmer, M. Busse**

INKtelligent printing® for sensorial applications
Sensor Review, Volume 30, Number 1, 2010, 19–23

**M. Maiwald, C. Werner,
V. Zöllmer, M. Busse**

INKtelligent printed® strain gauges
Sensors and Actuators A (162), 2010, 198–201

N. Martens, A. Groß

Kleben ... mit qualifiziertem Personal
Fassadentechnik, 03/10, 16. Jahrgang, 24–25

N. Martens, A. Kaufmann

Membranbau: Transparent, leicht, flexibel
Fassadentechnik, 01/10, 16. Jahrgang, 8–11

**J. Meinert, O. Andersen,
P. Quadbeck, J. Schmidt**

High-performance latent heat storage by means of cellular metals and composites
Proceedings of the 1st International Conference on Materials for Energy, 4.–8.7.2010, Karlsruhe, B779–B781

**C. Merten, M. Amkreutz,
A. Hartwig**

Conformational analysis and vibrational circular dichroism study of a chiral metallocene catalyst
Journal of Molecular Structure 970, 2010, 101–105

**C. Merten, M. Amkreutz,
A. Hartwig**

VCD Study of α -Methylbenzyl Amine Derivatives: Detection of the Unchanged Chiral Motif
Chirality 22, 2010, 754–761

**C. Merten, M. Amkreutz,
A. Hartwig**

Determining the structure of α -phenylethyl isocyanide in chloroform by VCD spectroscopy and DFT calculations – Simple case or challenge?
Phys. Chem. Chem. Phys., 12, 2010, 11635–11641

C. Merten, A. Hartwig

Structural Examination of Dissolved and Solid Helical Chiral Poly(trityl methacrylate) by VCD Spectroscopy
Macromol. 43, 2010, 8373–8378

C. Merten, A. Hartwig

Introduction of VCD-Spectroscopy for the Characterisation of Chiral Polymers
Proc. Makromol. Kolloquium Freiburg 25.–27.2.2010

C. Merten, K. J. Jalkanen, V. C. Weiss, A. Hartwig

Vibrational Circular Dichroism of 3-(Trifluoroacetyl)-camphor and its interaction with chiral amines
Chirality, 22, 2010, 772–777

C. Merten, T. Kowalik, S. J. Abhoff, A. Hartwig

FTIR Imaging of Poly(3-hydroxybutyrate) and Isotactic Poly(propylene oxide) Spherulites
Macromol. Chem. Phys. 211, 2010, 1627–1631

C. Merten, H. Li, X. Lu, A. Hartwig, L. A. Nafie

Observation of resonance electronic and non-resonance-enhanced vibrational natural Raman optical activity
2nd International Conference on Vibrational Optical Activity (VOA-2), 5.–7.8.2010, J. Raman Spectrosc. 2010, 41, 1273–1275, Albany, New York, USA

C. Merten, H. Li, X. Lu, A. Hartwig, L. A. Nafie

Observation of resonance electronic and non-resonance-enhanced vibrational natural Raman optical activity
Proc. Int. Conf. Raman Spectrosc. 8.–13.8.2010, Boston, Massachusetts, USA

M. Mulser, G. Benedet Dutra, J. Rager, F. Petzoldt

Influence of a mismatch in shrinkage for two-component metal injection moulding (2C-MIM)
Proceedings WorldPM 2010, Vol. 4, 527–534

S. Nawka, T. Schubert, A. Brendel, A. Zivelonghi, J.-H. You, B. Kieback

Synthesis, Characterisation and FEM-simulation of W/CuCrZr-Composites for Extreme Thermal Applications
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien, Vol. 5, 383–390

B. Nies, S. Glorius, S. Rößler, G. Stephani, P. Quadbeck, R. Hauser, J. Adler, G. Standke,

M. Gelinsky, D. Scharnweber, A. Lode, J. Farack, C. Wolf-Brandstetter
Metal Foam – Biocement Composites: mechanical and biological properties and perspectives for bone implant design
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden, 219–224

V. Pacheco, R. Cardoso-Gil, L. Tepech-Carrillo, Y. Grin
Corrosion behaviour of thermoelectric α - and β - $\text{Eu}_8\text{Ga}_{16-x}\text{Ge}_{30+x}$ clathrates in air
Corrosion Science, in press

C. Pille

In-process-embedding of piezo sensors and RFID transponders into cast parts for autonomous manufacturing logistics
Prof. Dr. Thomas Gessner (ed.): Smart Systems Integration 2010. 4th European Conference & Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems, VDE Verlag GmbH, Berlin – Offenbach, Germany, 2010, 1–10, paper 20

C. Pille, E. Morales-Kluge

Autonome Steuerung – Intelligente Werkstücke finden selbstgesteuert ihren Weg durch die Produktion
RFID im Blick 2010, Nr. 1, 44–45

G. Pintsuk, J. Blumm, W. Hohenauer, R. C. Hula, T. Koppitz, S. Lindig, D. Pitzer, M. Rohde, P. Schoderböck, T. Schubert, F. Tietz, O. Wouters

Interlaboratory test on thermophysical properties of the ITER grade heat sink material Copper-Chromium-Zirconium
International Journal Thermophysics, 2010, 31, 2147–2158

- C. Pohlmann, L. Röntzsch, S. Kalinichenka, T. Hutsch, B. Kieback**
Magnesium alloy-graphite composites with tailored heat conduction properties for hydrogen storage applications
International Journal of Hydrogen Energy Volume 35, Issue 23, 2010, 12829–12836
- C. Pohlmann, L. Röntzsch, S. Kalinichenka, T. Hutsch, T. Weißgärber, B. Kieback**
Hydrogen storage properties of compacts of melt-spun $Mg_{90}Ni_{10}$ flakes and expanded natural graphite compounds
Journal of Alloys and Compounds, in press, DOI: 10.1016/j.jallcom.2010.11.060
- R. Poss, A.-S. Dreher, B. Klöden, G. Walther**
High temperature Nickel and Iron-based alloy metal foams for filtration applications
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden, 264–268
- R. Poss, A.-S. Dreher, B. Klöden, G. Walther, T. Büttner**
Ni and Fe based alloy foams for high-end combustion applications.
Proceedings 5th International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Mechanics ICAMEM 2010, Hammamet, Tunesien
- R. Poss, B. Klöden, G. Walther**
A highly flexible substrate for cost-effective particulate filters with effective deposition rates
CellmetNews I–2010, 7
- R. Poss, G. Walther, B. Klöden, A.-S. Dreher**
A highly flexible substrate for cost-effective diesel particulate filters with effective deposition rates
Proceedings International Conference on Innovative Technologies IN–TECH 2010, Prag, Tschechische Republik
- R. Poss, G. Walther, B. Klöden, A.-S. Dreher**
Alloy metal foam for filtration and gas conversion
Proceedings 4th International Conference Processing and structure of Materials (PSM4), Palic, Serbien
- P. Quadbeck**
Durchwachsene Strukturen – Entwicklung von zellularen Implantatwerkstoffen aus Titan
medicalsportsnetwork MSN 5/2010, 40–41
- P. Quadbeck, R. Hauser, K. Kümmel, G. Standke, G. Stephani, B. Nies, S. Rößler, B. Wegener**
Iron based cellular metals for degradable synthetic bone replacement
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien
Vol. 4, 747–754
- P. Quadbeck, K. Kümmel, R. Hauser, G. Standke, J. Adler, G. Stephani**
Open Cell Metal Foams – Application-oriented Structure and Material Selection
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden, 279–288
- P. Quadbeck, B. Schreyer, A. Strauß, T. Weißgärber, B. Kieback**
In-situ monitoring of gas atmospheres during debinding and sintering of PM steel components
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien
Vol. 2, 239–245
- M. Reinfried, G. Stephani, F. Luthardt, J. Adler, A. Kromholz**
Hybridfoams – A new approach for special applications
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden
Eds.: G. Stephani et al. 2010, 49
- S. Roy, A. Wanner, T. Beck, T. Studnitzky, G. Stephani**
Mechanical properties of cellular solids produced from hollow stainless steel spheres
Journal of Materials Science, in review
- Y. Rudnik, B. Schneider, C. Nagel, M. Brede**
Auslegung struktureller Klebverbindungen von faserverstärktem Kunststoff mit Metall für Windenergieanlagen, SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN 4, 2010, 201–203
- Y. Rudnik, B. Schneider, C. Nagel, M. Brede**
Design of structural adhesively bonded joints between fibre-reinforced plastic and metal for wind energy installations
Joining Plastics 2, 2010, 92–95

B. Schartel, A. Weiß, F. Mohr, M. Kleemeier, A. Hartwig, U. Braun
Flame Retardant Epoxy Resins by Adding Layered Silicate in Combination with the Conventional Protection-Layer-Building Flame Retardants Melamine Borate and Ammonium Polyphosphate
J. Appl. Polym. Sci. 118 2010, 1134–1143

B. Schartel, A. Weiß, H. Sturm, M. Kleemeier, A. Hartwig, C. Vogt, R. X. Fischer
Layered silicate epoxy nanocomposites: formation of the inorganic-carbonaceous fire protection layer
Polym. Adv. Technol., 2010, DOI: 10.1002/pat.1644

L. Schinke, J. Meinert, D. Seime
Wärmeübergang und Druckverlust bei einer Gasströmung in Rohren mit Einbauten
Chemie-Ingenieur-Technik, Vol. 82, 2010, Nr. 3, 291–296

T. Schmidt, L. Röntzsch
Reversible hydrogen storage in Ti-Zr-codoped NaAlH₄ under realistic operation conditions
Journal of Alloys and Compounds 496, 2010, L38–L40

T. Schmidt, L. Röntzsch
Reversible hydrogen storage in Ti-Zr codoped NaAlH₄ under realistic operation conditions
Proceedings of the First International Conference on Materials for Energy 2010, Karlsruhe, 696

T. Schmidt, L. Röntzsch, T. Weißgärber, B. Kieback
Reversible hydrogen storage in Ti-Zr-codoped NaAlH₄ under realistic operation conditions, part 2
Journal of Alloys and Compounds, in press

J. Schmidt, T. Weißgärber, B. Kieback, A. Knot
Spark Plasma Sintering of Diamond Impregnated Wire Saw Beads
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien
Vol. 3, 553–558

T. Schubert, J. Schmidt, T. Weißgärber, B. Kieback
Microstructure and mechanical properties of an Al-Si alloy consolidated by spark plasma sintering
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien
Vol. 2, 117–124

H. von Seggern, D. Hennigs, H. Fricke
Simulation des Ink-Jet-Printings
Masterarbeit H. von Seggern, Hochschule Bremen, Fraunhofer IFAM, 2010

A. Simchi, D. Godlinski
Densification and microstructural evolution during laser sintering of A356/SiC composite powders
J. Mater. Sci., DOI: 10.1007/s10853-010-4943-0, published online: 7.10.2010

A. Simchi, D. Godlinski
Direct laser sintering of aluminium matrix composites
Proceedings WorldPM 2010, European Powder Metallurgy Association, Volume 2, 693–699

A. Simchi, F. Petzoldt, T. Hartwig, G. Veltl
Sintering of nanostructured WC-10Co/316L stainless steel composite parts made by assembling of the PIM parts
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien
Vol. 4, 541–548

G. Standke, T. Müller, A. Neubrand, J. Weise, M. Göpfert
Cost-Efficient Metal-Ceramic Composites – Novel Foam-Preforms, Casting Processes and Characterisation
Adv. Eng. Mater., Vol. 12, Issue 3, 2010, 189–196

V. Stenzel, A. Kreider, N. Rehfeld, A. Stake
Melting the ice – new anti-frost technologies
European Coatings Journal 11/2010, 36–40

V. Stenzel, Y. Wilke, W. Hage
Drag-reducing paints for the reduction of fuel consumption in aviation and shipping
Progress in Organic Coatings, Article in Press, DOI 10.1016/j.porg-coat.2010.09.026

G. Stephani, O. Andersen, P. Quadbeck, B. Kieback
Cellular Metals for Functional Applications – an Overview
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien
Vol. 4, 95–102

- G. Stephani, H.-D. Böhm, C. Sorg, A. Hofenauer**
Sinterpaper – A New Type of Highly Porous Material
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden
Eds.: G. Stephani et al. (2010), 34–40
- A. Stolle, B. Ondruschka, W. Bonrath, I. Morgenthal, O. Andersen**
Metallic short fibers for the liquid-phase oxidation of secondary alcohols
Proceedings XXXXIII. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker 2010, Weimar, 232
- A. Stolle, B. Ondruschka, I. Morgenthal, O. Andersen, W. Bonrath**
Metallic Short Fibers for the Liquid-Phase Oxidation of Secondary Alcohols
Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, in press
- T. Studnitzky, O. Andersen, G. Stephani**
Dreidimensionaler Siebdruck: Innovation in der Bauteilfertigung
Werkstoffe in der Fertigung, in press
- T. Studnitzky, P. Helm, A. Heinzl**
Neues Verfahren zur Brennstoffzellenfertigung
Hzwei – Das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen, in press
- T. Studnitzky, E. Kieselstein, W. Hufenbach, D. Weck, R. Gottwald, G. Stephani, S. Kaina**
Cellular metals based on wire structures
Proceedings CELLMAT 2010, Dresden
Eds.: G. Stephani et al. (2010), 320–326
- T. Studnitzky, A. Strauß**
Dreidimensionaler Siebdruck rapidX, 2-2010, 26–28
- T. Studnitzky, A. Strauß, O. Andersen, G. Stephani, G. Walther, P. Quadbeck, J. Trapp, B. Kieback**
Suspensions- und Pastentechnologie zur Herstellung von PM-Werkstoffen und Bauteilen
Pulvermetallurgie in Wissenschaft und Praxis, Band 26, Heimdall Verlag, Witten, 2010, 223–245
- T. Studnitzky, A. Strauß, P. Helm, J. Wartmann**
Optimizing fuel cell parts by using 3-D screen printed metals
Proceeding of the first international conference on materials for energy, Karlsruhe, 2010, Book A, 143–146
- W. Tillmann, C. Kronholz, M. Ferreira, A. Knotte, W. Theisen, P. Schütte, J. Schmidt**
Comparison of Different Metal Matrix Systems for Diamond Tools Fabricated by New Current Induced Short-Time Sintering Processes
Proceedings WorldPM 2010, Florenz, Italien
Vol. 3, 531–538
- G. Walther, B. Klöden, B. Kieback, R. Poss, Y. Bienvenu, J.-D. Bartout**
A New PM Process for Manufacturing of Alloyed Foams for High Temperature Applications
Proceedings Powder Metallurgy World Congress & Exhibition PM2010, Florenz, Italien
Vol. 4, 109–116
- B. Wegener, B. Sievers, S. Utzschneider, V. Jansson, S. Rößler, B. Nies, G. Stephani, B. Kieback, P. Quadbeck**
Degradable iron and iron based alloys as orthopaedic biomaterial
Materials Science and Engineering B, in press
- M. Weinhart, I. Grunwald, M. Wyszogrodzka, L. Gaetjen, A. Hartwig, R. Haag**
Linear Poly(methyl glycerol) and Linear Polyglycerol as Potent Protein and Cell Resistant Alternatives to Poly(ethylene glycol)
Chemistry An Asian Journal, DOI: 10.1002/asia.201000127
- J. Weise, J. Baumeister, O. Yezerka, G. Derner Silva, N. Salk**
Syntactic iron foams with integrated micro glass bubbles produced by means of metal powder injection moulding
Adv. Eng. Mater., Vol. 12, Issue 7, 2010, 604–608

**J. Weise, G. Derner Silva,
N. Salk, J. Baumeister,
M. A. Bayoumi**
Deformation behaviour of
syntactic iron – micro glass
bubble foams
Proceedings CELLMAT 2010,
Dresden
Eds.: G. Stephani et al.
(2010), 389

**J. Weise, D. Ruparella,
J. Baumeister**
Aluminium-Polymer-Hybrid-
schäume für den Leichtbau
Werkstoffe in der Fertigung,
Issue 5, 2010, 33–34

**J. Weise, D. Ruparella,
M. Wichmann, J. Baumeister**
Investigation of the mechan-
ical behaviour of particulate
aluminium-epoxy hybride
foams in dependence upon
the metal and polymer content
Proceedings CELLMAT 2010,
Dresden
Eds.: G. Stephani et al.
(2010), 340

**J. Weise, M. Wichmann,
D. Lehnhus, M. Haesche,
I. C. Magnabosco Mocellin**
Process cost reduction for
aluminium foam production
using alternative raw materials
Journal of Mater. Proc.
Tech., Vol. 26, Issue 9, 2010,
845–850

**T. Weißgärber, B. Klöden,
B. Kieback**
Self-passivating tungsten
alloys
Proceedings WorldPM 2010,
Florenz, Italien
Vol. 3, 377–383

Vorträge und Poster

**K. Albinsky, T. Fladung,
M. Himmerlich, M. Necke,
C. Tornow, R. Wilken**
Aspekte zum qualitätsge-
sicherten Kleben von CFK-
Komponenten
12. Fachtagung Fertigungs-
technologie Kleben
Stuttgart
7./8.10.2010

**K. Albinsky, T. Fladung,
M. Necke, C. Tornow,
M. Himmerlich, R. Wilken**
Some aspects concerning the
quality-assured bonding pro-
cess of CFRP components
WCARP IV 4th WorldCongress
on Adhesion and Related
Phenomena
Arcachon, Frankreich
26.–30.9.2010

**K. Albinsky, T. Fladung,
S. Wrehde, S. Kaprolat,
F. Mohr, M. Necke,
C. Tornow, R. Wilken**
Aspekte zum qualitätsge-
sicherten Kleben von CFK-
Komponenten
Workshop Innovationscluster
»MultiMaT«
Bremen
7.12.2010

**M. Amkreutz,
M. Hoffmann, P. Schiffels,
J. Kolbe, R. Knaack,
M. Wirts-Rütters,
B. Schneider, C. Nagel**
Eigenspannungen in Klebver-
bindungen – Ein Ansatz zur
Vorhersage des Härtings-
schrumpfes von Klebstoffen
Jubiläumskolloquium 10 Jah-
re Gemeinsame Forschung in
der Klebtechnik 2010
DECHEMA, Frankfurt
24.2.2010

**J. Bahr, G. Domann,
R. Houbertz, C. Werner,
V. Zöllmer**
Maskless printed MIM capa-
citors with nanosized silver
inks and barium titanate filled
inorganic-organic hybrid po-
lymers (ORMOCER®s)
Materials Science and Engi-
neering 2010 (MSE 2010)
Darmstadt
24.–26.8.2010

**G. Benedet Dutra,
M. Mulser, F. Petzoldt**
Simulation of the interdiffu-
sion at the interface of co-
sintered parts
WorldPM 2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

V. Borst

Elastic Adhesives and Sealants
Dow Corning Expert Round
Table
Wiesbaden
3.3.2010

V. Borst

Kleben für Schweißfach-
ingenieure
SFI/ST-Lehrgang
Hannover
29.3.2010

V. Borst

Klebstoffauswahl in der Praxis
Infoforum »So stimmt die
Chemie«
Detmold
7.10.2010

V. Borst

Kleben für Schweißfachinge-
nieure
SFI/ST-Lehrgang
Hannover
8.11.2010

T. Brencher, C. Naab

Vermessung von CFK-
Oberflächen mit einem Laser-
Radar
Optische Messtechnik für
Anwendungen im
Maschinenbau
Karlsruhe
14.10.2010

**S. Buchbach, P. Plagemann,
A. Momber**

Laboratory investigations into
the edge protection of orga-
nic coatings
PACE Conference 2010
Phoenix, AZ, USA
2.2010

S. Buchbach

Schadensfall Pulverlackierung
– Ausgasung von verzinkten
Oberflächen und Möglichkei-
ten zur Schadensvermeidung
Haustagung Fa. Joba
4.6.2010

**S. Buchbach, P. Plagemann,
A. Momber**

Lab testing for the assess-
ment of edge protection
performance of Organic
Coatings
Marine Coatings Conference,
SMM Trade Fair
Hamburg
9.9.2010

S. Buchbach, H. Fricke

New Analytic Method for
Characterizing the Shear
Behavior of Polymeric Liquids
– Challenges for Paint Loop
Systems in Industrial Practice
Advances in Coatings Techno-
logy International Scientific –
Technical Conference for paints
Kattowice, Polen
25.11.2010

S. Buchbach

Entwicklung neuer Techno-
logien zur Herstellung be-
schichtungsgerechter Kanten
im Schiffbau durch thermi-
sche Bearbeitungsverfahren
Schiffahrt und Meerestech-
nik, Statustagung
Rostock-Warnemünde
2.12.2010

M. Busse, F. Horch,

F.-J. Wöstmann

Fraunhofer-Systemforschung
Elektromobilität
2. Elektro-Mobil Kongress
Bonn
17.6.2010

B. Dabrowski,

W. Swieszkowski,

D. Godlinski, T. Brynk,

J. Jaroszewicz,

K. J. Kurzydowski

Structure and mechanical
characterization of highly
porous titanium scaffolds
Materials Science and Engi-
neering 2010 (MSE2010)
Darmstadt
24.–26.8.2010

S. Dieckhoff

Adhäsions- und Grenzflä-
chenforschung
2. Workshop »Oberflächen
und Grenzflächen«
Bremen, Fraunhofer IFAM
12.2.2010

S. Dieckhoff

XPS-Analyse in der ange-
wandten Materialforschung
Thermo Scientific XPS-Seminar
Karlsruhe
10./11.11.2010

C. Drescher, G. Veltl,

F. Petzoldt, M. Busse

Influence of the sintering
parameters on the functio-
nality of sensors produced by
powder filled pastes
World PM2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

D. Fenske, M. Wetjen,

**A. Arnebold, A. Wittstock,
M. Bäumer**

Electrode processing: carbon-
based materials for energy
storage devices
Electrochemistry 2010
Bochum
13.–15.9.2010

H. Fricke, M. Israel

Qualitätssicherung beim
Hybridfügen
EFB Industriearbeitskreis
»Fügen«
Paderborn
14.1.2010

H. Fricke, M. Israel

Qualitätssicherung beim
Hybridfügen
EFB Industriearbeitskreis
»Fügen«
Rostock
16.6.2010

**H. Fricke, I. Neumann,
F. Mohr**

Einsatz virtueller Methoden
zur Optimierung der Ferti-
gung hochaufgelöster Grün-
dungsstrukturen
OGOW
Bremerhaven
31.5.2010

H. Fricke, M. Peschka

Computational Fluid Dyna-
mics Simulation of Adhesive
Processing Systems
WCARP 2010, 4th World
Congress on Adhesion and
Related Phenomena
Arcachon, Frankreich
28.9.2010

**V. Friederici, A. Bruinink,
P. Imgrund, S. Seefried**

Micro MIM process develop-
ment for regular surface pat-
terned titanium bone implant
materials
WorldPM 2010
Florenz, Italien
11.–14.10.2010

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

Mikrostrukturen für verbes-
serte Osteointegration von
metallischen Implantaten
24. Treffpunkt Medizintechnik
Berlin
1.7.2010

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

Metal injection moulding for
producing stainless steel and
titanium implant surfaces
with defined micrometer and
submicrometer structures for
enhanced cell performance
Material Science and Engi-
neering
Darmstadt
24.–26.8.2010

T. Gesang

Fachforum »Kleben in der
Elektronik«
OTTI-Technologie-Kolleg
Regensburg
1.–3.2.2010

T. Gesang

Klebstoff-Auftragsverfahren
Proc. Fachforum »Kleben in
der Elektronik«
OTTI-Technologie-Kolleg
Regensburg
3.2.2010

**H. A. Gieser, H. Wolf,
D. Bonfert, H. Hengemann,
C. Werner, V. Zöllmer,
J. Bahr, G. Domann,
B. Curran, I. Ndip, K. Bock**

Rapid prototyping of elec-
tronic modules combining
aerosol printing and ink jet
printing
Electronics System Integration
Technology Conference (ESTC
2010)
Berlin
13.–16.9.2010

A. Groß

Einführung in die moderne
Klebtechnik – Philosophie des
Klebens
Firmenveranstaltung
Schweinfurt
23.2.2010

A. Groß

DIN 6701: Kleben von
Schienenfahrzeugen und
-fahrzeugteilen
10. Jubiläumskolloquium
»Gemeinsame Forschung in
der Klebtechnik«
Frankfurt am Main
24.2.2010

A. Groß

Faszination Fußball: Stadien
und Bälle
Eröffnungsvortrag 38. Son-
dertagung »Schweißen im
Anlagen- und Behälterbau«
München
3.3.2010

A. Groß

Perspektiven der Klebtechnik
10. Kooperationsforum
»Kleben im Automobilbau«
Nürnberg
14.4.2010

A. Groß

Modern Surface Treatment
Methods
4th AFERA Tape College
Brüssel, Belgien
15.4.2010

A. Groß

Adhäsion und Kohäsion
20. Fachforum »Kleben«
OTTI-Technologie-Kolleg
Regensburg
26.4.2010

A. Groß

Klebstoffe Einteilung und
Härtungsmechanismen
20. Fachforum »Kleben«
OTTI-Technologie-Kolleg
Regensburg
26.4.2010

A. Groß

Moderne Klebtechnik –
Möglichkeiten und Grenzen
20. Fachforum »Kleben«
OTTI-Technologie-Kolleg
Regensburg
27.4.2010

A. Groß

Kleben in der Industrie
Euroforum-Seminar
Stuttgart
4.5.2010

A. Groß

Personalqualifizierung im
Fraunhofer IFAM – was gibt's
Neues?
9. Bremer Klebtage
Fraunhofer IFAM
Bremen
22.6.2010

A. Groß

Qualitätssicherung in der
Klebtechnik
TecDays
Sulzer Mixpack
Ried, Schweiz
13.9.2010

A. Groß

Fußball: Stadien – Bälle –
Innovationen
Dinnerspeech FTK-Tagung
Stuttgart
7.10.2010

A. Groß

Qualitätssicherung in der
Klebtechnik
Tagung PESA
Bydgoszcz, Polen
19.11.2010

B. H. Günther

Nanoscale metal particles
from the gas phase
Symposium on Nano Materi-
als: Perspectives and Risks
Hanse-Wissenschaftskolleg
Delmenhorst
18./19.2.2010

B. H. Günther

Metallic nanoparticles and
porous deposits by sputtering
methods
Symposium Next Generation
Battery Materials
Hanse-Wissenschaftskolleg
Delmenhorst
17.–19.6.2010

**A. Haberkorn, V. Zöllmer,
D. Lehmhus, M. Busse**

Polymer-Metal-Fiber-Com-
posite: An intrinsic sensorial
material for structural health
monitoring (SHM)
E-MRS 2010 Spring Meeting
Straßburg, Frankreich
7.–11.6.2010

**S. Hampel, D. Haase,
T. Hutsch, M. Ritschel,
A. Leonhardt, T. Weißgärber,
B. Büchner, B. Kieback**

Functionalised CNT for the
development of mechanical
highly stressable metals
ChemOnTubes 2010
Arcachon, Frankreich
11.–15.4.2010

**S. Hampel, T. Hutsch,
D. Haase, M. Ritschel,
A. Leonhardt, T. Weißgärber,
B. Büchner, B. Kieback**

Functionalised CNT for the
development of mechanical
highly stressable metals
Nanofair 2010
Dresden
6./7.7.2010

**R. Hauser, S. Prasse,
T. Hutsch, G. Stephani**

High Temperature Resistant
PDC Coatings for Metal
Structures
PDC 2010
Boulder, USA
31.7.–6.8.2010

**R. Hauser, S. Prasse,
G. Stephani**

Functional ceramic coatings
for cellular metals
CELLMAT 2010
Dresden
27.–29.10.2010

**R. Hauser, G. Standke,
J. Heineck, G. Stephani,
P. Quadbeck**

Open cell titanium foams for
bone replacement
CELLMAT 2010
Dresden
27.–29.10.2010

**R. Hauser, S. Prasse,
G. Stephani, B. Kieback**

Funktionalisierte Trägerstruk-
turen für die Biotechnologie
BMBF Partnering Event »Wirt-
schaft und Forschung im Dia-
log – weiße Biotechnologie«
Dresden
22.11.2010

**S. Hein, A. Kirsch,
P. Imgrund**

Thermoplastic chitosan –
Conventional processing of
an innovative biopolymer
Kooperationsforum Biopoly-
mere
Straubing
11.11.2010

**M. Heuser, M. Busse,
F.-J. Wöstmann**

Dimensional stability and
microstructural effects of
aging on the alloy ZnAl4Cu1
Zinc Diecasting International
Conference
Wien, Österreich
22.–24.9.2010

F. Horch

Fahrzeugkonzepte der FSEM
KONGRESS – Forum Elektromobilität
Berlin
16./17.11.2010

T. Hutsch, T. Schubert,

T. Weißgärber, B. Kieback
Metall-Kohlenstoff Verbundwerkstoffe
DGM – Fachausschuss »Metallische Verbundwerkstoffe und zelluläre Metalle«
Dresden
12.5.2010

T. Hutsch, T. Schubert,

T. Weißgärber, B. Kieback
Innovative metal-graphite composites as thermally conducting materials
WorldPM 2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

J. Ihde, U. Lommatzsch,

A. Baalman
Korrosionsschutz durch plasmapolymerische Beschichtungen – von den Grundlagen
DFO-Tagung Leichtmetall-Anwendungen
Rödermark
17.3.2010

J. Ihde, U. Lommatzsch,

R. Wilken
Atmosphärendruck-Plasma-Vorbehandlung von Aluminium
Plasmapolymerisation bei Atmosphärendruck
Jena
18.3.2010

J. Ihde, U. Lommatzsch,

A. Baalman
Korrosionsschutz durch polymere Beschichtungen mit Niederdruck- und Atmosphärendruck-Plasmen
Otti-Technologie-Kolleg
Korrosionsschutz
Regensburg
20.4.2010

J. Ihde, R. Wilken,

J. Degenhardt, A. Baalman
Atmosphärendruck-Plasmapolymerisation – Von den Grundlagen zu den Anwendungen
Innovationstag Mittelstand
Berlin
17.6.2010

J. Ihde

Plasmareinigung und -aktivierung
Grundlagenseminar »Reinigungstechnik«
Dresden
17.6.2010

P. Imgrund

Neue Fertigungstechnologien für metallische und keramische Implantate
METAV
Düsseldorf
24.2.2010

P. Imgrund

Mikrospritzgießen und Pulverspritzgießen mit biokompatiblen Werkstoffen
Compamed Frühjahrsforum
Frankfurt
4.5.2010

P. Imgrund

Development and applicability of (Powder) Injection Molding for biomaterials
Journée Technique IONISOS
Lyon, Frankreich
6.9.2010

U. Jehring

Spindelträger einer Fräsmaschine als Demonstrator für hochdämpfenden Leichtbau im Maschinenbau
Eurolight 2010
Nürnberg
4.6.2010

U. Jehring

Erhöhung von Genauigkeit und Bearbeitungsgeschwindigkeit durch schwingungsdämpfenden Leichtbau
Euromold 2010
Frankfurt
1.12.2010

B. Kieback

Grundlagen Pulvermetallurgie I und II
Ostfalia, Hochschule für angewandte Wissenschaften
Wolfsburg
10.5.2010

B. Kieback

Pulvermetallurgische Wege zu nanostrukturierten Werkstoffen
29. Hagerer Symposium 2010
Hagen
25./26.11.2010

B. Kieback, T. Hutsch,

D. Handtrack, A. Kirchner, S. Kalinichenka, R. Leuschner, L. Röntzsch, C. Sauer, J. Schmidt, T. Schmidt, T. Schubert, T. Weißgärber
Nanostructured materials by SPS sintering
Materials Days
Rostock
15.–17.9.2010

D. Kolacyk

Oberflächenmodifizierung von MWCNT durch AD-Plasmen
Doktorandenseminar
Soltau
5./6.10.2010

J. Kolbe, M. Stuve

Kleben von Chips auf RFID-Transponder mittels eines vorapplizierten Klebstoffs auf Waferebene
Deutsche IMAPS-Konferenz
München
12./13.10.2010

R. Leuschner, T. Schubert, T. Weißgärber, B. Kieback, F. Palm

Scalmalloy® = A unique high strength AlMgSc type material solution processed by a novel technology for aerospace applications
WorldPM 2010
Florenz, Italien
11.–14.10.2010

S. Lösch

Einfluss der Schwerelosigkeit auf die Formgebung und Eigenschaften nanoskaliger Nickelpartikel
Fraunhofer IFAM Doktorandenseminar
Bremen
15.2.2010

S. Lösch, B. H. Günther

Morphology and properties of magnetic fractals
38th COSPAR Scientific Assembly
Bremen
18.–25.7.2010

S. Lösch, B. H. Günther, G. Iles, D. Voss

Nanoparticle Agglomeration Payloads for Microgravity Experimentation
48th AIAA Aerospace Sciences Meeting
Orlando, USA
4.–7.1.2010

U. Lommatzsch, J. Ihde, R. Wilken

Gasmanagement für Atmosphärendruck-Plasmatechnologien
Schichtabscheiderate und -qualität bei Atmosphärendruck-Plasmajet-Quellen
EFDS Workshop
Dresden
15.4.2010

U. Lommatzsch,

D. Kolacyk, J. Ihde
Surface modification of MW-CNTs in the afterglow of a cold atmospheric plasma jet
11th International Conference on the science and application of nanotubes – NT 10
Montreal, Kanada
27.6.–2.7.2010

U. Lommatzsch, J. Ihde

Plasma polymerization using an atmospheric pressure plasma jet for corrosion protection, adhesion promotion and anti-stick surfaces
International Workshop on Plasma Processes and Applications
Luxemburg, Luxemburg
5.–7.7.2010

U. Lommatzsch, J. Ihde

Improving durability of aluminum-epoxy adhesive joints by plasma polymer deposition with an atmospheric pressure plasma jet
4th World Congress on Adhesion and Related Phenomena – WCARP-IV
Arcachon, Frankreich
26.–30.9.2010

M. Maiwald

Mechanische und thermische Sensoren mittels maskenloser Druckverfahren
Workshop Functional Printing 2010
Bremen
2./3.11.2010

J. Meinert, O. Andersen, P. Quadbeck, J. Schmidt

High-performance latent heat storage by means of cellular metals and composites
1st International Conference on Materials for Energy, 2010
Karlsruhe
4.–8.7.2010

J. Meinert, O. Andersen, P. Quadbeck

Thermische Hochleistungsspeicher auf Basis zellulärer Metalle
Dresdener Werkstoffsymposium 2010
Dresden
9./10.12.2010

C. Merten, A. Hartwig

Introduction of VCD-Spectroscopy for the Characterisation of Chiral Polymers
Makromolekulares Kolloquium (Macromolecular Colloquium)
Freiburg im Breisgau
25.–27.2.2010

**C. Merten, H. Li, X. Lu,
A. Hartwig, L. A. Nafie**

Observation of resonance
electronic and non-resonance
enhanced vibrational natural
Raman optical activity
2nd International Conference
on Vibrational Optical Activity
(VOA-2)
Albany, NY, USA
5.–7.8.2010

**C. Merten, H. Li, X. Lu,
A. Hartwig, L. A. Nafie**

Observation of resonance
electronic and non-resonance
enhanced vibrational natural
Raman optical activity
2nd International Conference
on Vibrational Optical Activity
22nd International Conference
on Raman Spectroscopy
(ICORS)
Boston, MA, USA
8.–13.8.2010

**M. Mulser,
G. Benedet Dutra,
J. Rager, F. Petzoldt**

Influence of a mismatch in
shrinkage for two-component
metal injection moulding
(2C-MIM)
WorldPM 2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

**M. Mulser, C. Aumund-
Kopp, F. Petzoldt**

Formgebung durch Extrusion
metallpulverbasierter Feed-
stocks
Gemeinschaftsausschuss Pul-
vermetallurgie: Expertenkreis
Sintern
Dresden
28.10.2010

**M. Müller, E. Pál, V. Zöllmer,
D. Lehnhus, M. Busse**

Advanced production me-
thods and properties of CuNi
inks for functional printing
E-MRS 2010 Spring Meeting
Straßburg, Frankreich
7.–11.6.2010

C. Nagel

Auslegung von strukturellen
FVK/Metall-Kleerverbindungen
für Windenergieanlagen
Kolloquium »Gemeinsame
Forschung in der Klebtechnik«
DECHEMA
Frankfurt
24.2.2010

**B. Nies, S. Glorius,
S. Röblier, G. Stephani,
P. Quadbeck, R. Hauser,
J. Adler, G. Standke,
M. Gelinsky, D. Scharn-
weber, A. Lode, J. Farack,
C. Wolf-Brandstetter**

Metal Foam – Biocement
Composites: mechanical and
biological properties and
perspectives for bone implant
design
CELLMAT 2010
Dresden
27.–29.10.2010

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

Novel approach for the crea-
tion of photocatalytic thin
films by plasma curing of
TiO₂ containing dispersions of
non-reactive siloxanes
Conference on Plasma Sur-
face Engineering PSE 2010
– Conductive and photocata-
lytic oxides
Garmisch-Partenkirchen
17.9.2010

**V. Pacheco, R. Cardoso-Gil,
L. Tepech-Carrillo,
M. Wagner, W. Carrillo-
Cabrera, W. Schnelle,
N. Oeschler, Y. Grin**

Thermoelectric Properties of
Nanosized Typ I Clathrates
WE-Heraeus Seminar »Nano-
structured Thermoelectric
Materials«
Physikzentrum Bad Honnef
21.–24.2.2010

**V. Pacheco, R. Cardoso-Gil,
M. Wagner,
W. Carrillo-Cabrera,
W. Schnelle,**

N. Oeschler, Y. Grin
Bulk Nano-Clathrates: Syn-
theses and Thermoelectric
Properties
29th International Conference
on Thermoelectrics
Shanghai, China
30.5.–3.6.2010

V. Pacheco, H. Rosner

Nanostructuring of clathrates
and thermoelectric properties
DFG-SPP1386 Status Treffen
Berlin
4./5.10.2010

M. Peschka, H. Fricke

Strömungssimulation – Ein Werkzeug zum besseren Verständnis von Vorgängen bei der Klebstoffverarbeitung
Bremer Klebtage 2010
Bremen
22.6.2010

M. Peschka, H. Fricke

Strömungssimulation – Ein Werkzeug zur Untersuchung der Stabilität von Klebstoffdispersionen
FTK-Tagung »Kleben im Leichtbau bewegter Massen«
Frankfurt
8.10.2010

F. Petzoldt

Material and quality aspects in metal injection moulding
III Congreso Nacional de Pulvimetalurgia
Valencia, Spanien
14.6.2010

C. Pille, F.-J. Wöstmann

CAST^{trionics}® – Kennzeichnung von Gussbauteilen zur Effizienzsteigerung in der Gießereitechnik
4. FIMRO Symposium »Druckguss 2010«
Bremen
17./18.3.2010

C. Pille

In-process embedding of piezo sensors and RFID transponders into cast parts for autonomous manufacturing logistics
Smart Systems Integration 2010, European Conference & Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems – MEMS, MOEMS, ICs and Electronic Components
Como, Italien
23./24.3.2010

C. Pille

CAST^{trionics}® – Gießtechnisch integrierte Elektronik macht Gussbauteile intelligent
3. MATERIALICA Metall-Leichtbau-Kongress
München
21.10.2010

C. Pohlmann, L. Röntzsch, S. Kalinichenka, T. Hutsch, T. Weißgärber, B. Kieback

Magnesium-graphite composites for hydrogen storage with tailored heat conduction properties
MH2010
Moskau, Russland
19.–23.7.2010

C. Pohlmann, L. Röntzsch, S. Kalinichenka, T. Hutsch, T. Weißgärber, B. Kieback

Hydride-graphite composites for hydrogen storage with tailored heat conduction properties
Nano- and Surface Science Approaches to Production Storage of Hydrogen (MCRTN)
Noordwijkerhout, Niederlande
14.–19.11.2010

C. Pohlmann, L. Röntzsch, S. Kalinichenka, T. Hutsch, T. Weißgärber, B. Kieback

Enhanced heat transfer of compacts of hydrogen storage materials
International ECEMP Kolloquium
Dresden
2./3.12.2010

C. Pohlmann, L. Röntzsch, S. Kalinichenka, T. Hutsch, T. Weißgärber, B. Kieback

Hydrogen storage in magnesium-based composites with enhanced thermal conductivity
Dresdner Werkstoffsymposium – Werkstoffe der Energietechnik
Dresden
9./10.12.2010

R. Poss, A.-S. Dreher, G. Walther, B. Klöden, B. Kieback, Y. Bienvenu, J.-D. Bartout

Development and application of Nickel and Iron based metal foam alloys for high-end industrial solutions
Conference of European Materials Research Society (EMRS)
Straßburg, Frankreich
7.–11.6.2010

P. Quadbeck

Metallschäume als bioanaloge Knochenersatzwerkstoffe
Ideas to Market – Dresdner Materialinnovationen für die Praxis
Dresden
15.1.2010

P. Quadbeck

Bioanaloge Metallschäume als Dauerimplantate und resorbierbare Implantate
Workshop Neue Horizonte für metallische Biomaterialien
Geesthacht
10.2.2010

P. Quadbeck

Zelluläre Werkstoffe aus Edelstahl – Stand der Entwicklung, Anwendungen, Marktperspektiven
Edelstahltag Düsseldorf
Düsseldorf
4.3.2010

P. Quadbeck

Maßschneidern von Knochenimplantaten
Matsuura Gipfeltreffen Medizin- und Dentaltechnik
Wiesbaden
17.3.2010

P. Quadbeck, R. Hauser, G. Standke, S. Rößler, B. Nies, G. Stephani, B. Wegener

Cellular metal structures for degradable scaffolds
Termis 2010
Galway, Irland
13.–17.6.2010

P. Quadbeck

Iron-based cellular metals for degradable synthetic bone replacement
WorldPM 2010
Florenz, Italien
12.10.2010

P. Quadbeck

In-situ monitoring of gas atmospheres during debinding and sintering of PM steel components
WorldPM 2010
Florenz, Italien
12.10.2010

P. Quadbeck, K. Kümmel, R. Hauser, G. Standke, J. Adler, G. Stephani

Open cell metal foams – Multimaterial structures for multi-tasking applications
CELLMAT 2010
Dresden
27.–29.10.2010

P. Quadbeck

Open cell metal foams – Application-oriented structure and material selection
CELLMAT 2010
Dresden
29.10.2010

G. Rausch

Wann werden Elektrofahrzeuge serienmäßig?
swb Themenabend: E-Mobilität
Bremen
17.2.2010

G. Rausch

Modellregion Elektromobilität
Bremen/Oldenburg
WFB Innovationstag
Bremen
13.4.2010

G. Rausch

Modellregion Elektromobilität
Mitglieder- und Delegiertenversammlung
LIV Niedersachsen des KFZ-Technikerhandwerks
LV des Kfz-Gewerbes Niedersachsen-Bremen e. V.
Lingen
15.4.2010

G. Rausch

Elektromobilität in der Modellregion NordWest – Ein Beitrag zur nachhaltigen Energiewirtschaft?
Konferenz EnergieMix 2050
Berlin
19./20.4.2010

G. Rausch

Bremen-Oldenburg – A Model Region for E-mobility
Symposium Next Generation Battery Materials
Hanse-Wissenschaftskolleg
Delmenhorst
17.–19.6.2010

G. Rausch

Forschung und Entwicklung für zukünftige Fahrzeuge
Themenabend »KFZ 2020«
Innovationsagentur Hamburg
Hamburg
29.9.2010

G. Rausch

Elektrofahrzeuge – echte Alternative oder fernes Zukunftsszenario?
»Wissen um 11«
Haus der Wissenschaft
Bremen
30.10.2010

C. Regula, J. Ihde, U. Lommatzsch, R. Wilken

»Abscheidung von haftvermittelnden Schichten mittels Atmosphärendruck-Plasmen«
6. Thüringer Grenz- und Oberflächentage
Gera
7.–9.9.2010

C. Regula, J. Ihde, U. Lommatzsch, R. Wilken

Corrosion protection of copper surfaces by atmospheric pressure plasma jet treatment
12th International Conference on Plasma Surface Engineering, PSE 2010
Garmisch-Partenkirchen
13.–17.9.2010

**J. Reimann, H. Oltmann,
S. Will, E. Basano,
L. Carotenuto, S. Lösch,
B. H. Günther**

Laser sintering of nickel aggregates produced from inert gas condensation
6th World Congress on Particle Technology
Nürnberg
26.–29.4.2010

L. Röntzsch

Metallhydride für die Wasserstoffspeicherung
Ideas.2.Market
Dresden Exists Seminar
Dresden
15.1.2010

L. Röntzsch

Development, upscaling and testing of nanocomposite materials for H₂ storage
Chinese-German Meeting within GCSFP
Peking, China
9.3.2010

L. Röntzsch

Hydrid-Graphit-Verbundwerkstoffe als Materialien zur Speicherung von Wasserstoff
DGM-Fachausschuss Metallische Verbundwerkstoffe und zelluläre Metalle
Dresden
12.5.2010

L. Röntzsch

Nanomaterials and nanoanalysis for hydrogen solid state storage
Nanofair
Dresden
7.7.2010

**N. Salk, B. Tröger,
P. Imgrund**

Precision manufacturing for medical implants
Euspen
Delft, Niederlande
31.5.2010

**N. Salk, J. Weise,
M. Bayoumi**

Metal injection moulding of iron based syntactic foams
WorldPM 2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

J. Schmidt

Kurzzeitsintern von Werkstoffen für potenzielle ballistische Werkstoffe
32. Wehrtechnisches Symposium »Leichtbauwerkstoffe auf Nanobasis«
Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe
Erding
4.–6.5.2010

J. Schmidt

Thermoelectricity functional materials for energy applications: Beyond solid state hydrogen storage
3rd COSY Young Researchers Workshop
Dresden
9./10.6.2010

J. Schmidt

Spark plasma sintering of diamond impregnated wire saw beads
WorldPM 2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

**J. Schmidt, J. König,
C. Zurbuchen, T. Weißgärber**

Thermoelectric properties of spark plasma sintered Mg- and Mn-silicides
MRS Fall Meeting 2010
Boston, MA, USA
29.11.–3.12.2010

T. Schmidt, L. Röntzsch

Reversible hydrogen storage in Ti-Zr codoped NaAlH₄ under realistic operation conditions
First International Conference on Materials for Energy
Karlsruhe
6.7.2010

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

Tayloring NaAlH₄ towards realistic operation conditions
International Symposium on Metal-Hydrogen Systems
Moskau, Russland
22.7.2010

T. Schubert

Alternative pulvermetallurgische Verfahrensrouten zur Herstellung von Bauteilen aus Leichtmetall
Workshop »Möglichkeiten der Pulvermetallurgie zur Herstellung von Aluminiumbauteilen«
Dresden
6.5.2010

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

Microstructure and mechanical properties of an Al-Si alloy consolidated by spark plasma sintering
WorldPM 2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

J. Schwenzel

Fraunhofer IFAM project group: Electrical energy storage objectives and structure
Symposium Next Generation Battery Materials
Hanse-Wissenschaftskolleg
Delmenhorst
17.–19.6.2010

**T. Seemann, I. Dékány,
B. H. Günther, V. Zöllmer,
A. Richardt, M. Busse**
Preparation of nano disper-
sions with photo catalytically
active titania via reactive gas
flow sputtering
9th International Conference
on Reactive Sputter Deposi-
tion 2010
Ghent, Belgien
9./10.12.2010

S. Simon
Qualitätsmanagement in der
Klebtechnik und Faserver-
bundtechnologie
Workshop »Innovative Kleb-
technik«
Essen
16.9.2010

S. Simon
Einstieg in die Rotorblattferti-
gung als »FVK-Praktiker/in«
Workshop »Qualifizierung in
der Windenergiebranche«
Husum
25.9.2010

**J. Skupin, R. Wilken,
M. Kalms, C. von Kopylow,
P. Huke**
»Breakable« Adhesive Bonds
for qualification of NDT meth-
ods
5th Dresden Airport Seminar
Dresden
3./4.11.2010

**V. Stenzel, Y. Wilke,
W. Hage**
Drag-Reducing Paints for the
Reduction of Fuel Consumpti-
on in Aviation and Shipping
Coatings Science International
Noordwijk, Niederlande
28.6.–2.7.2010

V. Stenzel
Anti-icing: Surfaces, Technical
Approaches and Status
European Coatings Confe-
rence »Smart Coatings« 2010
Berlin
10./11.11.2010

V. Stenzel
Advanced Surface Technology
for Wind Turbines – What can
be learned from the Aviation
Industry?
DEWEK-Tagung
Bremen
17./18.11.2010

**V. Stenzel, A. Brinkmann,
S. Buchbach**
Improving the Performance
of Polyurethane Coatings by
Elastomer-Modification
ECC »Polyurethanes for High
Performance Coatings«
Berlin
8.12.2010

**A. Stolle, B. Ondruschka,
W. Bonrath, I. Morgenthal,
O. Andersen**
Metallic short fibers for the
liquid-phase oxidation of
secondary alcohols
XXXIII. Jahrestreffen
Deutscher Katalytiker 2010
Weimar
10.–12.3.2010

T. Studnitzky
Manufacturing of 3-D-micro-
structures with screen printing
Innovationsforum für Mikro-
technik
Villingen-Schwenningen
23.2.2010

**T. Studnitzky, G. Stephani,
S. Kaina**
3-D-Drahtstrukturen als
Leichtbauwerkstoff
Forum Messe Eurolite
Nürnberg
8.–10.6.2010

**T. Studnitzky, A. Strauß,
P. Helm, J. Wartmann**
Optimizing fuel cell parts
by using 3-D screen printed
metals
First international conference
on materials for energy
Karlsruhe
5.–8.7.2010

**T. Studnitzky,
E. Kieselstein,
W. Hufenbach,
D. Weck, R. Gottwald,
G. Stephani, S. Kaina**
Cellular metals based on wire
structures
CELLMAT 2010
Dresden
27.–29.10.2010

**T. Studnitzky, A. Strauß,
O. Andersen, G. Stephani,
G. Walther, P. Quadbeck,
J. Trapp, B. Kieback**
Suspensions- und Pastentech-
nologie zur Herstellung von
PM-Werkstoffen und Bauteilen
Hagener Symposium für
Pulvertechnologie
Hagen
25./26.11.2010

T. Studnitzky
3-D-Siebdruck als generatives
Fertigungsverfahren
Euromold
Frankfurt
1.–4.12.2010

**H. Sturm, E. Brauns,
T. See-mann, V. Zöllmer,
W. Lang**

A highly sensitive catalytic gas sensor for hydrogen detection based on sputtered nanoporous platinum
Eurosensors XXIV
Linz, Österreich
5.–8.9.2010

S. Vasic

Prüfstand für den automobilen elektromotorischen Antriebsstrang
Workshop E-Mobility
Bremen
15.2.2010

S. Vasic

In-situ Charakterisierung gasflussgesputterter Pt-Katalysatoren
Fraunhofer IFAM-Doktorandenseminar
Bremen
6.12.2010

S. Vasic

Prüffeld für den elektromotorischen Antriebsstrang auf Basis fiktiver und realer Fahrzyklen
Workshop Test- und Prüfprogramme für Elektrofahrzeuge
Fraunhofer-Forum
Berlin
14.12.2010

**Á. Veres, L. Janovák,
I. Dékány, T. Seemann,
V. Zöllmer, A. Richardt**

Photocatalytic degradation of ethanol on TiO₂ thin hybrid films supported by inorganic materials
6th European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA6)
Prag, Tschechische Republik
13.–16.6.2010

K. Vissing, M. Ott

Oberflächenmodifikation von (Silikon-)Elastomeren
IKV-Fachtagung »Silikonkautschuke«
Aachen
15./16.9.2010

G. Walther, B. Klöden,

B. Kieback, R. Poss,

Y. Bienvenu, J.-D. Bartout

A New PM Process for Manufacturing of Alloyed Foams for High Temperature Applications
WorldPM 2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

**G. Walther, L. Thompson,
D. Han, B. Klöden,
P. Rasmussen, P. Pande**

Integration of high surface area Carbide/Nitrides with 3-D metal foams for high performance supercapacitors, and their fabrication methods thereof
Technical Conference »Towards Carbon Neutral Vehicles«
Plymouth, Michigan, USA
21.10.2010

G. Walther

Superkondensatoren
Fraunhofer IFAM-Seminar
Dresden
3.12.2010

J. Weise, D. Ruparelia,

M. Wichmann, J. Baumeister
Investigation of the mechanical behaviour of particulate aluminium-epoxy hybrid foams in dependence upon the metal and polymer content
Cellmat 2010
Dresden
27.–29.10.2010

J. Weise, G. Derner Silva,

N. Salk, J. Baumeister,

M. Bayoumi

Deformation behaviour of syntactic iron – micro glass bubble foams
Cellmat 2010
Dresden
27.–29.10.2010

T. Weißgärber

Einführung in die Pulvermetallurgie
Winterschool
Thale
1.–5.3.2010

T. Weißgärber

Möglichkeiten und Trends der Pulvermetallurgie
Symposium Bayern Innovativ
Augsburg
24.3.2010

T. Weißgärber

Sintern von Aluminium
Workshop »Sinter-Aluminium«
Dresden
15.4.2010

T. Weißgärber

Molybdenum alloys prepared by powder metallurgy
CIMAT Workshop
Santiago de Chile, Chile
4.2010

T. Weißgärber

Self passivating tungsten alloys prepared by powder metallurgy
WorldPM 2010
Florenz, Italien
10.–14.10.2010

**M. Wetjen, A. Wittstock,
D. Fenske, M. Bäumer**

Construction of a cyclic voltammetry measurement cell and characterization of carbon-based substrates
Symposium Next Generation Battery Materials
Hanse-Wissenschaftskolleg
Delmenhorst
17.–19.6.2010

R. Wilken

Plasmagestützte Abscheidung von Funktionsbeschichtungen für den industriellen Einsatz
Anwender-Konferenz »Resourceneffizienz durch innovative Werkstoffsysteme«
GITZ – Geesthacht
20.9.2010

R. Wilken, P. Prochnow

Development of Release Coatings by Plasma Polymerization
Pressekonferenz Plasmatreat, Messe K 2010
Düsseldorf
20.10.2010

R. Wilken

Functional Surfaces by Plasma technology
Pressekonferenz Fraunhofer POLO, Messe K 2010
Düsseldorf
20.10.2010

**A. Wiltner, B. Klöden,
T. Weißgärber**

Status Report Work Package 3
»Optimisation of solid state processing«
6th month SILTRANS Projekt-treffen
Wien, Österreich
22./23.3.2010

**A. Wiltner, B. Klöden,
T. Weißgärber**

Status Report Work Package 3
»Optimisation of solid state processing«
12th month SILTRANS Projekt-treffen
Neustadt/Weinstraße,
Deutschland
4.–6.10.2010

**F.-J. Wöstmann, M. Busse,
H. Pleteit, F. Horch,
A. Kock, M. Gröninger**

Hub motor development for future car concepts
VDE-Kongress E-Mobility
Leipzig
8./9.11.2010

V. Zöllmer

Functional printing – Maskless deposition of functional structures
Kolloquium der Technischen Fakultät Universität zu Kiel
Kiel
29.11.2010

Patente

Erteilungen

P. Jörn, U. Eberth

**Verfahren zum Herstellen
textiler Vorformlinge aus
textilen Halbzeugen**

EP 1 342 554 B1

3.2.2010

D. Salz, K.-D. Vissing,
P. Steinrücke, M. Wagener

Schichtmaterial

AU 2004 290 901 B2

11.2.2010

S. Dieckhoff, R. Wilken

**Verfahren und Vorrichtung
zur Beschichtung oder
Modifizierung von Ober-
flächen**

EP 1 654 397 B1

10.3.2010

K.-D. Vissing, G. Ellinghorst,
G. Neese

**Artikel mit plasmapoly-
merer Beschichtung und
Verfahren zu dessen Her-
stellung**

CA 2,451,726

23.3.2010

V. Stenzel, M. Kaune,
da Silva Branco Cheta,
R. Marta

**Werkzeug zur Erzeugung
von mikrostrukturierten
Oberflächen**

US 7,736,570 B2

15.5.2010

J. Weise, M. Haesche,
K. Nestler

**Poröse Verbundwerkstoffe
auf Basis eines Metalls und
Verfahren zu seiner Her-
stellung**

DE 10 2005 037 069

13.10.2009 (18.3.2010)

Ehrungen und Preise

V. Stenzel, Y. Wilke, M. Peschka

Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2010

Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft 2010

Thema: Haifischhaut-Lacksystem: Entwicklung von Riblet-Lack und Applikationsverfahren

Leipzig

19.5.2010

V. Stenzel

CoSi Innovation Award 2010

Coating Science International Conference

Thema: Drag-Reducing Paints for the Reduction of Fuel Consumption in Aviation and Shipping

Noordwijk, Niederlande

1.7.2010

A. Brinkmann, A. Zockoll

Farbe und Lack-Preis 2010

75. Jahrestagung der Gesellschaft deutscher Chemiker (GDCh), Fachgruppe Lackchemie

Thema: Stabilisierung von Korrosionsschutzpigmenten – Schutz von Zink- und Magnesiumpigmenten in wasserverdünnbaren Systemen

Wernigerode

23.9.2010

L. Röntzsch

E.ON Research Award 2010

Gemeinschaftsprojekt Fraunhofer IFAM Dresden und Zentrum für Brennstoffzellen Technik (ZBT) GmbH Duisburg: »Metal hydride

heat storage system for continuous solar power generation«

Berlin

25.9.2010

K. Brune

FTK-Nachwuchspreis

Fertigungstechnologie Kleben »Kleben im Leichtbau bewegter Massen«

Thema: Oberflächen-Monitoring im Bereich der Klebtechnischen Reparatur von CFK-Bauteilen

Stuttgart

7.10.2010

B. Kieback

Skaupy-Preis 2010

29. Hagener Symposium Pulvermetallurgie

Hagen

25.11.2010

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. rer. nat. 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
Winterbergstraße 28
01277 Dresden
Telefon +49 351 2537-300
www.ifam-dd.fraunhofer.de

Herausgeber

© Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM

ISSN 1439-6009 | Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit Genehmigung der Redaktion.

Koordination und Redaktion

Martina Ohle
Anne-Grete Becker

Mitarbeit

Kirsten Bögner
Cornelia Müller
Stephanie Uhlich

Externe Dienstleister

Text Vorwort

Kai-Uwe Bohn

Foto

PR Fotodesign: Britta Pohl, Jochen Röder; Dirk Mahler

Satz und Layout

Gerhard Bergmann, SOLLER Werbestudios GmbH

Druck und Verarbeitung

ASCO STURM DRUCK GmbH

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