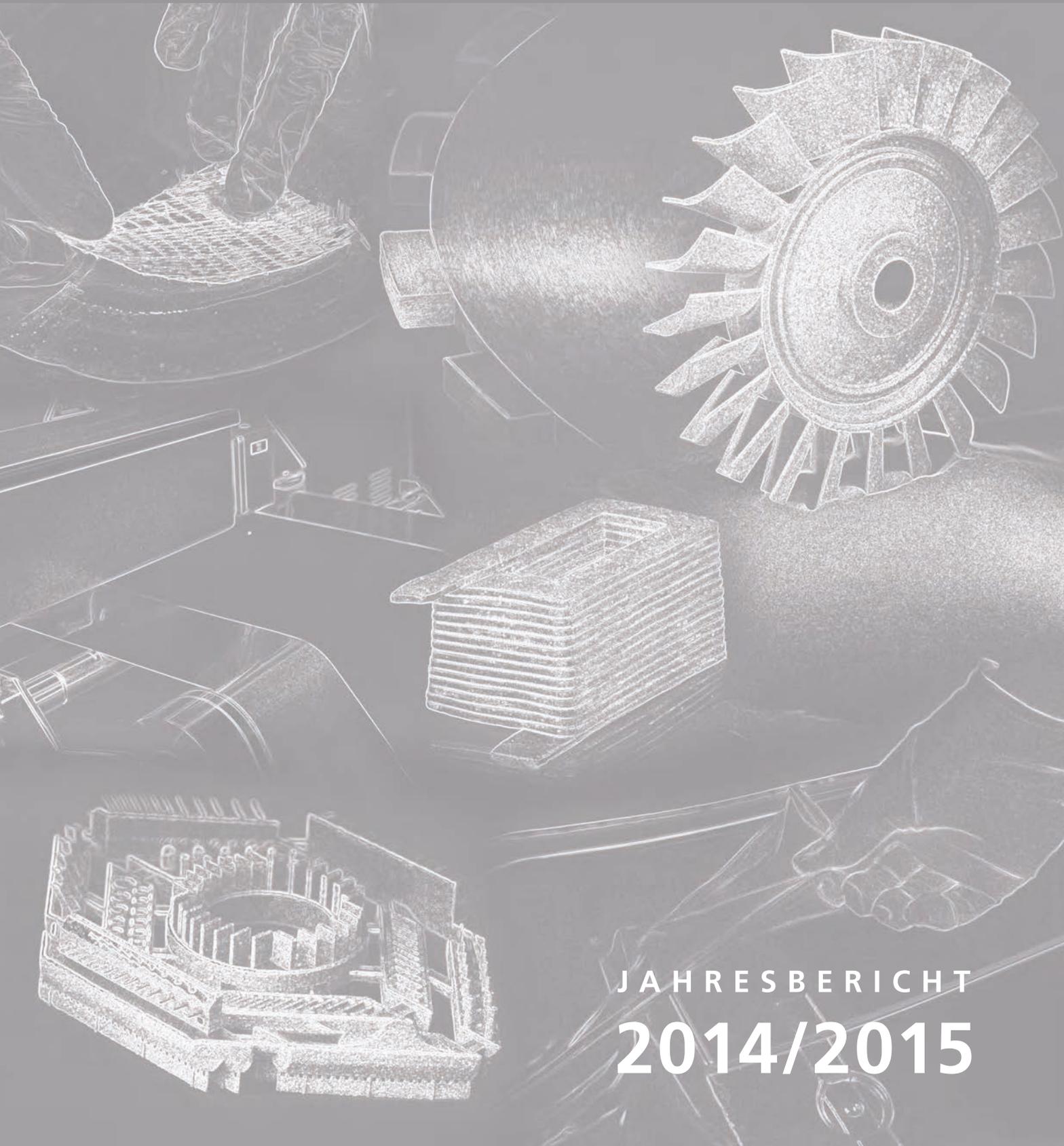




Fraunhofer

IFAM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM



JAHRESBERICHT
2014/2015

JAHRESBERICHT
2014/2015

VORWORT

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

2014 war für das Fraunhofer IFAM ein erfolgreiches, sehr aktives und ereignisreiches Jahr. Durch die konsequente Stärkung unserer sieben wissenschaftlich-technologischen Kernkompetenzen ist es gelungen, das hohe Ertragsniveau der vergangenen Jahre beizubehalten und die starke Position des Instituts am Forschungsmarkt weiter auszubauen. Wir können auf wichtige Preise, zahlreiche neue Forschungsergebnisse und den Start einiger interessanter Projekte zurückblicken. Unser besonderer Dank geht an all diejenigen, deren Leistung und Engagement diese Erfolge ermöglichen: an unsere Auftraggeber aus der Industrie und der öffentlichen Förderung, an unsere Partner aus Forschung und Entwicklung sowie insbesondere an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IFAM.

Im Mittelpunkt aller Aktivitäten standen auch 2014 die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, immer mit dem Ziel, unseren Kunden zuverlässige und anwendungsorientierte Lösungen zu liefern. Unsere Produkte und Technologien adressieren vor allem Branchen mit besonderer Bedeutung für die Zukunftsfähigkeit: Energie und Umwelt, Automotive, Luftfahrt sowie Medizintechnik und Life Sciences. Zur Realisierung dieser Aufgabe arbeiten 589 hoch qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter projekt- und themenbezogen zusammen.

Ein wichtiger Faktor für den Erfolg des Instituts sind zukunftsorientierte Investitionen. Um unseren Kunden in der Anti-Eis-Forschung realitätsnahe Testbedingungen zu ermöglichen, wurde ein 90 Kubikmeter großes Eislabor mit integriertem Vereisungswindkanal aufgebaut. Das Fraunhofer IFAM hat damit einen weiteren Meilenstein zum Prüfen von Anti-Eis-Beschichtungen und neuartigen Enteisungstechnologien

erreicht. Eine Erweiterung des Equipments gab es auch in der Abteilung Werkstoffe und Bauweisen: Die neue servo-hydraulische Schnellzerreißmaschine eignet sich zur Prüfung von Klebverbindungen, Werkstoffen und Strukturelementen unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten und ist sowohl für die Fahrzeug- als auch für die Luftfahrtindustrie interessant. Die Installation einer hochmodernen 3D-Siebdruckanlage sowie einer flexiblen Fertigungslinie für das Functional Printing erweitert die Kompetenz im Bereich der generativen Fertigung. Die Anlagen sind ausgelegt für die schnelle Produktion von komplexen und funktionalisierten Bauteilen in einer breiten industriellen Anwendung.

Weitere strategisch wichtige Entwicklungen verzeichnen wir in unseren Kerngeschäftsfeldern. Dem Geschäftsfeld »Energie und Umwelt« zugeordnet ist die Projektgruppe Elektrische Energiespeicher in Oldenburg. Sie hat nach fünfjähriger Pilottätigkeit die Anerkennung für ihre ausgezeichnete Arbeit bekommen. Eine Evaluierung durch angesehene Gutachter hat die Ausrichtung der Projektgruppe bestätigt: Die Ansätze für die Entwicklung neuartiger Batterien wurden durchgehend gelobt. Die Projektgruppe ist demnach als ein fester Bestandteil des Fraunhofer IFAM bestätigt worden.

Unterstützt wird dieser Forschungsbereich durch eine 2014 ins Leben gerufene, kooperative Nachwuchsgruppe zwischen der Universität Bremen und dem Fraunhofer IFAM im Rahmen der Exzellenzinitiative. Das Forscherteam hat das Ziel, neue Funktionswerkstoffe für Festkörperbatterien zu entwickeln. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Grundlagenforschung können auf diesem Weg direkt in die Praxis umgesetzt werden.

Die neu aufgestellte Arbeitsgruppe »Elektrische Antriebe« bildet eine fachliche Schnittstelle zum Geschäftsfeld »Automotive«. Das Team beschäftigt sich mit der gesamten Entwicklungskette prototypischer Antriebe – von der Konzeption über die Herstellung bis hin zur Prüfung und ergänzt das Thema Elektromobilität am Institut. Um die Anwendung Elektromotoren drehen sich auch die Forschungsaktivitäten im Leitprojekt

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



»Kritikalität Seltener Erden« der Fraunhofer-Gesellschaft. Zielsetzung ist die Reduktion des in Magnetwerkstoffen verwendeten Dysprosiums um 50 Prozent bei identischer Leistungsfähigkeit des Motors. Das Fraunhofer IFAM arbeitet hierzu an Themen wie der Net-Shape-Produktion für anisotrope hochremanente NdFeB-Magnete sowie der magnetischen Simulation unterschiedlicher Motorkonzepte.

Im neu gegründeten Fraunhofer-Projektzentrum in Wolfsburg arbeiten drei Institute der Gesellschaft unter der Federführung des Fraunhofer IFAM eng verzahnt mit Forschungseinrichtungen und Unternehmen der Region an nachhaltigen Material- und Antriebskonzepten für die mobile Zukunft. Die Kooperationspartner bündeln ihre Kompetenzen, um die Entwicklungen zu ressourcenschonenden und kostengünstigen Leichtbaukomponenten rasch in die Großserie zu transferieren. Die Forschungsergebnisse sollen auch für Windkraftanlagen, Flugzeuge und weitere Transportmittel nutzbar gemacht werden.

Das Geschäftsfeld »Luftfahrt« erlebte 2014 einen weiteren Aufschwung: Im »CleanSky«-Projekt der europäischen Luftfahrtindustrie war das Fraunhofer IFAM in den letzten Jahren zu Themen wie der Reparatur von CFK-Bauteilen sowie Beschichtungstechnologien zur Reduzierung des aerodynamischen Widerstands erfolgreich aktiv. 2014 hat die Europäische Kommission die Fortsetzung dieses Großprojekts beschlossen. In »CleanSky II« werden wir gemeinsam mit der Flugzeugindustrie sowie ihren Zulieferern an den herausfordernden Zielen für die Luftfahrt der Zukunft arbeiten. Aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen werden Lösungen aus dem Bereich der Oberflächentechnologie zur Anwendungsreife entwickelt. Mit unseren Kompetenzen zum automatisierten Fügen werden wir einen wichtigen Beitrag für die zukünftigen Flugzeugmontageprozesse leisten.

Ein wirklicher Durchbruch konnte im Geschäftsfeld »Medizintechnik und Life Sciences« verzeichnet werden. Im Projekt »mediNiK« wurde ein biokompatibler medizinischer Klebstoff zur Entfernung von Nierensteinresten für die endoskopische

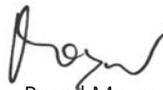
Therapie entwickelt. Der Vorteil der »mediNiK«-Technologie: Die Klebstoffapplikation kann ohne neues Instrumentarium oder zusätzliche Verfahrensschritte in bisherige endoskopische Operationsverfahren integriert werden. Die selektive Adhäsion des Klebstoffs sorgt für ein Verkleben der ansonsten in der Niere verbleibenden Steinfragmente, ohne am Nierengewebe oder am Endoskop haften zu bleiben. Auf diese Weise können erstmals alle Steinfragmente sicher entfernt werden.

In dem Projekt arbeiten die Forscher eng mit der Klinik für Urologie des Universitätsklinikums Freiburg zusammen. Das neue Produkt soll in den nächsten vier bis fünf Jahren zur Marktreife geführt werden. Im Rahmen der Gründungsinitiative Biotechnologie GO-Bio wird das Vorhaben durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt.

Neben der Anwendungsorientierung, die in Projekten mit Partnern aus verschiedenen Industriezweigen ihren Ausdruck findet, ist auch wissenschaftliche Exzellenz in unseren Kernkompetenzen eine zentrale Leitlinie des Instituts. Die Forschungsleistung und das große Engagement unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter spiegeln sich in zahlreichen Publikationen, Best-Paper- oder Poster-Awards wider. Es freut uns sehr, dass ihr Einsatz und Ideenreichtum jedes Jahr durch angesehene nationale und internationale Auszeichnungen gewürdigt wird. An dieser Stelle seien stellvertretend der Joseph-von-Fraunhofer-Preis für Entwicklungen im Bereich »Kleben mit vorappliziertem Klebstoff« sowie der »Academic R&D Award« für gedruckte Thermogeneratoren genannt.

Im vorliegenden Jahresbericht haben wir eine Auswahl der wichtigsten Entwicklungen des Fraunhofer IFAM für Sie zusammengestellt. Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Lesen und freuen uns auf einen spannenden Austausch sowie eine weiterhin erfolgreiche Zusammenarbeit.


Matthias Busse


Bernd Mayer

INHALT

VORWORT

2

DAS INSTITUT IM PROFIL

Kurzporträt und Organigramm	6
Das Institut in Zahlen	7
Formgebung und Funktionswerkstoffe	9
Klebertechnik und Oberflächen	13
Arbeitsgebiete und Ansprechpartner	17
Das Kuratorium des Instituts	25
Die Fraunhofer-Gesellschaft	26
Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS	29
Fraunhofer-Allianzen	30
Fraunhofer Academy	31
Qualitätsmanagement	33

INTERNATIONALISIERUNG

Internationale Kooperationen	34
------------------------------	----

METALLISCHE SINTER-, VERBUND- UND ZELLULARE WERKSTOFFE

Kernkompetenz	37
Metallische Implantatwerkstoffe – hochporös und degradierbar	38
Hocheffiziente Elektroden-Materialien für gaserzeugende Reaktionen	39

PULVERTECHNOLOGIE

Kernkompetenz	41
Pulvermetallurgische Fertigung für Münzen mit brillianten Oberflächen	42

GIESSEREITECHNOLOGIE

Kernkompetenz	45
Spulen aus Aluminium statt Kupfer – günstig, leicht und effizient	46
Hightech aus Salz – gegossene Salzkerne mit komplexer Geometrie	47

KLEBTECHNIK

Kernkompetenz	49
PASA®-Technologie – Nicht nur für die Automobilindustrie	50
mediNiK: Klebstoff zum Entfernen von Nierensteinfragmenten	51



OBERFLÄCHENTECHNIK

Kernkompetenz	53
Funktionale Klebebänder zur lokalen Vorbehandlung von Aluminium	54
Qualitätssicherung von Riblet-Oberflächen	54
Anti-Eis-Technologien	55
Korrosion(svermeidung) von historischen Orgelpfeifen	55
Integration gedruckter Sensoren in Verbundwerkstoffe	55

FASERVERBUNDWERKSTOFFE

Kernkompetenz	57
Automatisierte Montage von CFK-Rümpfen im Flugzeugbau	58

ELEKTRISCHE KOMPONENTEN UND SYSTEME

Kernkompetenz	61
Stromversorgung: Erneuerbare Energien effizient integrieren	62
Radnabenantriebe bestehen umfangreiche Fahrtests	63

GESCHÄFTSFELDER

Branchenspezifische Lösungen	64
------------------------------	----

MENSCHEN UND MOMENTE

Kleben will gelernt sein:	66
20 Jahre »Klebtechnisches Zentrum«	66
Neuer Vereisungswindkanal ermöglicht realitätsnahe Tests	67
Weltweit modernste Anlage im 3D Metal Printing in Betrieb genommen	68
Niedersachsens Ministerpräsident zu Besuch im CFK NORD	69
»Junior-Ingenieur-Akademie« in Kooperation mit Mercedes-Benz Werk	70
Joseph-von-Fraunhofer-Preis für vorapplizierbaren Klebstoff	71
SURFAIR Award for Innovation für Anodisierklebebänder	72
»Academic R&D Award« für gedruckte Thermogeneratoren	73

NAMEN | DATEN | EREIGNISSE

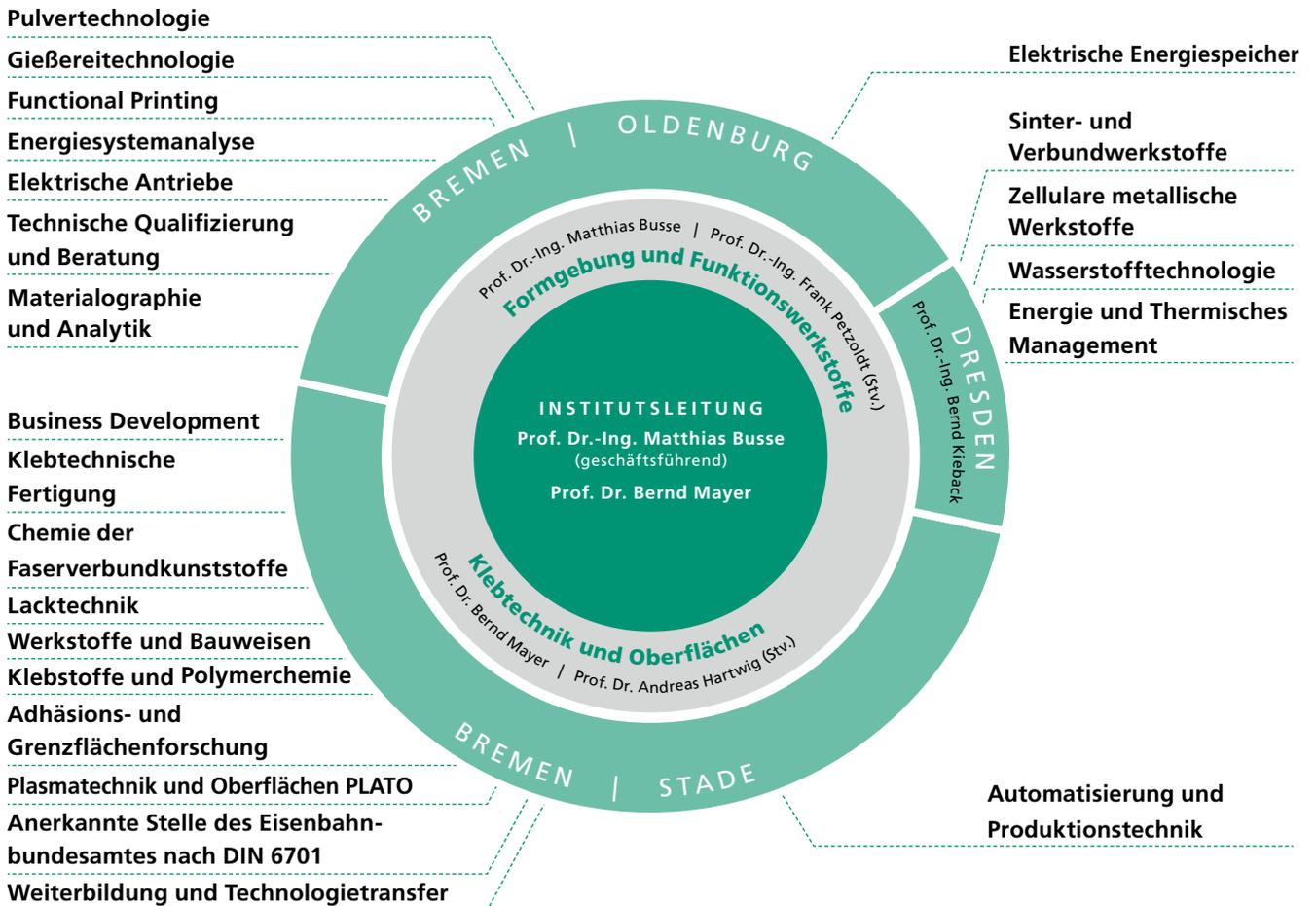
Überblick	75
Impressum	76

KURZPORTRÄT UND ORGANIGRAMM

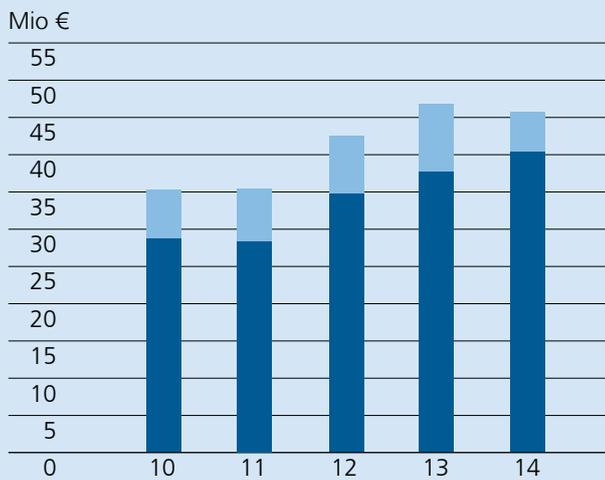
Das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM wurde 1968 als Arbeitsgruppe für angewandte Materialforschung gegründet und 1974 als Institut in die Fraunhofer-Gesellschaft eingegliedert. Als Vertragsforschungsinstitut mit neuen Schwerpunkten und systematischer Erweiterung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

Seit 2003 leitet Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse als geschäftsführender Institutsleiter den Bereich Formgebung und Funktionswerkstoffe. Prof. Dr. Bernd Mayer leitet seit 2010 als Mitglied der Institutsleitung den Bereich Klebtechnik und Oberflächen.

In den beiden Institutsbereichen Formgebung und Funktionswerkstoffe sowie Klebtechnik und Oberflächen zählt das Institut als neutrale, unabhängige Einrichtung zu den größten in Europa. 2014 betrug der Gesamthaushalt des Fraunhofer IFAM 45 Millionen Euro, beschäftigt waren 589 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

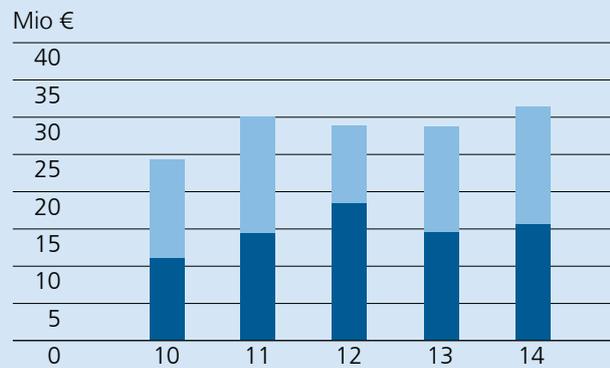


Betriebs- und Investitionshaushalt 2010–2014



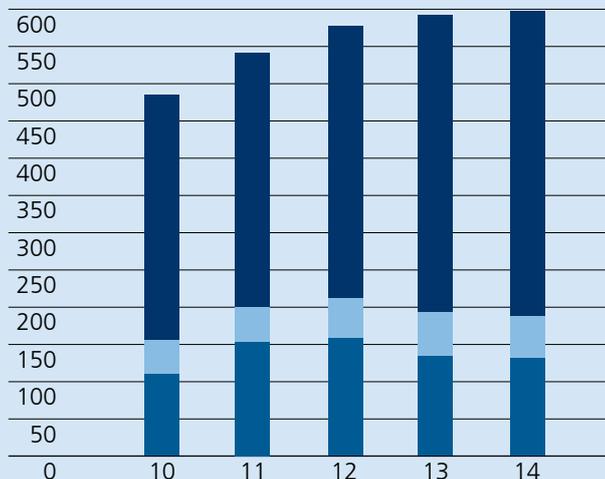
■	Betriebshaushalt	39,8 Mio €
■	Investitionshaushalt	5,2 Mio €

Erträge 2010–2014



■	Wirtschaftserträge	15,4 Mio €
■	Bund/Land/EU/Sonstige	15,5 Mio €

Personalentwicklung 2010–2014



Personalstruktur 2014

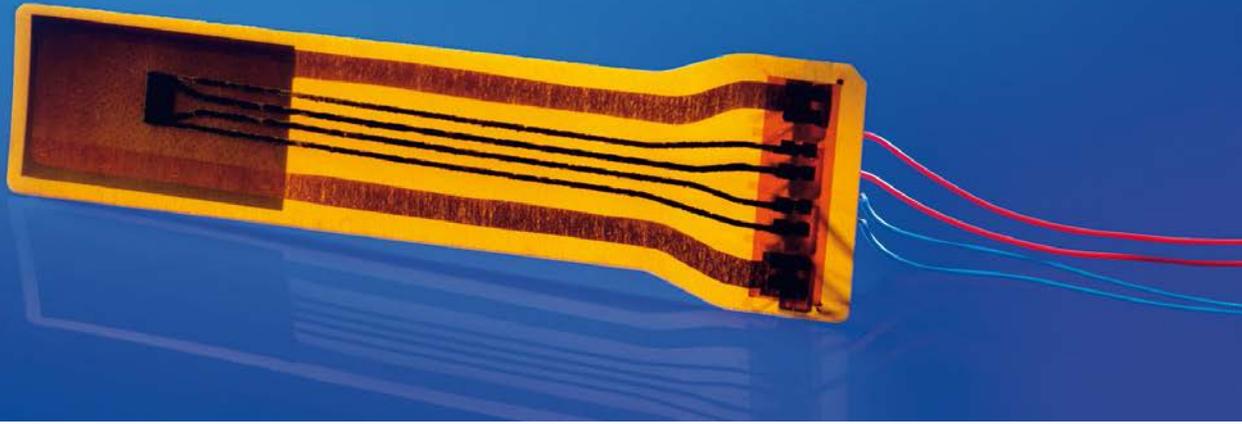
Am 31. Dezember 2014 waren am Fraunhofer IFAM an den Standorten Bremen, Dresden, Oldenburg und Stade insgesamt 589 Personen tätig.

■	Wissenschaftlich-technisches Personal	404
■	Verwaltung/IT/Service	56
■	Hilfskräfte/Studenten	129
■	Mitarbeiter Gesamt	589

■	Wissenschaftlich-technisches Personal
■	Verwaltung/IT/Service
■	Hilfskräfte/Studenten

DAS INSTITUT IM PROFIL





FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

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

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

Das Spektrum der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten reicht von anwendungsorientierter Grundlagenforschung bis hin zur Umsetzung in Produkte, der Unterstützung bei der Fertigungseinführung und der Mitarbeit an kurzfristig zu lösenden Fragestellungen.

Ein großer Schwerpunkt liegt dabei auf den modernen, pulverbasierten Fertigungsverfahren wie dem Metallpulverspritzguss und der generativen Fertigung, die in der Industrie zunehmend Anwendung bei der Herstellung von geometrisch anspruchsvollen Bauteilen aus zahlreichen metallischen Legierungen finden. Insbesondere bei der generativen Fertigung bietet das Fraunhofer IFAM ein breites Spektrum von Anlagentechnik sowohl für binderlose Verfahren wie Selective Laser Melting und Electron Beam Melting als auch für den binderbasierten 3D-Druck.

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.

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.

Die robotergestützte Fertigungsstraße für die Funktionalisierung von Bauteilen und Oberflächen ist ein weiterer wichtiger

- 1 *Extrudiertes Profil aus einem elektrisch und thermisch leitfähigen Polymer-Komposit.*
- 2 *Auf Vlies gedruckter Temperatursensor in Verbundwerkstoff integriert (in Kooperation mit INVENT GmbH).*

Schritt bei der Umsetzung und Einführung von Sensorintegration mittels Drucktechniken in die automatisierte industrielle Produktion.

Mit modernster Gießereieinrichtung und Analytik sowie einem umfassenden Know-how zur Verarbeitung von Metalllegierungen in verschiedenen Gießverfahren hat sich das Fraunhofer IFAM zukunftsweisend im Markt positioniert. Das Gießereitechnikum beinhaltet die Gießverfahren Druckguss, Niederdruckguss sowie Feinguss und – einzigartig in Europa – eine komplette Lost Foam-Anlagentechnik.

Thematische Schwerpunkte sind insbesondere das Hybridgießen zur Kombination verschiedenartiger Materialien und Strukturen mit Guss. Durch gießtechnische Integration von Faser- oder Drahtstrukturen werden mechanische Eigenschaften oder das Crashverhalten von Gussteilen gezielt beeinflusst und optimiert. Die CAST^{TRONICS}[®]-Technologie ermöglicht das direkte Eingießen elektronischer Funktionselemente, z. B. von Sensoren oder RFID-Transpondern zur Gussteilkennzeichnung. Die neueste Entwicklung stellen die gegossenen Spulen für elektrische Motoren dar, deren hoch komplexe Geometrien erst durch die Gießtechnik realisierbar werden und die bisher ungeahnte Möglichkeiten zur Steigerung von Leistung und Wirkungsgrad bieten.

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

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.

Für Entwicklung, Aufbau und Erprobung von Komponenten für Elektrofahrzeuge und deren Integration in Systeme umfasst das Angebot des Fraunhofer IFAM 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 standardisierten bzw. realen Fahrzyklen. Darüber hinaus wird das Angebot um die Entwicklung und Erprobung neuartiger Wasserstoffspeicher und deren Integration in brennstoffzellenbasierte Energie- und Antriebssysteme erweitert.

Weiterhin werden die Themen erneuerbare Energien, Kraft-Wärme-Kopplung, energieeffiziente Gebäude sowie Wärme- und Stromnetze adressiert.

Technische Weiterbildung und Beratung sowie das Angebot von auf spezifische Kundenwünsche ausgerichteten Schulungen wird kontinuierlich erweitert.



Perspektiven

Fortschritte in der Materialentwicklung und Produktionstechnik sind nach wie vor ein wichtiger Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie. Hierzu verfolgt das Fraunhofer IFAM vielseitige Ansätze in den verschiedensten Themengebieten. So soll beispielsweise im Fraunhofer Leitprojekt »Kritikalität Seltener Erden« an zwei Fallbeispielen von Permanentmagneten in Elektromotoren demonstriert werden, wie der spezifische primäre Bedarf an schweren Seltenen-Erden-Elementen halbiert werden kann bzw. diese später komplett ersetzt werden können. Für die Medizintechnik werden Werkstoffentwicklungen für lasttragende und degradierbare Implantate vorangetrieben.

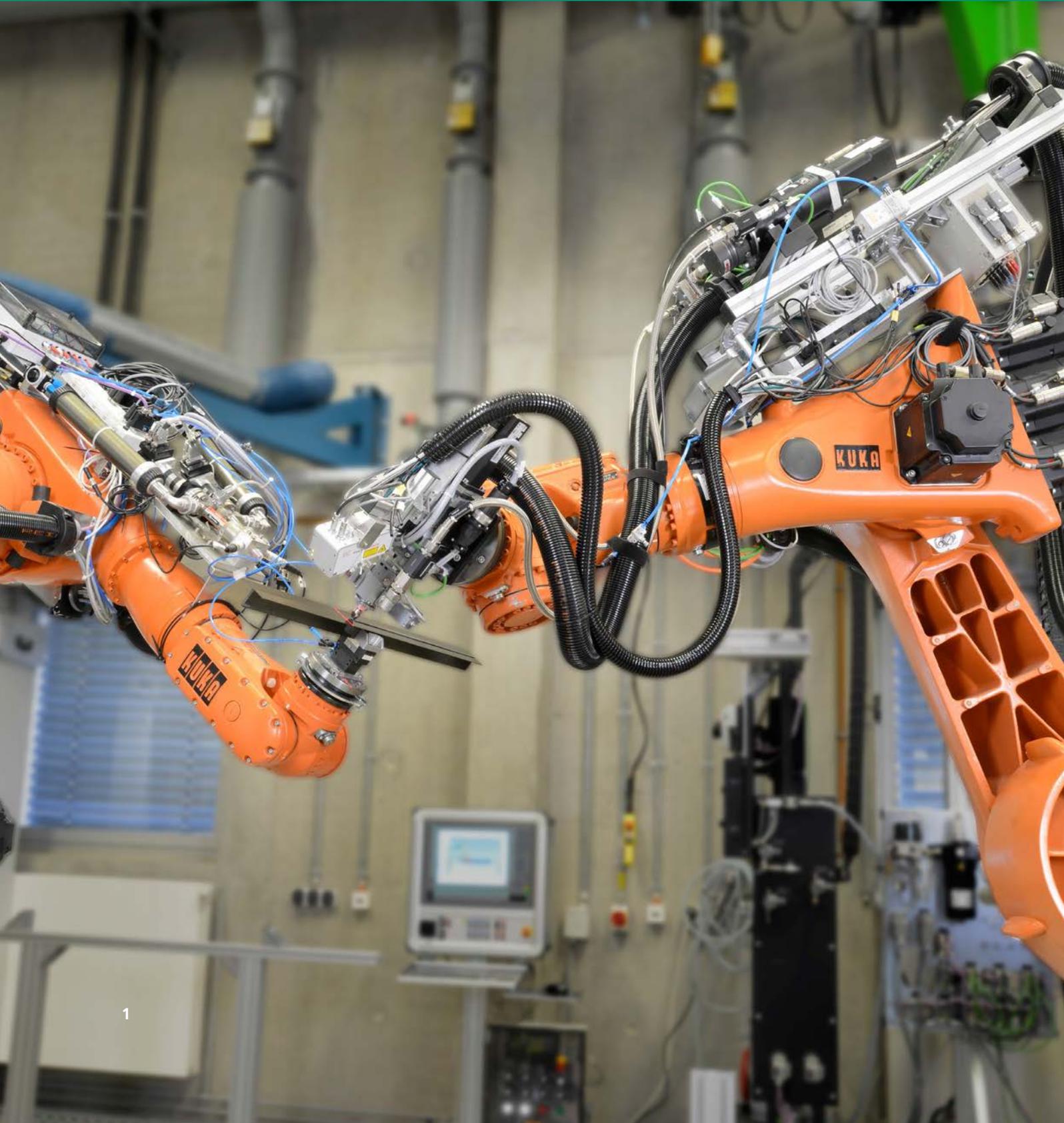
Im Rahmen des Projektes »Harvest« der Fraunhofer-Zukunftsstiftung wird gemeinsam mit dem Fraunhofer ISE an der Entwicklung und Optimierung metallischer Wärmeübertragungsstrukturen auf der Basis von zellularen metallischen Werkstoffen und metallischen Faserstrukturen gearbeitet.

Auch dem wachsenden Interesse der Industrie an generativen Fertigungstechnologien wird am Fraunhofer IFAM weiter Rechnung getragen. In den kommenden zwei Jahren wird das am Institut bereits bestehende Technikum um weitere Anlagen ergänzt und damit die Qualifizierung von generativen Verfahren auch für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt ermöglicht.

Arbeitsschwerpunkte

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

3 Demonstrator für einen Schulteranker aus Eisen-Tricalciumphosphat (FE-TCP).





KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN

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

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

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

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

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

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

- 1 *Kooperierende Roboter beim Klebstoffauftrag.*
- 2 *Außenansicht des Eislabors mit integriertem Windkanal.*

Der gesamte Institutsbereich Klebtechnik und Oberflächen ist nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert, die Prüflaboratorien Werkstoffprüfung, Korrosionsprüfung und Lacktechnik sind zusätzlich nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert. Das Klebtechnische Zentrum ist über DVS-PersZert® nach DIN EN ISO/IEC 17024 als akkreditierte Personalqualifizierungsstelle für die klebtechnische Weiterbildung international anerkannt. Es ist gemäß der Akkreditierungs- und Zulassungsverordnung Arbeitsförderung (AZAV) zugelassen. Auch das Kunststoff-Kompetenzzentrum ist nach AZAV zugelassen und erfüllt die Qualitätsanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17024. Die Anerkannte Stelle für die Beurteilung von Betrieben zur Eignung zum Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen nach DIN 6701-2 ist seit 2006 durch das EBA anerkannt.

Perspektiven

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

So ist die Klebtechnik im gesamten Fahrzeugbau eine schon länger eingeführte Technologie, deren Potenzial aber bei Weitem noch nicht ausgeschöpft wird. Leichtbau für den ressourcenschonenden Transport, Kleben in der Medizin und der Medizintechnik sowie der Einsatz von nanostrukturierten Materialien bei der Klebstoffentwicklung sind nur einige Beispiele. Um weitere Branchen für die Klebtechnik zu gewinnen, gilt für alle

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

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

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



Arbeitsschwerpunkte

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

3 Proben nach Schältest. Links: Kohäsion in der Klebschicht, rechts: Adhäsionsbruch durch Trennschicht an der Oberfläche.



Forschen
Entwickeln
Anwenden

ARBEITSGEBIETE UND ANSPRECHPARTNER

INSTITUTSLEITUNG

- Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse (geschäftsführend)
- Prof. Dr. Bernd Mayer

INSTITUTSBEREICH FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

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

INSTITUTSTEIL DRESDEN

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

INSTITUTSBEREICH KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN

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

ADHÄSIONS- UND GRENZFLÄCHENFORSCHUNG

Dr. Stefan Dieckhoff
Telefon +49 421 2246-469
stefan.dieckhoff@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/grenzflaechen

- Oberflächen- und Nanostrukturanalytik
- Korrosionsschutz und Elektrochemie
- Numerische Materialsimulation
- Qualitätssicherung – Überwachung von Oberflächeneigenschaften
- Nasschemische Vorbehandlung
- Schadensanalysen

ANERKANNTE STELLE DES EISENBAHN- BUNDESAMTES NACH DIN 6701-2

Dipl.-Ing. (FH) Frank Stein
Telefon +49 421 2246-655
frank.stein@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/DIN6701

- Informationen zur Betriebszertifizierung gem. DIN 6701 (»Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen«)
- Durchführung von Betriebsprüfungen und Zertifizierungen gem. DIN 6701
- Mitglied im Arbeitskreis Kleben DIN 6701

AUTOMATISIERUNG UND PRODUKTIONSTECHNIK

Dr. Dirk Niermann
Telefon +49 4141 78707-101
dirk.niermann@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/stade

- Automatisierte Montage von Großstrukturen bis in den 1:1-Maßstab
- Fügetechnik (Kleben, Shimmen, Dichten)
- Bearbeitungstechnik (Fräsen, Bohren, Wasserstrahl-schneiden)
- Automatisierungsgerechte Bauteilaufnahme
- Form- und Lagekorrektur von Großbauteilen
- Sensorgeführte Roboter mit hoher Positionier-genauigkeit
- Trennmittelfreie Herstellung von Faserverbund-bauteilen
- Herstellung prototypischer Bauteile und Strukturen
- Entwicklung von Anlagen und -komponenten

BUSINESS DEVELOPMENT

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

- Ansprechpartner für Gestaltung und Beantragung europäischer Forschungsprojekte
- Mitarbeit und Mitgestaltung in regionalen, nationalen und internationalen Branchennetzwerken
- Koordination von Großprojekten
- Focal Point für Großunternehmen

CHEMIE DER FASERVERBUNDKUNSTSTOFFE

Dr. Katharina Koschek
Telefon +49 421 2246-698
katharina.koschek@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/durocycle

- Kontrollierte Polymerisationen
- Grenzflächenreaktionen
- Neuartige Matrixsysteme
- Biobasierte Faserverbundkunststoffe

ELEKTRISCHE ANTRIEBE

Dipl.-Ing. Felix Horch
Telefon +49 421 2246-171
felix.horch@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/ea

- Entwicklung, Auslegung und Simulation elektrischer Antriebe
- Regelung, Steuergeräte- und Softwareentwicklung
- Prototypenfertigung für elektrische Antriebe
- Prüfung von Komponenten und Antrieben
- Fahrzeugintegration

ELEKTRISCHE ENERGIESPEICHER

Dr. Julian Schwenzel

Telefon +49 441 36116-262

julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/ees

- █ Zellchemie
- █ Metall-Luft-Batterien
- █ Pastenentwicklung und Elektrodenherstellung
- █ Zellenbau
- █ Elektrokatalyse
- █ Batterieteststände
- █ In-situ-Analytik
- █ Lebensdauer und Alterungsmechanismen

ENERGIESYSTEMANALYSE

Prof. Dr. Bernd Günther

Telefon +49 421 5665-401

bernd.guenther@ifam.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/esa

- Analysen, Potenzialstudien und Beratung zu
- █ Energieversorgung und Klimaschutz
 - █ Energieeffiziente Gebäude und Quartiere
 - █ Kraft-Wärme-Kopplung
 - █ Leitungsgebundene Wärmeversorgung
 - █ Digitale Wärmebedarfskarten
 - █ Energieeffizienz in Werkstoff-/Prozesstechnik
 - █ Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen
 - █ Wohnungswirtschaft und Elektromobilität
 - █ Systemintegration stationärer mobiler Speicher

ENERGIE UND THERMISCHES MANAGEMENT

Prof. Dr.-Ing. Jens Meinert

Telefon +49 152 56608698

jens.meinert@ifam-dd.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/etm

- █ Effiziente Speicherung von Wärme und Kälte
- █ Entwicklung von Hochleistungs-Latentwärmespeichern
- █ Optimierung von Wärmetransportvorgängen
- █ Zellulare Metalle in kompakten Wärmeübertragern
- █ Strukturierung von Verdampferoberflächen
- █ Thermomanagement Wärme erzeugender Bauteile
- █ Mathematische Modellierung des Wärmetransportes
- █ Simulation von Schmelz- und Erstarrungsvorgängen
- █ Messung thermischer Stoff- und Transportgrößen
- █ Untersuchung energietechnischer Komponenten

FUNCTIONAL PRINTING

Dr. Volker Zöllmer

Telefon +49 421 2246-114

volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/printing

- █ Gedruckte Elektronik
- █ Aufbau- und Verbindungstechnik
- █ Sensorintegration
- █ Verdruckbare Tinten und Pasten
- █ (Nano-)Komposite und Funktionswerkstoffe
- █ Energy Harvesting
- █ Funktionsintegration
- █ Digitale Fertigung
- █ Teilautomatisierte Fertigung

GIESSEREITECHNOLOGIE

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

- Druckguss (Aluminium, Magnesium, Zink) mit Kalt- und Warmkammer
- Lost Foam-Verfahren
- Niederdruckguss
- Feinguss
- Verlorene Kerne, komplexe Geometrien
- Funktionsintegration/CAST^{TRONICS}®
- Bauteilkennzeichnung
- Verbund-/Hybridguss

KLEBSTOFFE UND POLYMERCHEMIE

Prof. Dr. Andreas Hartwig
Telefon +49 421 2246-470
andreas.hartwig@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/klebstoff

- Formulierung von Klebstoffen
- Matrixharze für Faserverbundkunststoffe
- Charakterisierung von Klebstoffen/Klebverbindungen
- Neuartige Additive, Polymere und andere Rohstoffe
- Morphologie von Klebstoffen und anderen Duromeren, z. B. Nanokomposite
- Biofunktionale Oberflächen und Bioanalytik
- Klebstoffe für Medizin und Medizintechnik
- Erhöhte Zuverlässigkeit und Produktivität beim Kleben
- Marktberatung Klebstoffe und Klebrohstoffe

KLEBTECHNISCHE FERTIGUNG

Dipl.-Ing. Manfred Peschka MBA
Telefon +49 421 2246-524
manfred.peschka@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/ktf

- Fertigungskonzepte für geklebte Verbindungen
- Auswahl und Charakterisierung von Kleb- und Dichtstoffen
- Fertigungsplanung, Prozessgestaltung und Automatisierung
- Dosier-, Misch- und Applikationstechnik
- Fertigung geklebter Prototypen
- Simulation von Dosierprozessen und Fertigungsabläufen
- Prozess- und Schadensanalyse industrieller Prozesse
- Langzeitbeständigkeit von Kleb- und Dichtverbindungen
- Beschichtung flächiger Substrate
- Kleben elektrisch/optisch leitfähiger Kontaktierungen
- Kleben in der Mikrosystemtechnik
- Kleben am Bau

LACKTECHNIK

Dr. Volkmar Stenzel

Telefon +49 421 2246-407

volkmar.stenzel@ifam.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/lack

- █ Lack-Anwendungstechnik und -Verfahrenstechnik
- █ Material- und Verfahrensqualifizierung
- █ Funktionelle Lacke und Beschichtungen (z. B. Anti-Eis-Lacke, Anti-Fouling-Beschichtungen, selbstheilende sowie schmutzabweisende Schichten, Elektroisolierschichten)
- █ Lackrohstoff-Untersuchungen
- █ Lackformulierung
- █ Prüf- und Testverfahren
- █ Schadensanalysen
- █ Schulungen

MATERIALOGRAPHIE UND ANALYTIK

Dr.-Ing. Andrea Berg

Telefon +49 421 2246-146

andrea.berg@ifam.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/analytik

- █ Schadensanalysen
- █ Thermische Analysen: Schmelzpunkt, Phasenumwandlungen
- █ Pulveranalyse: Spez. Oberfläche (BET-Verfahren), Partikelgrößenverteilung
- █ Metallographie: Schliffe, Härtemessungen, Bildanalyse
- █ Rasterelektronenmikroskopie
- █ Focused Ion Beam (FIB)
- █ Spurenanalyse
- █ Röntgenographische Phasenanalyse
- █ Ausbildung zum Werkstoffprüfer

FRAUNHOFER-PROJEKTZENTRUM WOLFSBURG

Dr.-Ing. Torben Seemann

Telefon +49 421 2246-126

torben.seemann@ifam.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/wolfsburg

- █ Funktionsintegrierter Leichtbau im Automobil
- █ Textile Fertigungskette
- █ Hybridisierung mit metallischer Matrix
- █ E-Fahrzeug-Komponenten

PLASMATECHNIK UND OBERFLÄCHEN PLATO

Dr. Ralph Wilken

Telefon +49 421 2246-448

ralph.wilken@ifam.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/plato

- █ Niederdruck-Plasmatechnik
- █ Atmosphärendruck-Plasmatechnik
- █ VUV-Excimer-Technik
- █ Anlagentechnik und -bau
- █ Neue Oberflächentechnologien
- █ CVD-Prozesse
- █ Tribologie
- █ Funktionsbeschichtungen
- █ Bahnware/Folientechnologien
- █ Vorbehandlung, Reinigung, Aktivierung

PULVERTECHNOLOGIE

Prof. Dr.-Ing. Frank Petzoldt
Telefon +49 421 2246-134
frank.petzoldt@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/pt

- Pulverspritzguss
- Pressen und Sintern
- Generative Fertigung
- Magnetwerkstoffe
- Kompositwerkstoffe
- Metallschäume

TECHNISCHE QUALIFIZIERUNG UND BERATUNG

Dr.-Ing. Gerald Rausch
Telefon +49 421 2246-242
gerald.rausch@ifam.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/tqb

- Technische Weiterbildung Elektromobilität
- FuE Inside – Wissens- und Technologietransfer
- Wissensupdate – Management Workshop
- Foresights – Technologiescreening
- Interkulturelles Training und Coaching

SINTER- UND VERBUNDWERKSTOFFE

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

- Pulvermetallurgische Technologien
- Generative Fertigung (Elektronenstrahlschmelz-technologie, Dispenstechnologie)
- Verbundwerkstoffe, Multimaterialverbunde
- Leichtmetalle
- Werkstoffe für tribologische Anwendungen
- Werkstoffe zur Energieumwandlung (Thermoelektrik) und -speicherung (Supercaps)
- Hochtemperaturwerkstoffe
- Sputter-Targets

WASSERSTOFFTECHNOLOGIE

Dr. Lars Röntzsch
Telefon +49 351 2537-411
lars.roentzsch@ifam-dd.fraunhofer.de
→ www.ifam.fraunhofer.de/h2

- Elektrodenwerkstoffe und Katalysatoren für die Wasserelektrolyse
- Elektrochemische Charakterisierung von Elektroden
- Entwicklung und Testung von Elektrolysezellen
- Metallhydride zur reversiblen H₂-Speicherung, H₂-Reinigung und H₂/D₂-Isotopentrennung
- Fertigungstechniken zur Produktion von Metallhydriden
- Entwicklung und Testung von Hydridreaktoren
- Integration von Hydridreaktoren in H₂-Energiesysteme
- Hydrolysereaktionen zur H₂-Erzeugung von H₂-on-Demand-Lösungen
- Wasserstoffversprödung zur Pulverherstellung
- Umfassende Analytik von H₂-Feststoff-Reaktionen

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

- Weiterbildung Klebtechnik
- Weiterbildung Faserverbundtechnologie
- Qualitätssicherung Klebtechnik
- Qualitätssicherung Faserverbundtechnologie
- Nachwuchsförderung MINT

WERKSTOFFE UND BAUWEISEN

Dr. Markus Brede

Telefon +49 421 2246-476

markus.brede@ifam.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/wb

- Werkstoff- und Bauteilprüfung
- Nachweisführung und Bemessung geklebter Strukturen
- Kleb- und Nietverbindungen: Auslegung, Dimensionierung, Crash- und Ermüdungsverhalten
- Kombination und Optimierung mechanischer Fügeprozesse
- Qualifizierung mechanischer Verbindungselemente
- Faserverbundbauteile, Leicht- und Mischbauweisen
- Akkreditiertes Prüflabor Werkstoffprüfung

ZELLULARE METALLISCHE WERKSTOFFE

Dr.-Ing. Olaf Andersen

Telefon +49 351 2537-319

olaf.andersen@ifam-dd.fraunhofer.de

→ www.ifam.fraunhofer.de/zmw

- Zellulare Metalle aus beliebigen Sonderwerkstoffen
- Generative Bauteilfertigung mit 3D-Siebdruck
- Offenzellige Faserstrukturen und Schwämme
- Hohlkugelstrukturen und Präzisions-Hohlkugeln
- Verstärkung von Gussbauteilen mit 3D-Drahtstrukturen
- Hochleistungs-Schwingungsdämpfung
- Hochleistungs-Wärmespeicher
- Degradierbare metallische Implantatwerkstoffe
- Schmuck und Design
- Katalyse und Filtration

DAS INSTITUT IM PROFIL



DAS KURATORIUM DES INSTITUTS

Mitglieder

Dr. Rainer Rauh

Vorsitzender des Kuratoriums
Airbus Deutschland GmbH
Bremen

Regierungsdirektorin

Dr. Annerose Beck

Sächsisches Staatsministerium
für Wissenschaft und Kunst
Dresden

Michael Grau

Mankiewicz Gebr. & Co.
Hamburg

Dr. Jürgen Groß

Robert Bosch GmbH
Stuttgart

Dr. Stefan Kienzle

Daimler AG
Sindelfingen
(bis 2014)

Prof. Dr. Jürgen Klenner

Airbus Deutschland GmbH
Bremen

Staatsrat

Gerd-Rüdiger Kück

Die Senatorin für Bildung
und Wissenschaft der
Freien Hansestadt Bremen
Bremen

Dr. Johannes Kurth

KUKA Roboter GmbH
Augsburg
(bis 2014)

Dr. Andreas Meier

tesa SE
Hamburg
(bis 2014)

Dr. Georg Oenbrink

Evonik Industries AG
Essen

Dr. Ralf-Jürgen Peters

TÜV Rheinland
Consulting GmbH
Köln

Dr. Rainer Schönfeld

Henkel AG & Co. KGaA
Düsseldorf

Jan Tengzelius M. Sc.

Höganäs AB
Höganäs, Schweden
(bis 2014)

Christoph Weiss

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

Gäste

Bernd Faller

RAMPF Production Systems
GmbH & Co. KG
Zimmern ob Rottweil

Andreas Kellermann

Daimler AG
Bremen

Prof. Dr.-Ing. Kurosch Rezwan

Universität Bremen
Bremen

Dr. Stefan Röber

tesa SE
Hamburg

Dr. Sebastian Huster

Niedersächsisches Ministerium für
Wissenschaft und Kultur
Hannover

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 66 Institute und Forschungseinrichtungen. Knapp 24 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2 Milliarden Euro. Davon fallen rund 1,7 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

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

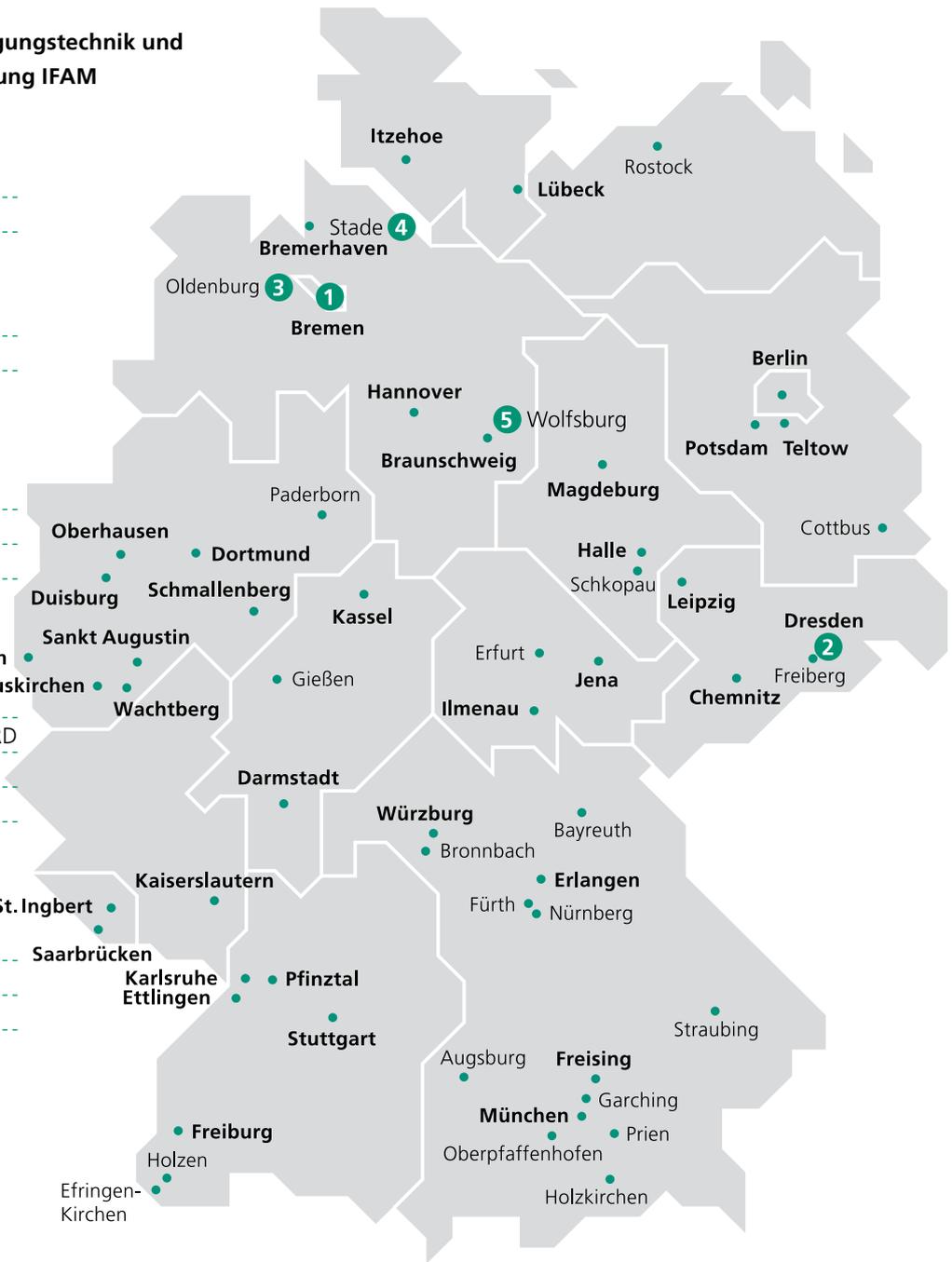
Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und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

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

→ www.fraunhofer.de

**Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM**

- 1** Wiener Straße 12
28359 Bremen
- 2** Institutsteil Dresden
Winterbergstraße 28
01277 Dresden
- 3** Elektrische Energiespeicher
Marie-Curie-Straße 1–3
26129 Oldenburg
- 4** Automatisierung
und Produktionstechnik
Forschungszentrum CFK NORD
Ottenbecker Damm 12
21684 Stade
- 5** Fraunhofer-Projektzentrum
Wolfsburg
Hermann-Münch-Straße 1
38440 Wolfsburg



Institute und Einrichtungen
Weitere Standorte

VERBÜNDE | ALLIANZEN | ACADEMY

VERNETZT BEI FRAUNHOFER



FRAUNHOFER-VERBUND WERKSTOFFE, BAUTEILE – MATERIALS

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

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

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

Schwerpunktt Themen des Verbundes sind:

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

→ www.materials.fraunhofer.de

Vorsitzender des Verbundes

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Stellvertretender Vorsitzender des Verbundes

Prof. Dr. Peter Gumbusch

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM

Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse
matthias.busse@ifam.fraunhofer.de

Prof. Dr. 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 AUTOMOBILPRODUKTION

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

→ www.automobil.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ LEICHTBAU

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

→ www.leichtbau.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ BATTERIEN

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Dr. Julian Schwenzel
julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de

→ www.batterien.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ NANOTECHNOLOGIE

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

→ www.nano.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ GENERATIVE FERTIGUNG

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Dipl.-Ing. Claus Aumund-Kopp
claus.aumund-kopp@ifam.fraunhofer.de
Dr. Burghardt Klöden
burghardt.kloeden@ifam-dd.fraunhofer.de

→ www.generativ.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ POLYMERE OBERFLÄCHEN (POLO)

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Dr. Uwe Lommatzsch
uwe.lommatzsch@ifam.fraunhofer.de

→ www.polo.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ REINIGUNGSTECHNIK

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

→ www.allianz-reinigungstechnik.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ SIMULATION

Sprecher der Allianz | Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Andreas Burbliès
 andreas.burbliès@ifam.fraunhofer.de

→ www.simulation.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ SPACE

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Dr. Gerhard Pauly
 gerhard.pauly@ifam.fraunhofer.de

→ www.space.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZ VERKEHR

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

→ www.verkehr.fraunhofer.de

FRAUNHOFER ACADEMY

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

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Prof. Dr. Andreas Groß
 andreas.gross@ifam.fraunhofer.de
www.kleben-in-bremen.de | www.kunststoff-in-bremen.de
Dr.-Ing. Gerald Rausch
 gerald.rausch@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de/tqb

→ www.academy.fraunhofer.de

DAS INSTITUT IM PROFIL



DIN EN ISO/IEC 17024

DIN EN ISO/IEC 17025

DIN EN ISO 9001

DIN 6701-2

QUALITÄTSMANAGEMENT

Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001

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

- Produktorientierte Entwicklungen von Werkstoffen, Bauweisen, Bearbeitungsprozessen und Fertigungstechnologien für die Kleb-, Oberflächen- und Lacktechnik
- Charakterisierung und Simulation der Materialien und deren Technologien
- Klebstoffentwicklung
- Weiterbildung in Klebtechnik, Faserverbundtechnologie und Elektromobilität
- Gießereitechnologie
- Metallographie, Thermoanalytik, Pulvermesstechnik und Spurenanalytik
- Prüflaboratorium Werkstoffprüfung, Lacktechnik, Korrosionsprüfung, Materialographie und Analytik

Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025

Das Prüflaboratorium am Standort Bremen ist seit 1996 zusätzlich nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

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

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

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

Zulassung nach AZAV

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

Anerkennung nach DIN 6701-2

Die Anerkannte Stelle für das Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen nach DIN 6701-2 ist erstmalig 2006 durch das EBA anerkannt worden.

→ www.ifam.fraunhofer.de/qm



INTERNATIONALE KOOPERATIONEN

Elektromobilität: Schulung von Fachpersonal in China

Elektromobilität ist ein globales Thema. Gerade für China ergeben sich dadurch neue Möglichkeiten, um einerseits den Smog aus den Großstädten herauszubekommen und andererseits eine Vorreiterrolle im Bereich Elektrofahrzeuge einzunehmen. Die Ziele der Regierung in Peking sind daher eindeutig formuliert. Bis zum Jahr 2016 sollen 30 Prozent der Behördenfahrzeuge rein elektrisch oder als Hybrid fahren. Zudem sollen bis zum Jahr 2020 fünf Millionen Fahrzeuge emissionsfrei unterwegs sein. Zur Umsetzung dieser ambitionierten Ziele setzt die chinesische Regierung in den nächsten Jahren ca. zehn Milliarden Euro ein. Aktuell wird in China bereits der Kauf von Elektrofahrzeugen mit bis zu 17 000 Euro gefördert. Zudem erhält der Käufer direkt eine Zulassung in Form eines Nummernschilds. Diese kostet bei konventionellen Fahrzeugen bis zu 10 000 Euro und dauert mehrere Monate.

Überall dort, wo neue Technologien eingesetzt werden, erfordern sie neben intensiver Forschung und Entwicklung insbesondere auch eine entsprechende Aus- und Weiterbildung von Fachkräften. Um das Gesamtsystem »Elektromobilität« zu verstehen und nachhaltig zu etablieren, bietet das Fraunhofer IFAM mit der Abteilung »Technische Qualifizierung und Beratung« kundenspezifische Schulungen mit unterschiedlich abgestuften theoretischen und praktischen Inhalten zum Thema Elektromobilität an. Einige der Kurse werden international durchgeführt – so auch in China.

Im Jahr 2014 konnten in Zusammenarbeit mit der Beijing Academy of Science and Technology (BJAST) über 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmer in vier Trainings zur Elektromobilität geschult werden. Die zweitägigen Kurse gaben einen Gesamtüberblick zur Elektromobilität und wurden durch zahlreiche

praktische Beispiele und Demonstratoren (z. B. Ladekabel, Schnittmodelle von Batterien, persönliche Schutzausrüstung) ergänzt. Dabei haben die Teilnehmenden aktuelle und zukünftige Batterietechnologien kennengelernt sowie deren Vor- und Nachteile für den Einsatz in Elektrofahrzeugen. Des Weiteren gab der Kurs Einblicke in die elektrische Antriebstechnik und den Aufbau von Elektromotoren. Am zweiten Tag lag der Schwerpunkt im Bereich Ladeinfrastruktur, Fahrzeugkonzepte und Sicherheit von Hochvoltfahrzeugen.

Aufgrund der positiven Resonanz der Teilnehmenden ist geplant die Kooperation mit BJAST weiter fortzusetzen und im Jahr 2015 diesen zweitägigen Kurs zur Elektromobilität als festen Bestandteil unserer Dienstleistungen anzubieten.

Sichtbare wissenschaftliche Kooperation mit brasilianischen Partnern

Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IFAM arbeiten seit mehr als zehn Jahren mit brasilianischen Partnern zusammen. Neben dem Schwerpunkt auf dem Gebiet der universitären Ausbildung und Forschung gewinnen aktuell gemeinsame Projekte in den Bereichen der angewandten Forschung und schließlich auch der industriellen Anwendung zunehmend an Bedeutung. Die engagiert und mit Weitblick aufgebauten Netzwerke, erweisen sich als tragfähig und als Wachstumskeim für weitere geschäftliche Beziehungen.

- 1 Teilnehmer der Sicherheitsschulung an Elektrofahrzeugen in China.
- 2 Brasilianische Bachelorstudenten und Doktoranden am Fraunhofer IFAM.



3

Auf diesem auf- und ausgebauten Fundament erlebte die Kooperation mit Brasilien ein weiteres interessantes und fruchtbares Jahr. Im Rahmen des Studentenaustauschs, der von aktuellen Programmen der brasilianischen Regierung und von Ressourcen von Forschern des Fraunhofer IFAM gespeist wird, studieren und arbeiten durchschnittlich 20 brasilianische Studenten pro Jahr am Institut. Gegenwärtig nimmt die Zahl erfahrenerer Studenten wie Doktoranden noch deutlich zu, und das Fraunhofer IFAM arbeitet zunehmend mit sehr hoch qualifizierten brasilianischen Postdoktoranden zusammen.

Im Rahmen der Forschung betreuen Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM die brasilianischen Studenten in den verschiedensten Themenbereichen. Der Erfolg dieser Zusammenarbeit spiegelt sich anhand von Publikationen in entsprechenden Fachzeitschriften oder zahlreichen Teilnahmen an Fachkonferenzen wider.

Die Kernkompetenzen des Fraunhofer IFAM wurden auf dem XIII Brazilian MRS Meeting im September 2014 im Rahmen des Symposiums »Functional hybrid interfaces: from characterization to applications« präsentiert, das von Dr. Welch Leite Cavalcanti in Zusammenarbeit mit dem Präsidenten der Brazilian Society for Adhesives and Adhesion, Prof. Silvio de Barros, auf die Beine gestellt wurde. In diesem Zusammenhang gab Dr. Leite Cavalcanti eine Sonderausgabe der Fachzeitschrift Applied Adhesion Science zum Symposium mit heraus, die die wissenschaftlichen Publikationen und Ergebnisse der Forscher aus Brasilien und des Fraunhofer IFAM umfasst.

JediAce: ein erfolgreiches Beispiel für internationale Zusammenarbeit

Im JediAce-Projekt (Japanese-European De-Icing Aircraft Collaborative Exploration) strebt ein internationales Konsortium die Entwicklung eines mehrkomponentigen Enteisungssystems

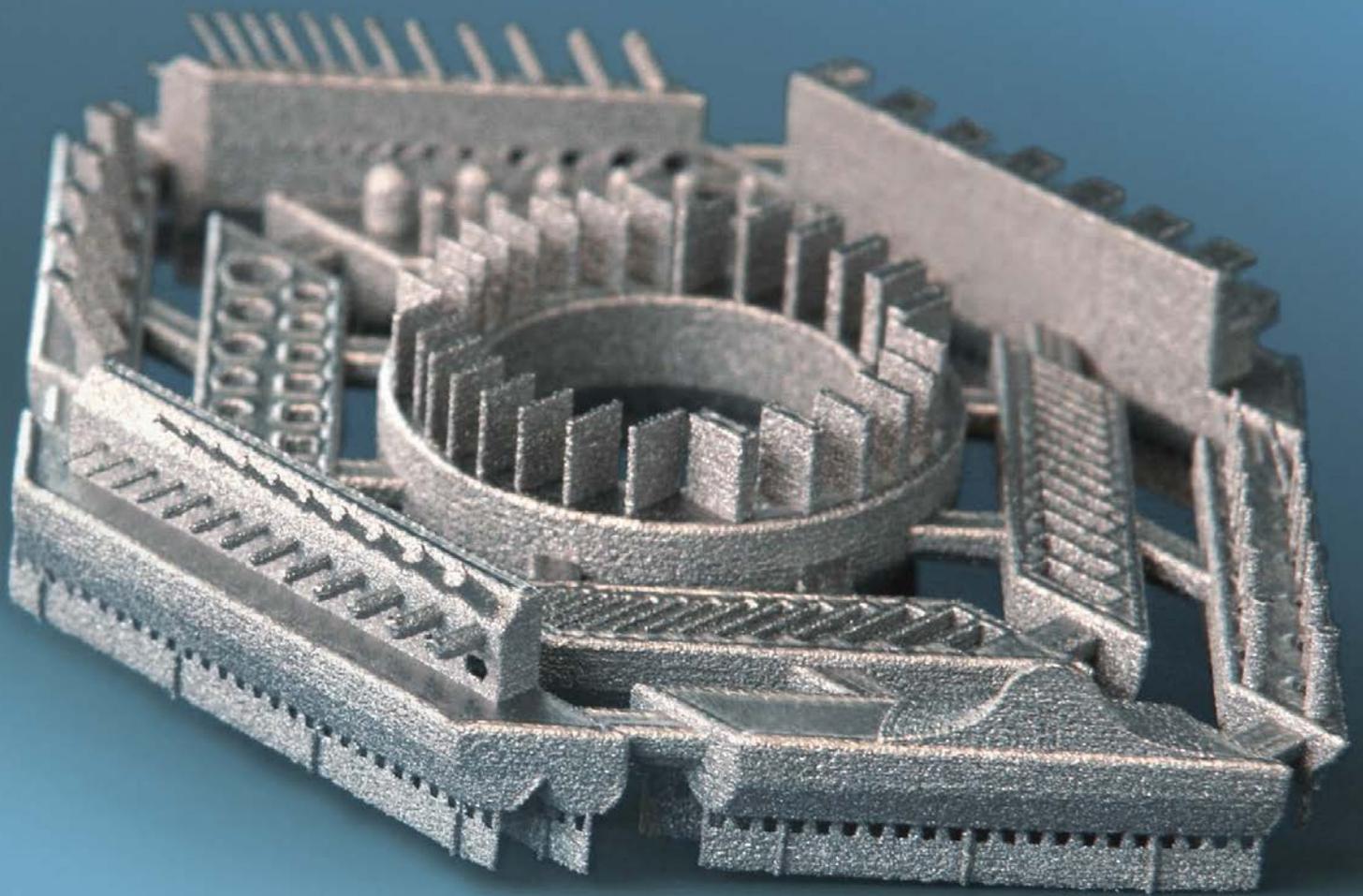
an, das den Anforderungen von Flugzeugen der nächsten Generation entspricht. Das Projekt startete im November 2012 und wird finanziell durch die Europäische Kommission und das japanische Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) unterstützt. Spezialisten aus vier unterschiedlichen Ländern arbeiten zusammen, darunter: Fuji Heavy Industries Aerospace Company, Japan Aerospace Exploration Agency und Kanagawa Institute of Technology aus Japan, Dassault Aviation aus Frankreich, Universität Rovira i Virgili – Center for University Studies in Aviation aus Spanien sowie das Fraunhofer IFAM, welches das Gesamtprojekt koordiniert.

Ziel des Projekts ist es, ein integriertes Eisschutzsystem für Flugzeugflügel zu entwickeln, das drei synergetische Komponenten umfasst: aktive Enteisungstechnik, funktionelle Beschichtungen, die die Enteisungsfunktion unterstützen, sowie eine Sensortechnik, die nicht nur die Vereisung, sondern auch die Enteisung in Echtzeit überwacht. Die Forscher des Fraunhofer IFAM arbeiten in diesem Projekt an der Entwicklung von Anti-Eis-Beschichtungen sowie deren Tests zum Vereisungsverhalten der Oberflächen. Ein weiterer wesentlicher Meilenstein ist die Errichtung eines Windkanals, in dem sich unter Vereisungsbedingungen die neu entwickelten Enteisungssysteme testen lassen. Mit dieser Anlage können Temperaturen von -30 °C und Windgeschwindigkeiten von bis zu 350 km/h realisiert werden.

Das JediAce-Projekt ist ein gutes Beispiel dafür, dass durch die internationale Zusammenarbeit alle teilnehmenden Partner profitieren können. Der intensive Erfahrungsaustausch zwischen den Experten unterschiedlicher Fachrichtungen und Kontinente trägt maßgeblich zum Erfolg des Projektes bei.

3 Teilnehmer des fünften JediAce Projekttreffens in Tokio im November 2014.

METALLISCHE SINTER-, VERBUND- UND ZELLULARE WERKSTOFFE



KERNKOMPETENZ METALLISCHE SINTER-, VERBUND- UND ZELLULARE WERKSTOFFE

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

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

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

-umwandlung. Zentrale Themen sind hier neue, insbesondere nanostrukturierte Werkstoffe zur Wasserstoffherzeugung und -speicherung, zur Wärmespeicherung, für effiziente thermoelektrische Generatoren und Superkondensatoren.

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

→ www.ifam.fraunhofer.de/metallwerkstoffe

1 *Design-Demonstrator für Electron Beam Melting aus Ti-6Al-4V (CAD-Vorlage Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl Fertigungstechnik).*



METALLISCHE IMPLANTATWERKSTOFFE – HOCHPORÖS UND DEGRADIERBAR

Ein nach wie vor nicht vollständig gelöstes Problem in der Medizin ist die Behandlung größerer Knochendefekte. Solche Läsionen heilen nicht spontan und müssen implantologisch versorgt werden. Als Goldstandard ausgedehnter Knochenaugmentationen gilt nach wie vor der patienteneigene Knochen, der allerdings nur begrenzt zur Verfügung steht und dessen Entnahme zusätzliche Risiken birgt. Bei der Versorgung mit synthetischem Knochenersatz entstehen ebenfalls verschiedene Bedrohungen. Als ideale Lösung gelten degradierbare Werkstoffe, also solche Implantate, die nach erfolgter Heilung verschwinden.

Dem idealen Werkstoff besonders nahe kommt Magnesium, das in biologischer Umgebung degradiert, über eine ausgezeichnete Biokompatibilität verfügt und besonders knochenadhäsive Eigenschaften besitzt.

Am Fraunhofer IFAM in Dresden wurde nun ein Magnesiumimplantat entwickelt, das aufgrund seiner Struktur weitere günstige Eigenschaften besitzt. Dabei formen metallische Faserstrukturen ein hochporöses Gerüst, das dem Knochen als Wachstumsleitstruktur dient und dabei auch das Einwachsen der Blutgefäße ermöglicht. Besonders interessant sind solche Strukturen aber vor allem aufgrund ihrer reduzierten Steifigkeit, sie kommen damit den biomechanischen Eigenschaften des Knochens sehr nahe. Das wirkt sich besonders stimulierend auf das Knochenwachstum aus.

Ausgangspunkt der technologischen Entwicklung ist die Fertigung von Magnesium-Kurzfasern durch Extraktion aus der Schmelze. Diese Fasern werden dann homogen abgelegt und gesintert. Die besondere Herausforderung der Fertigung von Magnesium-Faserstrukturen besteht in der Sinterung, der sich der hochgradig sauerstoffaffine Werkstoff aufgrund stabiler Oberflächenoxide widersetzt. Die Wärmebehandlung wird daher mit einer partiellen Schmelzphase durchgeführt, bei der die genaue Kenntnis der richtigen Schmelzphasenanteile für

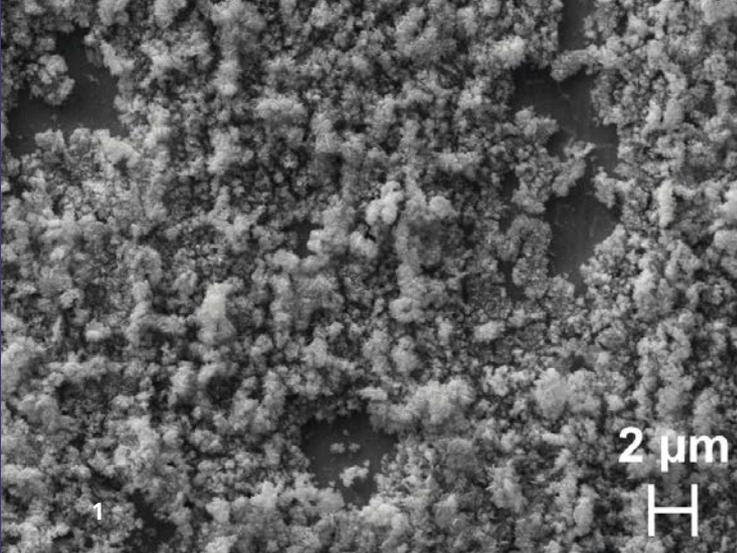
das Sinterergebnis entscheidend ist. Das dafür geeignete Sinterregime wurde rechnerisch durch simulatorische Methoden ermittelt. Die so hergestellten Implantate besitzen günstige mechanische Eigenschaften und vor allem sehr gute Korrosionseigenschaften. So konnte aufgrund vermehrter Abscheidungen von Y_2O_3 an den Korngrenzen ein Degradationsverhalten mit reduzierten Korrosionsraten eingestellt werden, das den physiologischen Anforderungen besonders gerecht wird. Im Tiermodell wurde damit nach zwölf Wochen eine zunächst langsame Korrosion festgestellt, nach 24 Wochen war der Großteil der metallischen Implantate dann verschwunden.

Als Sieger des Innovationswettbewerbs Medizintechnik wurde der Ansatz vom BMBF gefördert. Die günstigen Eigenschaften haben in der Zwischenzeit auch Unternehmen überzeugt. So konnte die Botiss Dental GmbH als Lizenznehmer des mittlerweile erstellten Patents gewonnen werden. Das Unternehmen plant die Umsetzung des Werkstoffs in der Oral-Chirurgie und evaluiert derzeit den Aufbau einer geeigneten Fertigungskette.

→ www.ifam.fraunhofer.de/implantat

1 REM-Aufnahme von Magnesium-Fasern.

2 Metallische Fasern (Demonstrator).



HOCHEFFIZIENTE ELEKTRODEN- MATERIALIEN FÜR GASERZEUGENDE REAKTIONEN

Die Gewährleistung der Rohstoffverfügbarkeit ist aus sicherheitspolitischen und energiestrategischen Gründen unabdingbar. Wasserstoff ist eine der unersetzbaren Grundchemikalien der chemischen Industrie und darüber hinaus als chemischer Energieträger eine der zentralen Säulen der nachhaltigen Energiewende. Eine CO₂-neutrale Produktion von Wasserstoff ist industriell nur über die elektrochemische Spaltung von Wasser in einem Elektrolyseur realisierbar, sofern dieser mit regenerativen Energiequellen gekoppelt ist.

Verbesserung der Elektrolysetechnologie für »grünen« Wasserstoff

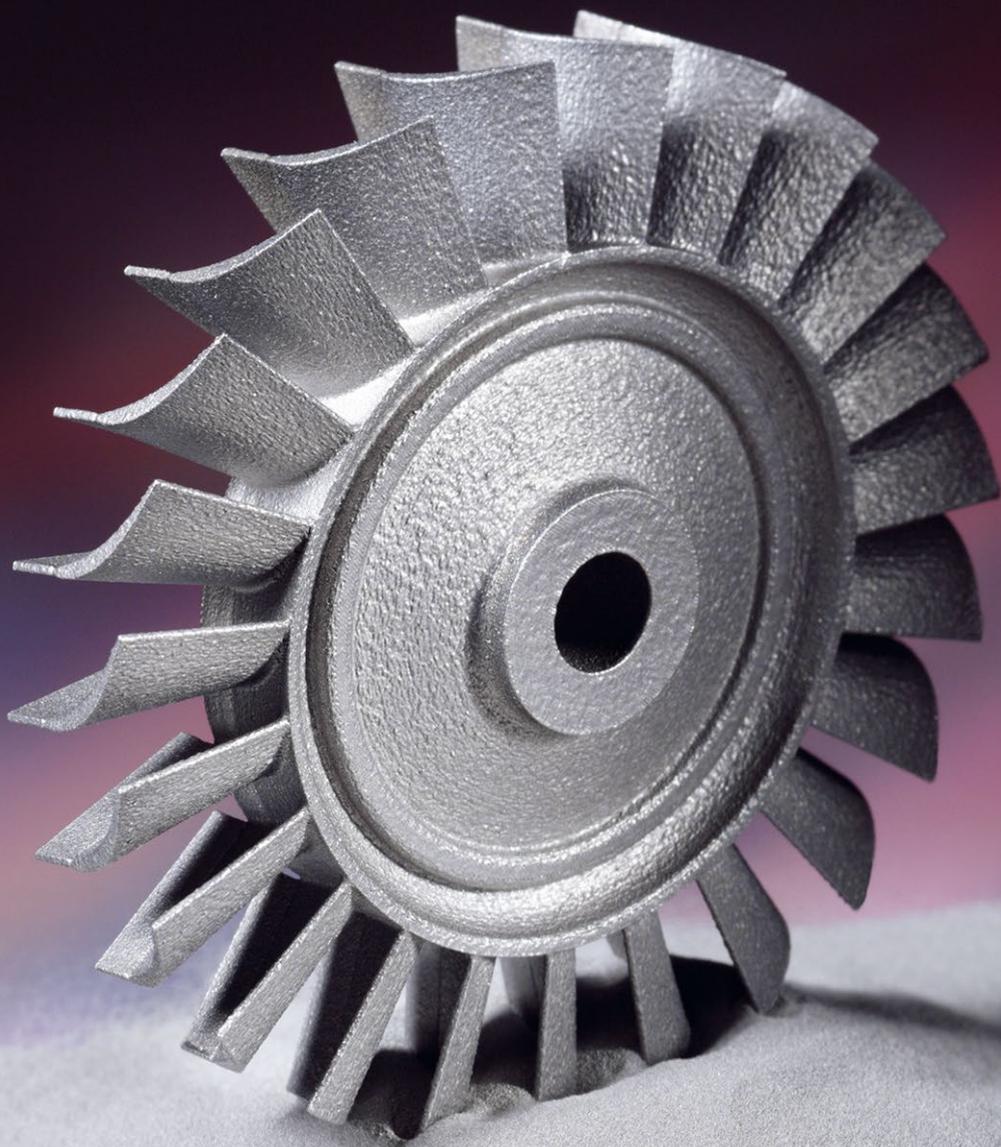
Eine Weiterentwicklung der Elektrolysetechnologie ist somit für Deutschland von hoher strategischer Bedeutung, um »grünen« Wasserstoff für eine wirtschaftliche Nutzung bereitzustellen. Konventionell wird Wasserstoff derzeit über Gasreformierung hergestellt, was zwar bei einer Verfügbarkeit von Erdgas ökonomisch günstig ist, aber zu einem massiven Ausstoß von CO₂ führt. Am Fraunhofer IFAM in Dresden wird an einer Weiterentwicklung und Verbesserung der Elektrolysetechnologie gearbeitet, die auf eine marktfähige Bereitstellung von Wasserstoff abzielt. Dabei werden die Hauptkostentreiber (Investitionskosten und operative Kosten) durch eine Elektroden- und Stack-Entwicklung in den Fokus genommen. Ziel dieser Entwicklungen ist es, durch eine langzeiteffiziente Elektrode die Anlagenkosten und Wasserstoffproduktionskosten deutlich zu senken.

Am Fraunhofer IFAM in Dresden werden durch elektrochemische Methoden neuartige gasentwickelnde Elektrodenmaterialien bewertet – kombiniert mit struktureller Analytik. Daraufhin werden Degradationsmechanismen der Elektrode

aufgeklärt, woraus Schlussfolgerungen für eine verbesserte Elektrodenzusammensetzung und -fertigung gezogen werden. Speziell konnten kostengünstige nanokristalline Elektroden (Fe- bzw. Ni-Basislegierungen) entwickelt werden, deren hohe katalytische Aktivität durch eine Aktivierung im Elektrolyseur aufrechterhalten werden kann. Darüber hinaus werden die Elektrodenmaterialien unter realen Bedingungen in Einzellen-Versuchsständen getestet, um Informationen über das Gasblasentransportverhalten in der Zelle zu erlangen. Daraus erfolgen Anpassungen an Elektroden- und Zellgeometrie. Aus diesen Ergebnissen lassen sich maßgeschneiderte Elektroden mit vorteilhafter Gasblasenabfuhr entwickeln. Die elektrochemische Kompetenz in Kombination mit der am Fraunhofer IFAM bestehenden langjährigen Erfahrung im Bereich metallischer Werkstoffe und Fertigungstechnologien macht das Institut zu einem kompetenten Partner für Hersteller von Elektrolyseuren.

→ www.ifam.fraunhofer.de/elektroden

- 1 REM-Aufnahme einer Elektrodenoberfläche.
- 2 Einzellen-Testelektrolyseur am Fraunhofer IFAM Dresden zur Testung von Elektrodenmaterialien.



KERNKOMPETENZ PULVERTECHNOLOGIE

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

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

Das umfassende Know-how in unterschiedlichen pulvertechnologischen Formgebungs- und Fertigungsprozessen, insbesondere zu den beiden jeweils wichtigsten Prozessschritten Formgebung und Sintern, bildet die Basis für die Arbeiten innerhalb der Kernkompetenz Pulvertechnologie.

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

Über umfangreiche Kenntnisse verfügt das Fraunhofer IFAM auch in der Generativen Fertigung, bei der Bauteile werkzeuglos aus metallischen Pulvern in nahezu beliebigen und

sehr komplexen Formen direkt aus 3D-CAD-Daten entstehen. Genutzt werden diese Verfahren inzwischen nicht mehr nur bei der Umsetzung der schnellen Produktentwicklung, sondern mittlerweile vermehrt auch bei der Fertigung hochgradig individualisierter Produkte für den Endanwender.

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

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

→ www.ifam.fraunhofer.de/pulvertechnologie

1 *Generativ gefertigte Turbinenschaufel.*



1



2

PULVERMETALLURGISCHE FERTIGUNG FÜR MÜNZEN MIT BRILLANTEN OBERFLÄCHEN

Die Leidenschaft des Sammelns teilen viele Menschen – insbesondere für anspruchsvolle Wertanlagen. Ob aus Silber, Gold, Platin oder Palladium: Münzen faszinieren und sind begehrte Sammlerobjekte. Neben dem Metallwert einer Münze sind aber auch die spezifischen Eigenschaften wie beispielsweise die Oberflächenbeschaffenheit von größerer Bedeutung. Durch den Anspruch an eine sehr präzise Fertigung aufgrund der gestiegenen Edelmetallpreise und einer Weiterentwicklung der Münzmotive mit höherer Komplexität und tieferer Reliefs ist ein Entwicklungsbedarf entstanden, der durch den etablierten Herstellungsprozess von Münzen nicht mehr zu erfüllen ist. In einem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungsprojekt hat das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM eine pulvermetallurgische Lösung entwickelt, die nun durch die Reischauer GmbH zur Anwendung kommt.

Die Münzprägung ist ein mechanischer Vorgang, bei dem ein Münzrohling – auch Ronde genannt – in Sekundenbruchteilen mittels eines Stempels in die gewünschte Form gebracht wird. Die Münzronden selbst werden aus gewalzten Blechen des entsprechenden Metalls herausgestanzt. Durch das Warmwalzen der Gussbarren zu Blechen kann sich der Rohstoff allerdings so verändern, dass die Qualität des Ausgangsmaterials für hochwertige Sammlermünzen nicht mehr ausreichend ist. So wird beispielsweise das Mikrogefüge stark deformiert. Diese sogenannte Texturbildung zeigt eine Verzugsorientierung im Material in Richtung des Walzens. Außerdem wird das Material durch die Kaltverfestigung härter, sodass es nur schwer zu prägen ist und ein Weichglühen notwendig wird. Beide Phänomene zusammen führen zu den unerwünschten raueren Oberflächen auf den geprägten Münzen. Wirtschaftliche Nachteile kommen noch hinzu: So entsteht bei der Produktion ein hoher Anteil an Stanzresten, die nach dem Herstellungsprozess wieder eingeschmolzen werden müssen. Zudem variieren die Dicken der gewalzten Bleche, was

zu Gewichtsschwankungen bei den Münzronden führt. Die Münzen dürfen aber nie leichter als ihr Nenngewicht sein, nur schwerer. Bei den gestiegenen Edelmetallpreisen ist Letzteres allerdings nicht im Sinne der Hersteller.

Pressen und sintern: glänzende Fertigung mit feinen Pulvern

Die pulvermetallurgische Herstellung von Münzen ist an sich nicht neu. Schon vor langer Zeit wurden in Russland Platin-Rubel-Münzen aus Pulvern gefertigt, die mehrfach gegläht und geschmiedet wurden. Da die Schmelztechnik damals noch nicht zur Verfügung stand, war es unumgänglich, die Münzen aus dem hochschmelzenden Metall Platin aus Pulver herzustellen. Heute entscheiden mehr die wirtschaftlichen und technischen Gründe, die Pulvermetallurgie zur Herstellung



von Ronden wieder aufzugreifen und weiterzuentwickeln. Ein bewährtes Fertigungsverfahren am Fraunhofer IFAM bietet den Münzherstellern eine rentable Alternative für eine hochwertige Produktion.

In einem speziellen Herstellungsschritt wird zunächst das Pulver durch Verdüsen von Schmelzen mithilfe eines Hochdruckwasserstrahls erzeugt. Die Verdüsungsparameter werden dabei so eingestellt, dass die Ausbeute der verarbeitbaren Pulverfraktion maximal groß ausfällt. Entsteht dabei zu grobes Pulver, wird es abgesiebt und durchläuft den Herstellungsprozess noch einmal. Das Münzmetall wird anschließend als sehr feines Pulver genau eingewogen und mit hohem Druck in eine einfache runde Matrize gepresst. Anschließend wird das kompaktierte Pulver in einem Ofen unter Schutzgas auf Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes erhitzt und dadurch gesintert. Das Material bekommt dabei seine Gebrauchsdichte und wird gleichzeitig wieder weichgeglüht. Ferner wird durch das Sintern im festen Zustand das feinere Gefüge des Pulvers weitgehend erhalten und gleichzeitig auch die regellose Anordnung der Körner. Das Material ist texturfrei und weist keinerlei Vorzugsorientierungen auf. Diese Effekte zusammen bewirken, dass sich komplexere Motive bei gleichzeitig geringerem Pressdruck herstellen lassen. Die Oberflächen von besonders texturempfindlichen Legierungen – beispielsweise Silber – lassen sich in deutlich besserer Qualität realisieren. Durch die verringerten Prägekräfte ist auch mit längeren Standzeiten von Prägwerkzeugen zu rechnen. Die Gewichtskonstanz der Ronden ist durch das exakte Einwiegen des Pulvers sehr genau und erspart zusätzliche Verfahrensschritte zur Gewichtskorrektur im Herstellungsprozess. Wenn die Sinterprozesse in geeigneter Weise durchgeführt werden, sind die Oberflächen der Ronden von so guter Qualität, dass weitere Behandlungen, wie sie bei gewalzten Ronden erforderlich sind, entfallen können.

Dieser grundlegende Prozess wurde für Feinsilber und -gold, Legierungen aus Silber und Gold sowie für Kupfer und Kupfer-Nickel bis zur ersten Upscaling-Stufe am Fraunhofer IFAM

entwickelt. Die Reischauer GmbH hat die gesamte Prozesskette von der Pulverherstellung, dem Pressen bis zum Sintern auf Basis der Forschungsergebnisse in ihrem Unternehmen in den industriellen Maßstab übertragen und für eine Serienproduktion aufgebaut. Das weiterentwickelte Verfahren eignet sich aber nicht nur ausschließlich für die neuen glänzenden Münzen, sondern kann auch im Bereich technische Metallhalbzeuge für Umformteile eingesetzt werden.

Auftraggeber

Das Entwicklungsvorhaben wurde im Rahmen des »Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand – ZIM« für die Reischauer GmbH in Idar-Oberstein durchgeführt.

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Förderkennzeichen: KA 315 8301SU3

Projektlaufzeit: 01.09.2013 bis 28.02.2015

- 1 *Geprägte Münze aus PM-Silber (Kopie einer historischen Münze; im Spiegelbild).*
- 2 *Probepressung aus pulvermetallurgisch hergestelltem Feinsilber (König Andreas III. von Ungarn).*
- 3 *Probepressung aus Ag 925, Sterlingsilber (Martin Luther).*
- 4 *Fertigungslinie mit Pulver-Verdüsungsanlage, Presse und Sinterofen bei der Reischauer GmbH, Idar-Oberstein.*



KERNKOMPETENZ GIESSEREITECHNOLOGIE

Mit der Kernkompetenz Gießereitechnologie begleitet das Fraunhofer IFAM industrielle Kunden bei der gießtechnischen Umsetzung einer Idee vom ersten Prototyp bis zum anwendbaren Produkt. Passend zu der jeweiligen Fragestellung stehen unterschiedliche Gießverfahren und Werkstoffe zur Verfügung.

Die langjährige Erfahrung und die am Fraunhofer IFAM aufgebaute Prozess- und Anlagentechnik für Druckguss, Feinguss, Lost Foam und neu Niederdruckguss sowie die numerische Simulation und eine umfassende Analytik sind wichtige Elemente der Kernkompetenz.

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

Anspruchsvolle und filigrane Strukturen mit hochwertigen Oberflächen bietet der Feinguss für den am Fraunhofer IFAM verschiedene Gießanlagen genutzt werden. Hier werden in den aktuellen Arbeiten z. B. Spulen für elektrische Maschinen entwickelt und hergestellt. Dabei wird zunächst ein Gießmodell aus Wachs mit frei gestaltbarer Geometrie aufgebaut oder im Spritzguss hergestellt, in Formstoff eingebettet und ausgeschmolzen, bevor der entstandene Hohlraum in der Feingussanlage mit Schmelze ausgefüllt wird.

Bei der Lost Foam-Technologie werden große wie kleine Gussteile mit maximaler Komplexität direkt endformnah in einem Stück gegossen. Das Verfahren erlaubt die Herstellung komplexer Bauteile mit frei gestaltbaren Kanälen und Hinterschneidungen – ohne Ausformschrägen oder Grat. Mit dem Niederdruckguss werden Gussteile mit hohen Qualitätsansprüchen wahlweise in Dauerformen oder verlorenen Formen

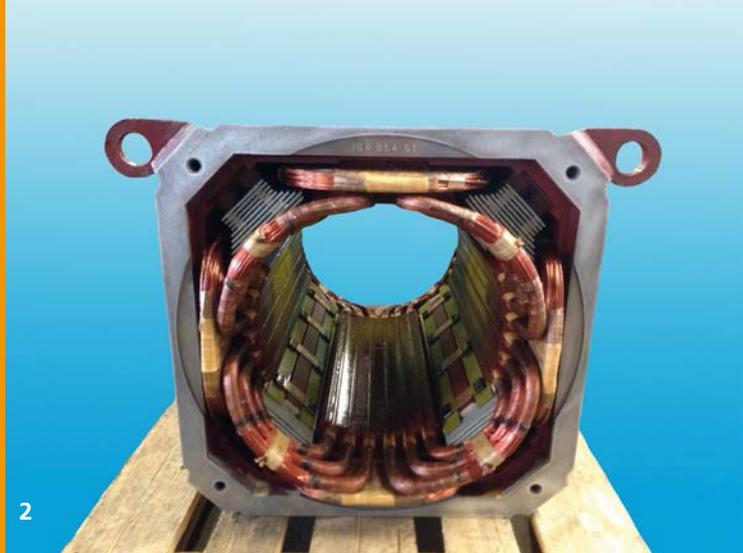
hergestellt. Indem der Schmelzofen mit Druck beaufschlagt wird, steigt die Schmelze über ein Steigrohr in die Form. Somit kann eine beruhigte und kontrollierte, gleichmäßige Formfüllung bei zugleich hoher Reproduzierbarkeit und geringem Kreislaufmaterial erreicht werden. Die flexibel einsetzbare Niederdruckgießanlage ist ausgestattet mit einem wechselbaren Schmelztiagelsystem, wodurch das Abgießen von Aluminium, Stahl und Kupfer ebenso darstellbar ist wie von nichtmetallischen Schmelzen, z. B. zum Herstellen von Salzkernen.

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

Zunehmende Bedeutung erlangen die am Fraunhofer IFAM entwickelten funktionsintegrierten Gussteile, bei denen elektronische Komponenten wie z. B. Sensoren und RFID-Transponder bereits während des Gießprozesses eingegossen werden. Mit der sogenannten *CAST^{TRONICS}*-Technologie sind erweiterte elektronische, sensorische oder aktorische Funktionalitäten von Gussteilen möglich.

→ www.ifam.fraunhofer.de/giessereitechnologie

1 *Gegossene Spule aus Aluminium.*



SPULEN AUS ALUMINIUM STATT KUPFER – GÜNSTIG, LEICHT UND EFFIZIENT

In Zusammenarbeit mit der Lloyd Dynamowerke GmbH & Co. KG (LDW) in Bremen hat das Fraunhofer IFAM erstmals eine Aluminiumspule im Lost Foam-Gießverfahren für elektrische Großmotoren hergestellt und in einer Industriemaschine verbaut. Ergebnis: Ein technisch besserer Ersatz für die ursprünglich eingesetzten gewickelten Kupferspulen ist gelungen. Der Füllfaktor und die Kühlleistung konnten durch die Gestaltungsfreiheit in der Gießtechnik deutlich gesteigert werden. Der Einsatz von Aluminiumspulen ermöglicht darüber hinaus eine enorme Senkung der Rohstoffkosten sowie eine Verringerung des Gewichts und der Gesamtverluste der elektrischen Maschine.

Mit dem Lost Foam-Gießverfahren konnte das Fraunhofer IFAM die komplexe Spulengeometrie als Gussbauteil realisieren und bedeutende Vorteile gegenüber allen bekannten Wickeltechniken erzielen. Als gießtechnische Herausforderung stehen die im Verhältnis zu den langen Fließwegen von 700 mm Spulenlänge dünnen Wandstärken von 4 mm im Vordergrund. Für den Abguss wird das aus einem Polymerschäum gefertigte Modell beschichtet und in binderlosen Formstoff (Quarzsand) eingeformt. Durch die Zersetzung des Modells beim Einfließen der heißen Schmelze entsteht das Gussteil. Um die Einbringung des Formstoffes zu ermöglichen, wird die dargestellte Leitergeometrie gestreckt und mit einem Angussystem versehen. Die in der konventionellen Wickeltechnik zwangsläufig einzuhaltenden Biegeradien entfallen dabei vollständig. Durch die Gestaltungsfreiheit in der Gießtechnik lassen sich Nutzfüllfaktoren von bis zu 90 Prozent realisieren, gewickelte Spulen hingegen erreichen meist nur Nutzfüllfaktoren von bis zu 50 Prozent.

Von der Lloyd Dynamowerke GmbH & Co. KG wurden vier dieser Lost Foam-Gusspulen in einer 330 kW-Gleichstrommaschine für einen Kranantrieb verbaut und auf dem Prüfstand getestet. Trotz der geringeren spezifischen elektrischen Leitfähigkeit

von Aluminium ist der elektrische Widerstand der Gusspule im Vergleich zur gewickelten Kupferspule infolge des erhöhten Nutzfüllfaktors auf ähnlichem Niveau. Neben der Maximierung der Leiterfläche wurden die gegossenen Wendepolspulen unter Berücksichtigung der Möglichkeiten des Lost Foam-Verfahrens geometrisch derart gestaltet, dass dank eines innovativen Kühlkonzepts eine verbesserte Entwärmung der Wendepole erreicht wurde. Somit konnte der Temperaturhub der Wendepole im Dauerlauf von 75 auf etwa 45 Kelvin gesenkt werden. Zugleich wurde durch das geringere Temperaturniveau eine leichte Reduzierung der Gesamtverluste in der Maschine erreicht.

Am Beispiel der Gleichstrommaschine der LDW konnten mit der Aluminiumspule die Rohstoffkosten gegenüber konventionellen Kupferspulen von ursprünglich 52 Euro auf 6 Euro pro Spule gesenkt werden. Zudem konnte das Gewicht der Maschine um ca. 50 Kilogramm verringert werden.

- 1 *Im Aluminiumguss hergestellte Spule für Lloyd Dynamowerke GmbH & Co. KG.*
- 2 *Gleichstrommaschine (330 kW) für Kranantrieb mit vier aus Aluminium gegossenen Wendepolspulen.*



HIGHTECH AUS SALZ – GEGOSSENE SALZKERNE MIT KOMPLEXER GEOMETRIE

In der Welt der Gießereitechnik gelten sie als Schlüsseltechnologie zur Herstellung von Gussteilen mit hochkomplexen Innengeometrien, Hohlräumen und Hinterschneidungen – verlorene Kerne aus Salz. Ihre Fertigung ist bislang überwiegend auf sehr einfache Geometrien beschränkt, wenn die Salzkerne gepresst oder alternativ gießtechnisch im Kokillenguss oder Druckguss hergestellt werden. Mit dem Lost Foam-Gießverfahren ist es gelungen, besonders aufwendig gestaltete Salzkerne herzustellen und zugleich die Korrosionsbelastung für die Anlagentechnik gering zu halten. Mit dem Niederdruckguss-Verfahren wird zudem eine Technologie zur wirtschaftlichen Herstellung hohl gegossener Salzkerne untersucht.

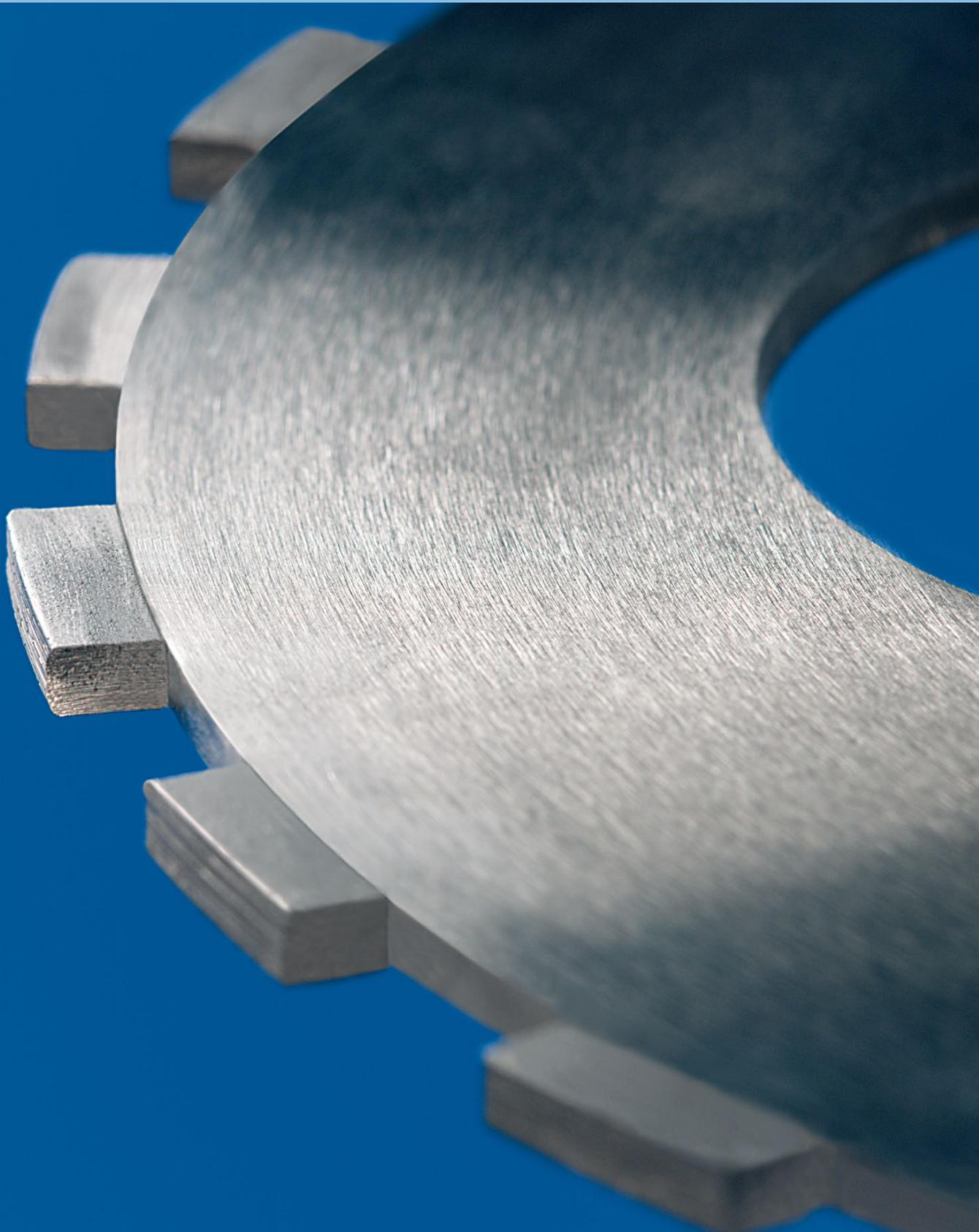
Sind Gussteile mit außergewöhnlich komplexen Geometrien gefordert, z. B. mit integrierten Kanälen zur Wasserkühlung, bietet das Lost Foam-Gießverfahren größtmögliche Freiheitsgrade. Den Wissenschaftlern am Fraunhofer IFAM ist es gelungen, die Vorteile dieses Gießverfahrens nun auch zur Herstellung von Salzkerne zu nutzen. Komplex geformte Salzkerne mit Hohlräumen, Hinterschneidungen oder poröser Stützstruktur bei zugleich stabiler, geschlossener Randschale sind somit herstellbar. Kleine, filigrane Strukturen sind ebenso herstellbar wie große und bis zu 50 Kilogramm schwere Kernstrukturen. Insbesondere für Prototypen und kleine Stückzahlen ist das Verfahren sehr wirtschaftlich.

Eine Besonderheit bei der Herstellung von Salzkerne im Lost Foam-Verfahren ist die Möglichkeit, stützende, schwammartige und poröse Innenstrukturen bei zugleich geschlossener, massiver Außenrandschale zu realisieren. Die Vorteile liegen in einem leichten Herauslösen des verlorenen Kerns und geringem Gewicht, zugleich wird bei dieser Technologie weniger Salz zur Herstellung des Kerns benötigt. Die Oberflächenstruktur der Salzkerne kann frei variiert werden. Damit lassen sich beispielsweise die Strömungseigenschaften medienführender Kanäle (Ölkanäle, Wassermäntel etc.) gezielt beeinflussen. Aufgrund der Prozesstechnik werden im Lost Foam-Verfahren

weder metallische Dauerformen noch Gießkammern aus Werkzeugstahl benötigt, die bei der Herstellung von Salzkerne im Druckgießverfahren stark unter der korrosiv-aggressiven Salzschnmelze leiden. Es besteht weniger Verschleiß und somit geringer Wartungsaufwand an der Anlagentechnik.

Einen weiteren innovativen Ansatz zur Herstellung von Salzkerne verfolgt das Fraunhofer IFAM mit dem Niederdruckguss als alternatives Herstellungsverfahren zu den druckgegossenen Salzkerne. Die Vorteile liegen insbesondere in einer reproduzierbaren und hohen Gussqualität aufgrund laminarer und steuerbarer Formfüllung der Salzschnmelze. Der abgeschirmte und gekapselte Schmelzofen reduziert die Korrosionsbelastung für die Anlagentechnik. Zugleich bietet der Niederdruckguss prozesstechnisch die Möglichkeit, durch Rückfließen der Schmelze hohl gegossene Salzkerne mit fester Randschale herzustellen.

- 1 *Lost Foam-Salzkerne mit optional einstellbarer poröser Stützstruktur.*
- 2 *Lost Foam-Salzkerne und dazugehöriges Druckgussteil mit Hohlraum inkl. Oberflächenstrukturierung nach Herauslösen des Salzkerne.*



KERNKOMPETENZ KLEBTECHNIK

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

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

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

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

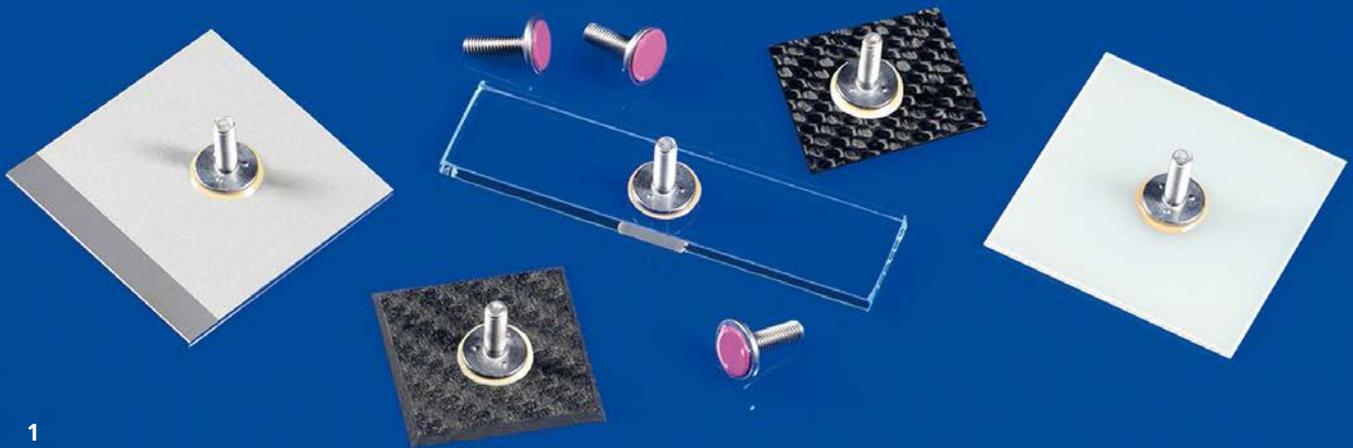
sind experimentelle Kennwerte von Werkstoffen, Verbindun­gen und Bauteilen, die in einem akkreditierten Prüflabor unter Berücksichtigung der spezifischen Randbedingungen der An­wendung ermittelt werden.

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

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

→ www.ifam.fraunhofer.de/klebtechnik

1 *Trennschleifscheibe mit aufgeklebten Schneidsegmenten.*



PASA®-TECHNOLOGIE – NICHT NUR FÜR DIE AUTOMOBILINDUSTRIE

Das Kleben ist nach ISO 9001 ein Prozess »der nicht durch Überwachung bzw. Messung ausreichend verifiziert werden kann«. Dies stellt an den Verarbeiter von Klebstoffen ganz besondere Ansprüche, denn die Qualität gerade von sicherheitsrelevanten Klebungen kann nur durch die exakte Einhaltung aller prozessrelevanten Parameter gewährleistet werden. Dazu gehören insbesondere auch die Lagerung und Mischung reaktiver Klebstoffsysteme vor der eigentlichen Applikation sowie die anschließende Härtung.

Für viele Anwender ist es daher von großem Interesse, den Gesamtprozess des Klebens insoweit zu vereinfachen, dass die Mischung und die Applikation flüssiger bzw. pastöser Klebstoffe in der Produktion entfallen, der Klebstoff also schon als feste und nicht klebrige Masse auf den zu fügenden Bauteilen vorappliziert ist.

Zusammen mit der Tucker GmbH hat das Fraunhofer IFAM einen derartigen auf einem reaktiven Epoxidharz basierenden Klebstoff inzwischen in Serie gebracht und der dahinterstehenden Technologie den Namen PASA® (Pre-Applicable Structural Adhesives) gegeben.

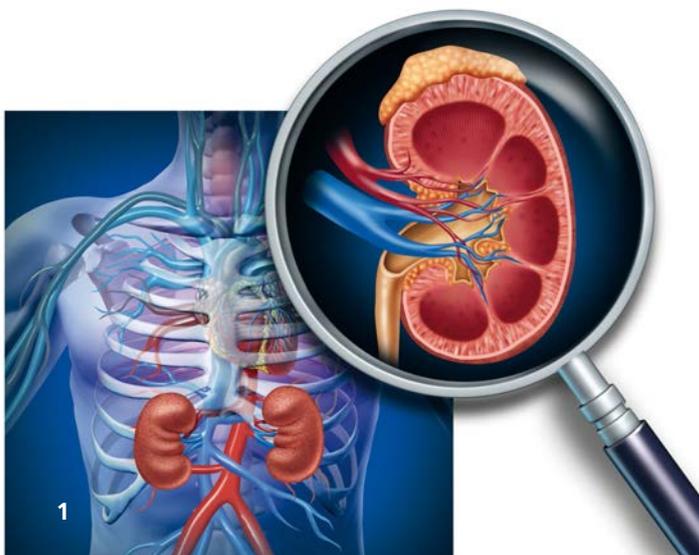
Die Tucker GmbH ist ein bedeutender Automobilzulieferer, der z. B. Gewindebolzen herstellt, die z. T. zu Hunderten pro Karosserie verarbeitet werden. Aufgrund des beständig zunehmenden Materialmixes auch im Rohbau, also der Verwendung von Aluminium und faserverstärkten Kunststoffen, ist die Befestigung dieser Bolzen mittels eines Schweißprozesses in vielen Fällen nicht mehr möglich. Kleben bietet sich hier als Alternative an, erfordert aber beim Erstausrüster (Original Equipment Manufacturer, OEM) erheblichen Kostenaufwand, um den oben beschriebenen anspruchsvollen Prozess zu realisieren. Die Firma Tucker GmbH kam deshalb auf die Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM in Bremen zu, um einen neuartigen Klebstoff entwickeln zu lassen, der sich auf den

Bolzenkopf vorapplizieren lässt, dabei nicht klebrig ist und durch Hitzeeinwirkungen innerhalb von weniger als zehn Sekunden zum Aufschmelzen und anschließend zur chemischen Vernetzung und Aushärtung gebracht werden kann.

Viele dieser Anforderungen entsprechen der Quadratur des Kreises und die Chemie setzt Grenzen, die auch beim besten Willen nicht zu verschieben sind. Doch durch eine Vielzahl von Versuchen und hartnäckige Entwicklungsarbeit gelang es am Ende, die Grenzen des Machbaren so weit auszuloten, dass ein System entwickelt werden konnte, das sowohl vom Auftraggeber als auch von den OEM gewinnbringend eingesetzt werden kann. 2014 wurde dieses Projekt daher mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis ausgezeichnet (s. Seite 71).

Eine Vielzahl von Anfragen aus unterschiedlichsten Bereichen hat inzwischen gezeigt, dass die räumliche Trennung von Klebstoffapplikation und Klebstoffhärtung auch in anderen Industrien einen bedeutenden Prozessvorteil bieten kann. Beispiele hierfür sind das Fügen von Baugruppen in der Elektronikindustrie, von Befestigungselementen im Bau und das Kleben auf Glas.

1 Befestigungselemente mit PASA®-Hotmelts für das Kleben auf verschiedenen Materialien (Stahl, CFK, Glas und GFK).



mediNiK: KLEBSTOFF ZUM ENTFERNEN VON NIERENSTEINFRAGMENTEN

In Deutschland werden ca. 750 000 Behandlungsfälle pro Jahr wegen Harnsteinen dokumentiert. Bei ungefähr 400 000 Patienten werden endoskopische Interventionen durchgeführt. Damit sind die Fallzahlen fast doppelt so hoch wie bei Schlaganfällen oder Herzinfarkten. Mit fast sechs Millionen arbeitsbedingten Fehltagen verursachen Nierensteinerkrankungen zugleich einen beachtlichen volkswirtschaftlichen Schaden in Milliardenhöhe.

Das Problem hierbei ist: Kleinere Steinrümmer, wie sie bei der endoskopischen Laser- (URS) oder der Stoßwellentherapie (ESWL) von Nierensteinen entstehen, können bislang nicht zuverlässig entfernt werden und bleiben daher zurück. Das Rezidivrisiko – Nierenstein-Neubildung – ist somit sehr hoch. Experten schätzen die Rückfallquote auf über 50 Prozent schon innerhalb weniger Jahre nach Erstbehandlung.

Hier setzt das GO-Bio-Projekt zur Entwicklung eines medizinischen Klebstoffes zur Entfernung von Nierensteinfragmenten »mediNiK« an. Am Fraunhofer IFAM wurde ein biokompatibler medizinischer Klebstoff zur Entfernung von Nierenstein-resten für die endoskopische Therapie entwickelt. In enger Kooperation mit Priv.-Doz. Dr. Martin Schönthaler und Priv.-Doz. Dr. Dr. Arkadiusz Miernik der Klinik für Urologie des Universitätsklinikums Freiburg wollen die Forscher das neue Produkt in den nächsten vier bis fünf Jahren zur Marktreife führen und hierdurch erstmals dem Patienten eine Steinfreiheit nach der Zertrümmerung bieten. Das Forschungsprojekt »mediNiK« orientiert sich an den jeweiligen Vorgaben für die Entwicklung von Medizinprodukten und wird die erste Projektphase mit Tests gemäß DIN EN ISO 10993 sowie einer präklinischen Tierstudie abschließen.

Der Vorteil der Medizintechnologie »mediNiK« liegt darin, dass die Klebstoffapplikation ohne neues Instrumentarium oder neue Verfahrensschritte problemlos in bisherige endos-

kopische Operationsverfahren integriert werden kann. Nach dem Entfernen der großen Nierensteine werden die verbleibenden Restfragmente mit dem »mediNiK«-Klebstoff verklebt, welcher über die Harnwege zugeführt wird. Das Klebstoff-Steinfragment-Konglomerat wird hierdurch so groß, dass dieses problemlos mit den üblichen Fanginstrumenten entfernt werden kann. Der Klebstoff weist eine selektive Adhäsion auf: Er haftet weder an den verwendeten medizinischen Instrumenten noch an dem Nierengewebe, sondern verklebt nur die Steinfragmente. Das polymerisierte und elastische Klebstoffgel wird in der Röntgendurchleuchtung darstellbar sein und hierdurch dem behandelnden Urologen Hinweise auf mögliche Klebstoffreste geben. Erste Versuche zur Bewertung der Biokompatibilität haben gezeigt, dass die verwendeten Komponenten sowohl allein als auch im ausgehärteten Zustand die Vorgaben der DIN EN ISO 10993-5 erfüllen. Ferner konnte gezeigt werden, dass im Ex-vivo-Nierenmodell die benötigten Anforderungen adressiert werden können.

1 Anatomie der menschlichen Niere. (© Fotolia/freshidea)

2 Makroaufnahme von Nierensteinen nach einer Stoßwellentherapie. (© Fotolia/airborne77)



KERNKOMPETENZ OBERFLÄCHENTECHNIK

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

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

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

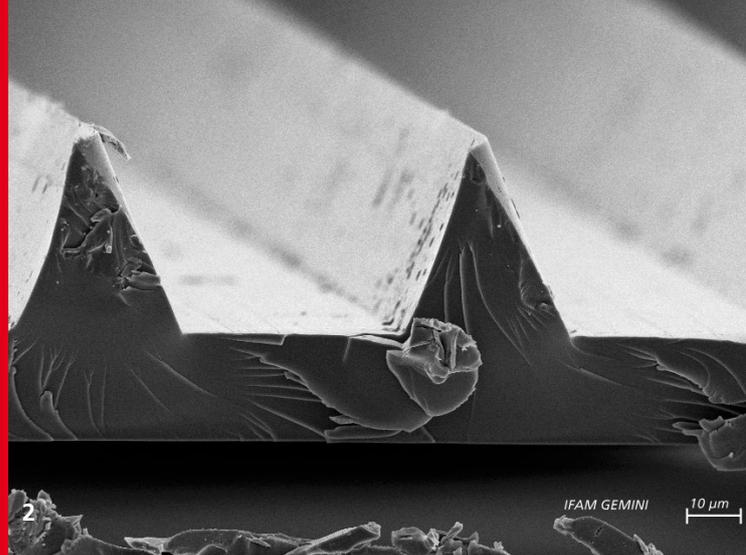
Über umfangreiche Kenntnisse verfügen die Experten am Fraunhofer IFAM beim gezielten Modifizieren und Funktionalisieren von Oberflächen. Dies umfasst die Reinigung und Aktivierung ebenso wie eine entsprechende Vorbehandlung

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

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

→ www.ifam.fraunhofer.de/oberflaechentechnik

1 *Abziehen der Flex^{PLAS®}-Trennfolie von einem Faserverbundbauteil, das mit einem Gelcoat in der Form lackiert wurde.*



CHARAKTERISIERUNG VON OBERFLÄCHEN UND MATERIALIEN

Das Fraunhofer IFAM verfügt über eine hohe und langjährige Kompetenz in der Oberflächentechnik, die es in Projekten mit Partnern aus den verschiedensten Branchen und durch eine Reihe von Innovationen unter Beweis gestellt hat. Um das breite Portfolio des Instituts innerhalb der Kernkompetenz Oberflächentechnik darzustellen, sind hier einige aktuelle Themen angerissen. Weiterführende Informationen zu den einzelnen Themen sind über die entsprechenden Links zu finden.

Funktionale Klebebänder zur lokalen Vorbehandlung von Aluminium

Die Anodisierung ist die hochwertigste Vorbehandlung von Aluminiumbauteilen vor dem Kleben oder Lackieren und wird üblicherweise in Tauchbädern durchgeführt. Für Anwendungsfälle, bei denen eine Badbehandlung nicht möglich ist (Reparaturen, Nacharbeiten, teilweise Behandlung großer Bauteile), wurde am Fraunhofer IFAM ein funktionales Klebeband zur lokalen Anodisierung entwickelt.

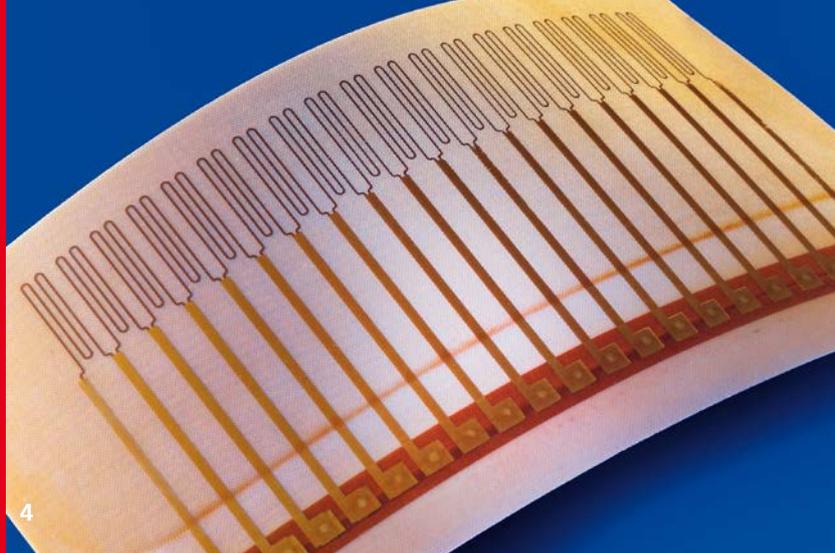
Das Anodierklebeband wird auf die zu behandelnde Oberfläche aufgeklebt und eine Gleichspannungsquelle an das Bauteil und an die in das Klebeband integrierte Kathode angeschlossen. Nach der Anodisierung kann das Klebeband rückstandsfrei von der Oberfläche abgezogen werden. Die Handhabung ist einfach und sicher, der Einsatz von Chemikalien wird reduziert.

→ www.ifam.fraunhofer.de/klebebaender

Qualitätssicherung von Riblet-Oberflächen

Innovative Oberflächenkonzepte helfen z. B. bei Flugzeugen durch die Verminderung des Strömungswiderstandes und eine Optimierung des Strömungsverlaufs den CO₂-Ausstoß signifikant zu verringern. Um die Wirksamkeit der hierzu verwendeten Oberflächenmikrostrukturen (Riblets; Abb. 2) sicherstellen zu können, müssen z. B. Strukturabweichungen von der gewünschten Geometrie frühzeitig erkannt werden. Derartige Abweichungen können ggf. bereits durch einen fehlerhaften Applikationsprozess oder durch Erosionseffekte während des Einsatzes verursacht werden. Das Fraunhofer IFAM hat daher ein optisches Messsystem zur Qualitätssicherung von Riblet-Beschichtungen entwickelt. Das NDT-System erkennt zuverlässig geringste Strukturabweichungen bei extrem kurzen Inspektionszeiten. Diese Eigenschaften erlauben einen erfolgreichen Einsatz sowohl unter Wartungs- als auch unter Produktionsbedingungen.

→ www.ifam.fraunhofer.de/riblet



Anti-Eis-Technologien

Die Vereisung von Oberflächen verursacht hohe Kosten und beeinträchtigt die Funktion sowie Sicherheit von Gebrauchsgütern. Betroffen sind nicht nur Verkehrsmittel wie Flugzeuge und Schienenfahrzeuge, sondern auch Kühl- und Belüftungssysteme oder Windenergieanlagen.

Am Fraunhofer IFAM wird an bedarfsgerechten Lösungen für die jeweiligen technischen Anforderungen gearbeitet. Hierzu zählen u. a. heizbare Beschichtungen, Oberflächen mit geringer Wasserbenetzung und Eisadhäsion sowie Lacke mit Gefrierpunktsenkender Wirkung. Die Effektivität von Anti-Eis-Technologien wird mittels realitätsnaher Prüfungen am Fraunhofer IFAM untersucht. Hierzu steht ein Eislabor mit integriertem Vereisungswindkanal zur Verfügung, in dem charakteristische Vereisungen simuliert und Tests zur Eisadhäsion durchgeführt werden.

→ www.ifam.fraunhofer.de/antieis

Korrosion(svermeidung) von historischen Orgelpfeifen

Ein unverwechselbares Klangerlebnis und ein hoher Anteil an historischen Bleipfeifen sind die wesentlichen Merkmale der berühmten Schnitger-Orgeln im Nordwesten unserer Republik. Dieser historische Schatz wird seit den letzten zehn bis 15 Jahren immer stärker von Korrosionsschäden bedroht, die um den Bestand dieses so bedeutenden kulturellen Erbes fürchten lassen. In einem Pilotprojekt des Fraunhofer IFAM gemeinsam mit der Amtlichen Materialprüfungsanstalt MPA und unter der Leitung der Hochschule für Künste Bremen werden die Ursachen der Korrosion und die Entwicklung von Schutzmaßnahmen erforscht. Dafür werden die Schäden mikroskopisch und oberflächenanalytisch genau untersucht und

die korrosionsrelevanten Umgebungsbedingungen erfasst, um daraus Schutzmaßnahmen zum Erhalt dieser und anderer Orgeln entwickeln zu können.

→ www.ifam.fraunhofer.de/orgelpfeifen

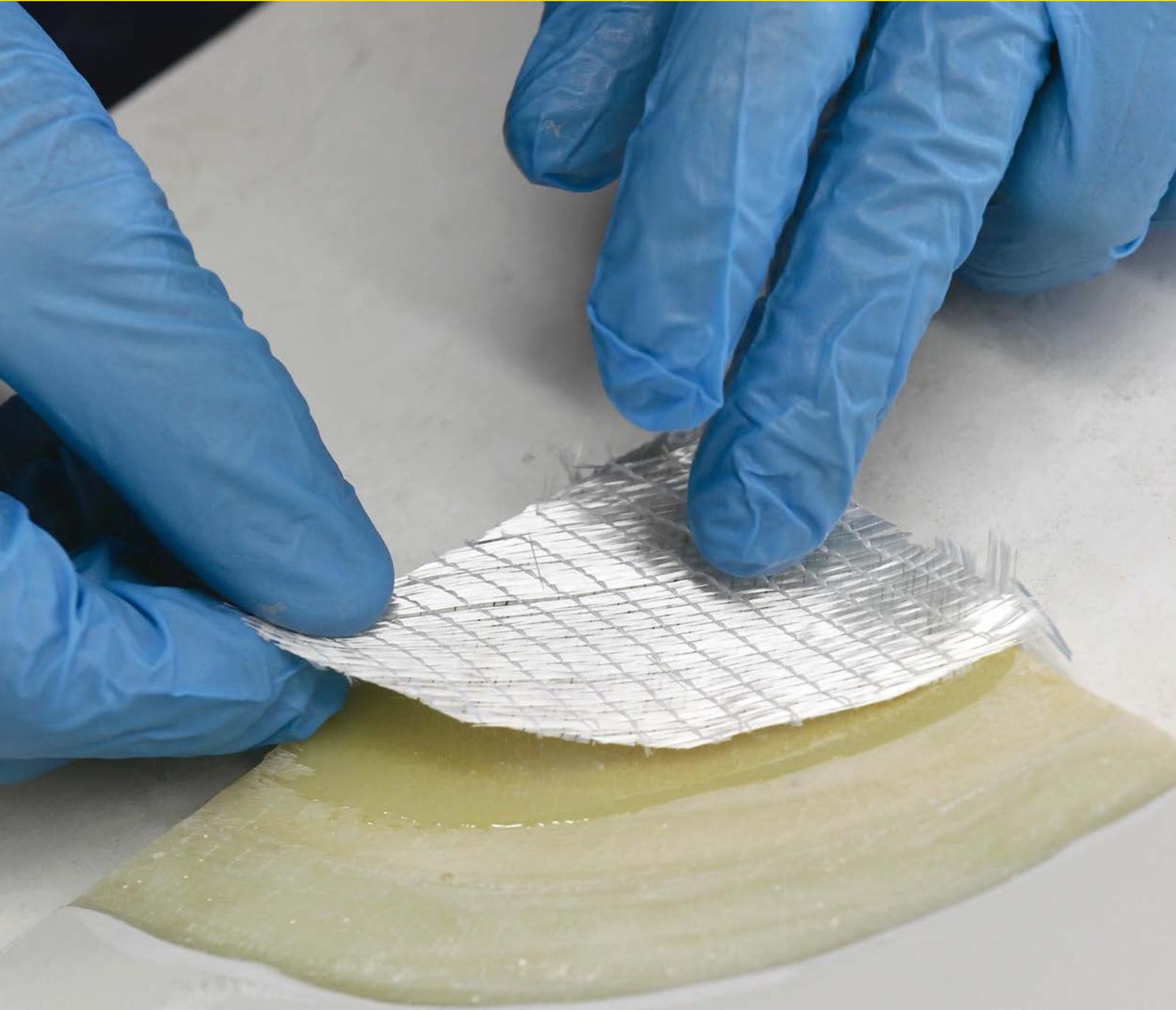
Integration gedruckter Sensoren in Verbundwerkstoffe

Eine Sensorisierung von Faserverbundwerkstoffen zur Qualitätskontrolle oder während des Einsatzes ist oft wünschenswert. Die Abteilung Functional Printing, entwickelt Druckprozesse, mit denen funktionelle Strukturen, wie Temperatur- oder Dehnungssensoren inklusive Zuleitungen und Kontaktierungen, auf und in Faserverbundwerkstoffen realisiert werden. Dazu werden metallgefüllte Pasten auf Vliese gedruckt, die als durchtränkbare Textillage im Herstellungsprozess des Verbundwerkstoffs eingesetzt werden können. Vorteile dieses Ansatzes sind neben der minimalen Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften der Verbundwerkstoffe die individuelle Auslegung und Fertigung der Sensorstrukturen, die ideal auf oder im Bauteil platziert werden können. Anwendungen ergeben sich in der Luft- und Raumfahrt, im Automotivebereich oder für Windenergieanlagen. Die Arbeiten zur Integration gedruckter Sensoren in Verbundwerkstoffe wurden im Rahmen eines Verbundprojektes vom BMBF gefördert.

→ www.ifam.fraunhofer.de/gedrucktesensoren

- 1 Funktionales Klebeband zum lokalen Anodisieren von Aluminium.
- 2 Strömungswiderstand-reduzierende, mikrostrukturierte Lackoberfläche (»Riblet-Lack« bzw. »Haifischhaut-Lack«).
- 3 Historische Orgel in der Ev. Kirche St. Marien und Pankratius: Mariendrebber.
- 4 Auf Glasvlies gedruckte Sensoren mit Zuleitungen, von Invent GmbH in GFK integriert.

FASERVERBUNDWERKSTOFFE



KERNKOMPETENZ FASERVERBUNDWERKSTOFFE

Faserverbundwerkstoffe, allen voran die mit Glasfasern oder Carbonfasern verstärkten Duomere (GFK bzw. CFK), sind unverzichtbar geworden, um etwa im Flugzeug- oder Automobilbau ressourcenschonende Leichtbaustrukturen zu realisieren. Auch im Bereich der regenerativen Energien, insbesondere der Windenergie, gestatten sie energieeffiziente Bauweisen und erhöhen so die Wirtschaftlichkeit der Anlagen. Vorteile solcher Verbundwerkstoffe sind die hohe Steifigkeit in Faserrichtung in Verbindung mit der Möglichkeit der Formgebung durch die Matrix.

Das Kompetenzspektrum des Fraunhofer IFAM auf den Gebieten der glas-, carbon- oder auch naturfaserverstärkten Kunststoffe reicht von der Harzentwicklung über Design und Herstellung von Bauteilen und deren Oberflächenmodifikation bis zu Technologien für die automatisierte Montage und Bearbeitung.

Ausgangspunkt ist die Auswahl bzw. Entwicklung geeigneter Harzsysteme, um speziellen Anforderungen im Verarbeitungsprozess wie etwa einem geringen Härtungsschumpf oder der Schnellhärtung gerecht zu werden. Zudem werden Herausforderungen wie elektrische Leitfähigkeit, Blitzschutz und die Schlagzäh-Modifizierung adressiert. Erst durch ein optimales Einstellen der Grenzflächeneigenschaften zwischen Fasern und Matrixharz kommen die Werkstoffcharakteristika voll zum Tragen. Dies gelingt nicht zuletzt durch den Einsatz verschiedenster Oberflächentechniken, beispielsweise der Plasmabehandlung an Faseroberflächen. Aber auch bei der Herstellung und Weiterverarbeitung von Bauteilen spielen Oberflächenmodifikationen eine zentrale Rolle. An dieser Stelle seien das Reinigen und Aktivieren, das Lackieren sowie das Aufbringen von Funktionsschichten genannt.

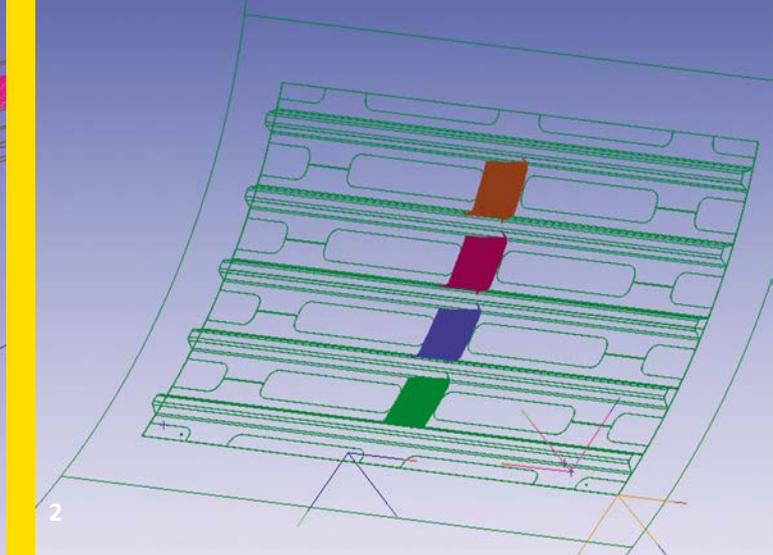
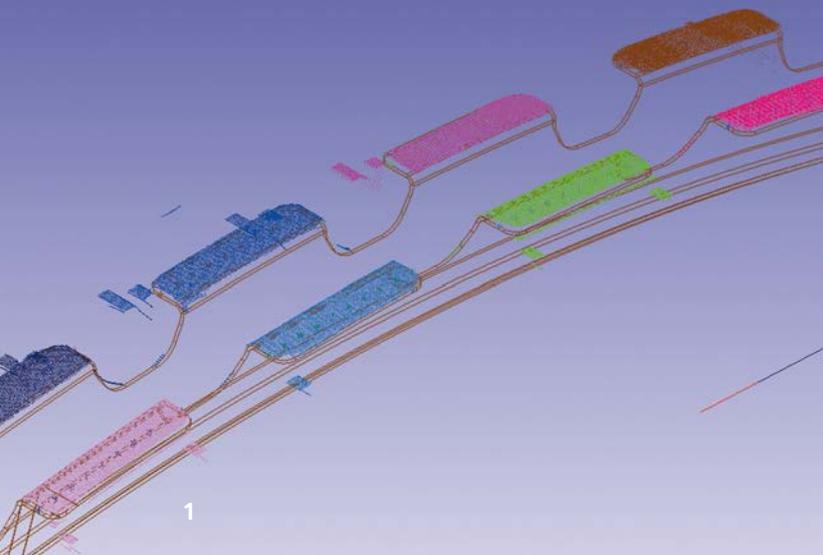
Eine der wesentlichen Herausforderungen für die industrielle Serienproduktion ist die Realisierung schneller, qualitätsgesicherter Prozesse, etwa durch Automatisierung. Dem entgegen

steht die geringe Formtreue, insbesondere bei warm gehärteten, großen Faserverbundbauteilen. Deshalb hat das Fraunhofer IFAM eine Reihe von Automatisierungslösungen entwickelt, die auch bei sehr großen, wenig maßhaltigen Faserverbundstrukturen präzise Montage- und Bearbeitungsprozesse unter erheblicher Zeitersparnis ermöglichen. Unter dem Motto »Präzision durch Messtechnik und Sensorik anstatt durch schweren Stahlbau« wurde besonderer Wert auf leichte, mobile und modular kombinierbare Systemkomponenten gelegt, die sich ohne nennenswerten Aufwand und Kosten unterschiedlichen Fertigungssituationen anpassen lassen.

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

→ www.ifam.fraunhofer.de/fvk

1 *Erneuter Lagenaufbau bei der Reparatur von Glasfaserverbund-Bauteilen – ein Bestandteil der Personalqualifizierung am Fraunhofer IFAM.*



AUTOMATISIERTE MONTAGE VON CFK-RÜMPFEN IM FLUGZEUGBAU

Zum Jahresende 2014 wurde innerhalb der Abteilung Automatisierung und Produktionstechnik am Fraunhofer IFAM in Stade das durch das Luftfahrtforschungsprogramm des Bundes geförderte Projekt »Verifikation innovativer Design- und Herstellungskonzepte für Rumpfabschnittelemente« (VIA), Teilprojekt »Automatisierte robotische Montagetechnologien für zukünftige Flugzeuggenerationen« (F-AroMon), abgeschlossen. Die hoch gesteckten Ziele konnten vom Projektkonsortium in vollem Umfang erreicht und zum Teil sogar übertroffen werden. Sie umfassen die Entwicklung verschiedener automatisiert ablaufender Montageprozesse an Flugzeugrumpfschalen aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) sowie Konstruktion, Aufbau und Erprobung einer entsprechenden Montageanlage im 1:1-Maßstab.

Neben dem Fraunhofer IFAM, welches den größten Anteil am Teilprojekt F-AroMon hatte, gehörten dem Projektkonsortium auch die Airbus Deutschland GmbH, die Broetje Automation GmbH sowie die Premium Aerotec GmbH an.

Ziel des Projektes war es, die klebtechnische Montage von ausgewählten CFK-Spanten und Haltern auf CFK-Rumpfschalen zu automatisieren. Die Halter wurden in CFK-Rumpfschalen des A350 XWB automatisiert gesetzt und der Technologie-Reifegrad 6 (TRL 6) nachgewiesen, was sich laut TRL-Richtlinien mit »prozessfähigem Prototyp in Einsatzumgebung« umschreiben lässt.

Die technologischen Anforderungen an die Prozesse zum automatisierten Fügen von CFK-Spanten in zukünftige CFK-Rumpfstrukturen zielen, neben der Prozesssicherheit und einer Reduzierung der Fertigungszeiten, vor allem auf das Toleranzmanagement. Hierbei unterscheidet sich der Werkstoff CFK deutlich von metallischen Werkstoffen. Nach dem Entformen von großen CFK-Bauteilen, die im Autoklaven ausgehärtet wurden, tritt eine mehr oder weniger große Abweichung von der Form- bzw. Sollgeometrie auf, der im Montageprozess Rechnung getragen werden muss. Bei der

klebtechnischen Montage von Integralspanten macht sich das vor allem in einer ungleichmäßigen Spaltgeometrie zwischen Spantfuß und Hautfeld bemerkbar. Um den Spant in seiner gewünschten Fügeposition zu fixieren, ist dieser Spalt vollständig mit einem 2-komponentigen Epoxidharzklebstoff zu füllen, welcher toleranzangepasst aufgetragen werden muss.

Den Experten des Fraunhofer IFAM ist es gelungen, die bisher manuelle Spantmontage mit einem Füllen der Spalte, welches auf dem iterativen Prinzip von Versuch und Irrtum beruht, durch einen vollständig automatisierten Ablauf zu ersetzen, der Oberflächenbehandlung, Fügen und Inspektion umfasst. Dazu misst ein Roboter mit einem Laserscanner sowohl die Geometrien der Fügeflächen an den Spantfüßen als auch die entsprechenden Fügeflächen auf der CFK-Rumpfschale. Aus diesen Geometriemessdaten errechnet eine Software mit sehr hoher Genauigkeit die resultierenden Spaltmaße, ohne dass ein Probefügen erforderlich ist (Abb. 1).

Im weiteren Prozess werden die Daten in Informationen für einen genau an die Spaltgeometrie angepassten Klebstoffauftrag auf den Spantfuß umgewandelt. Ausgeführt wird die Klebstoffapplikation von einem Roboter mit einem 2K-Dosier-



und Mischendeffektor, der vom Fraunhofer IFAM zusammen mit der Firma Mahr Metering Systems GmbH entwickelt wurde.

Die exakte automatische Positionierung des gekrümmten Spants auf dem ebenfalls gekrümmten Hautfeld unter Optimierung aller Spaltmaße stellt eine besonders hohe Herausforderung dar. Gelöst haben die Forscher des Fraunhofer IFAM diese Aufgabe in enger Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. habil. Jörg Wollnack von der Technischen Universität Hamburg-Harburg unter Verwendung seiner als Entwicklungsbasis in Lizenz genutzten Software zu Prozessautomatisierung.

Bereits zu Beginn des Projektes war vorauszusehen, dass die Andruckkräfte, die selbst ein großer Roboter aufzubringen vermag, nicht ausreichen würden, um den Klebstoff zwischen Spant und Hautfeld auf die gewünschten geringen Schichtdicken zu verquetschen. Deshalb wurden von Wissenschaftlern und Technikern in Stade Spantgreifer konzipiert, konstruiert und gebaut, die neben der mechanischen Aufnahme der Bauteile und der Positionierfunktion auch ein automatisiertes Anpressen mittels Vakuum-Saugnapfen und Druckzylindern bieten.

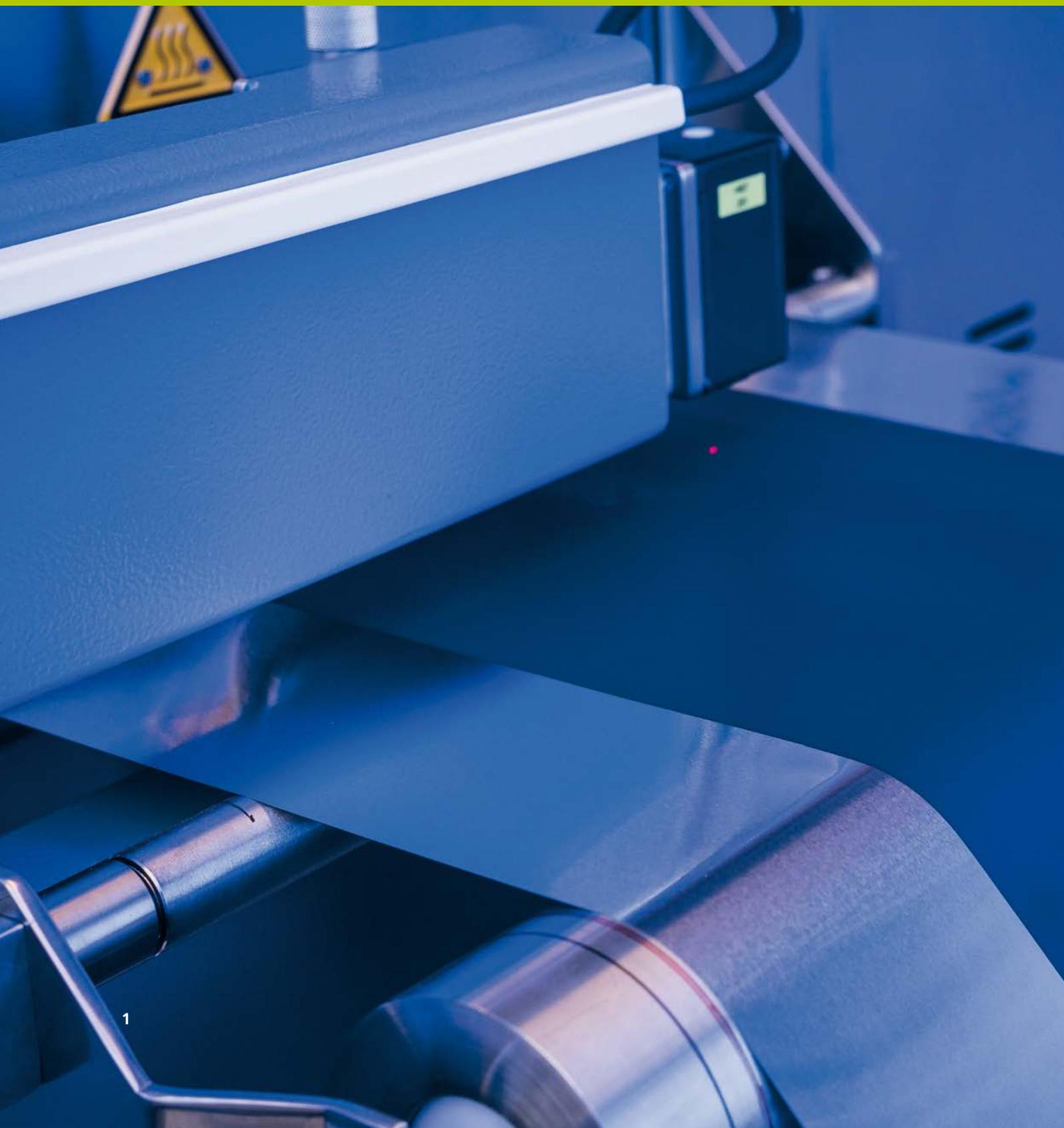
Die Prozesse wurden an der im Projekt entwickelten Montageanlage für CFK-Schalen im 1:1 Maßstab validiert. Über die vom Fraunhofer IFAM zusammen mit Dr.-Ing. habil. Jörg Wollnack entwickelten formgebenden Bauteilaufnahmen mit integrierten Halterobotern werden Schalenteile passgenau für die Montage mit anderen Teilen in Form gebracht. Gleichzeitig messen die verwendeten Vakuumgreifer eingeleitete Kräfte sowie Momente für eine Optimierung der Montageabläufe (Abb. 2).

Mit dem Konzept mobiler, sensorgestützter Roboter und adaptiver Bauteilaufnahmen für eine flexible Automatisierung haben die Experten für Automatisierung und Produktionstechnik des Fraunhofer IFAM im CFK-NORD nicht nur bereits in kürzester Zeit bahnbrechende Montagelösungen

entwickelt, sondern sich auch optimal für weitere Herausforderungen intelligenter Automatisierungskonzepte im Rahmen der Initiative Industrie 4.0 aufgestellt – als Forschungs- und Entwicklungspartner für Branchen wie Luftfahrtindustrie, Automobil-, Nutzfahrzeug- und Schienenfahrzeugbau sowie Energiesektor mit ihren jeweiligen spezifischen Anforderungen und Werkstoffen.

Die Beschaffung und der Aufbau der beschriebenen Montagezelle im Projekt VIA, Teilprojekt F-AroMon, wurde durch die Förderung vom Land Niedersachsen ermöglicht. Das Projekt lief über drei Jahre vom 1.1.2012 bis zum 31.12.2014.

- 1+2 Grafische Darstellung der gescannten Oberflächen Spant/Schale.
- 3 Montagezelle F-AroMon mit eingerüsteter CFK-Rumpfschale.



KERNKOMPETENZ ELEKTRISCHE KOMPONENTEN UND SYSTEME

Elektrisch betriebene Systeme spielen in sämtlichen Branchen der Industrie und in der Gesellschaft eine zentrale Rolle. Die Bereitstellung und der effiziente Einsatz elektrischer Energie in komplexen technischen Systemen erfordert ein umfassendes Systemverständnis. Ausgehend von den elektrischen und elektrochemischen Materialeigenschaften entwickelt das Fraunhofer IFAM technische Lösungen für den effizienten Einsatz elektrischer Energie.

Die sichere Speicherung elektrischer Energie mit hoher Energiedichte und Leistung stellt eine ständige Herausforderung dar und spielt insbesondere für mobile Anwendungen eine wichtige Rolle. Im Fraunhofer IFAM stehen dabei werkstoff- und verfahrenstechnische Aspekte im Vordergrund, um Lösungen für neuartige elektrochemische Speicher zu erarbeiten, z. B. für Li-Ionen- und Metall-Sauerstoff-Batterien. Die gesamte Prozesskette vom Pulver bis zur fertigen Batteriezelle wird auch für kundenspezifische Materialien eingesetzt und unter Nutzung von In-situ-Analytik optimiert.

Die elektrische Antriebstechnik fokussiert auf die Entwicklung, den prototypischen Aufbau und Erprobung von hocheffizienten elektrischen Maschinen. Weiterhin werden Ansätze zur Steigerung der funktionalen Sicherheit von Antriebssystemen sowie die wirkungsgradoptimierte Ansteuerung insbesondere von permanenterregten Synchronmaschinen erarbeitet. Im Vordergrund stehen die Steigerung von Leistungs- und Drehmomentdichte und die Entwicklung spezifischer Fertigungstechnik für elektrische Antriebe. Klebtechnik, Oberflächentechnik und Beschichtungen erweitern die Kernkompetenz um Aspekte wie das Verbinden, Kontaktieren, Isolieren und Schützen von elektrisch leitfähigen Materialien.

Das fahrzeugtechnische Know-how des Fraunhofer IFAM umfasst die Konzipierung, die sichere Steuerung, den Aufbau und die Erprobung von Fahrzeugen mit Elektro- und Hybridantrieb. Um ihre Zuverlässigkeit im Betrieb zu bewerten und zu steigern, werden einzelne Komponenten – wie z. B. der elektrische Antriebsstrang –

mit »Hardware in the Loop«-Simulationen des Betriebsverhaltens auf einem Antriebsstrangprüfstand qualifiziert.

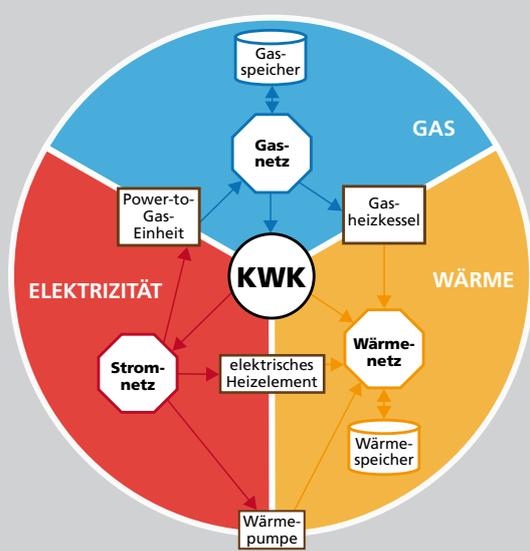
Ein Beispiel für das integrative Zusammenwirken mehrerer Kompetenzen ist die gegossene Spule. Dieser am Fraunhofer IFAM entwickelte innovative Ansatz vereint Aspekte der Gießereitechnologie, der elektrischen Antriebe und spezieller Isolationsbeschichtungen.

Ein übergreifender Baustein in diesem Konzept stellt die Analyse und Bewertung von komplexen Energiesystemen dar – idealerweise unter Berücksichtigung von Elektrofahrzeugen als mobile Speicher. Die Kopplung elektrischer Systeme mit der Wärmeversorgung auf lokaler (Haus/Quartier) und regionaler Ebene bedingt den Einsatz von Wärme- und elektrochemischen Speichern und Wandlern. Hierzu bietet das Fraunhofer IFAM Studien an, in denen auch wirtschaftliche und aktuelle regulatorische Rahmenbedingungen des Strom- und Wärmemarktes berücksichtigt werden.

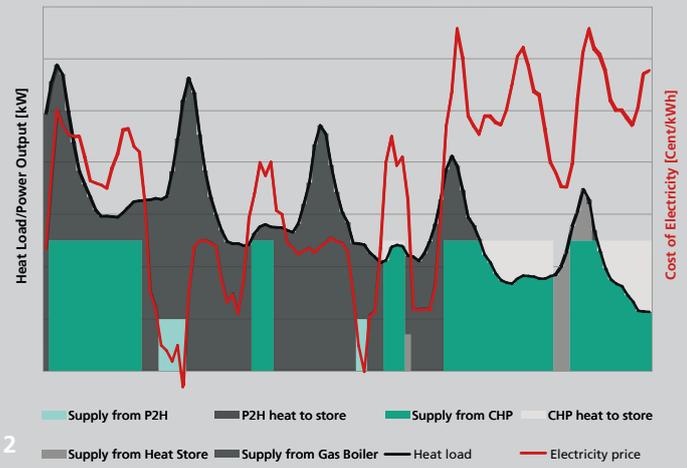
Die Einbindung von mobilen/stationären Speichern und Wandlern in Hausenergiesystemen zwecks Optimierung der Energieeffizienz und/oder der Energieautarkie erfordert ebenfalls ein vertieftes Verständnis elektrischer Systeme.

→ www.ifam.fraunhofer.de/elkos

1 *Rolle-zu-Rolle Beschichtungsanlage – Schichtdickenmessung der fertigen Elektrode.*



1



2

STROMVERSORGUNG: ERNEUERBARE ENERGIEN EFFIZIENT INTEGRIEREN

Die Stromversorgung in Deutschland braucht künftig neue Flexibilitäten, um den wachsenden Anteil an fluktuierender erneuerbarer Erzeugung zu integrieren. Wärme- und Gasnetze können einen Teil der Schwankungen ausgleichen und so dazu beitragen, ein zukünftiges Energiesystem mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien zu stabilisieren. Im Forschungsprojekt Multi-Grid-Storage – MuGridSto untersuchte das Fraunhofer IFAM mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie die Möglichkeiten von Wärme- und Gasnetzen, Strom zu Zeiten der Überdeckung aufzunehmen und zu Zeiten der Unterdeckung wieder abzugeben.

Ein Elektrokessel, eine Wärmepumpe (Power to Heat, P2H) oder ein Elektrolyseur (Power to Gas, P2G) kann die erneuerbare Energie des »überschüssigen« Stroms in ein Wärme- oder Gasnetz einbringen. Wenn am gleichen Netz eine Anlage zur Stromerzeugung (Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage, KWK) angeschlossen ist, erfolgt auch eine »Auspeisung« von Strom. Eine Umwandlungskette aus Elektrolyseur, optional in Kombination mit einer Methanisierungsanlage, Gasnetz und KWK-Anlage kann also als Speicherkette verstanden werden. Gleiches gilt, wenn auch nur bilanziell, für eine Kette aus Elektrokessel bzw. Wärmepumpe, Wärmenetz und KWK-Anlage. In diesem Fall wird nicht die Wärme selbst zurückverstromt, sondern vielmehr das Gas, welches dadurch eingespart wurde, dass die Wärme aus Strom und nicht aus Gas erzeugt wurde.

Die Speicherketten erfüllen also die gleiche Funktion wie klassische Stromspeicher. In einem ersten Schritt stellte MuGridSto sie deshalb hinsichtlich Effizienz und Kosten gegenüber. Die Wärmeketten stellen sich dabei teilweise schon heute vergleichsweise effizient und kostengünstig dar.

Das Modell MuGridFlex, welches im Rahmen des Projektes entwickelt wurde, berechnet darüber hinaus die Wechselwirkungen der Energiewandler innerhalb der Speicherketten. MuGridFlex optimiert stundenscharf den Strombezug von Elek-

trokessel oder Elektrolyseur sowie die Stromproduktion der KWK-Anlage (Abb. 2). Überschüssige Wärme und Gas werden eingespeichert, der verbleibende Wärmebedarf aus dem Speicher oder von einem Gaskessel gedeckt. Der Verlauf von Strompreisen und Wärmebedarf sind dem Modell als Input vorgegeben. Anlagenparameter (Anlagenkapazität, Wirkungsgrade oder Brennstoffkosten) sowie energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen (z. B. Abgaben oder Förderungen) sind exogen vorgegeben und können frei variiert werden. Das Modell erlaubt die detaillierte Analyse der Energiewandlungsketten hinsichtlich wirtschaftlicher und technischer Parameter in Abhängigkeit von variablen Anlagenkennwerten und den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen. So konnten gegenwärtige Rahmenbedingungen identifiziert werden, die nachteilig für die Nutzung der Flexibilität aus Wärme- und Gasnetzen sind und Vorschläge zur Änderung von Rahmenbedingungen überprüft werden. Diese Erkenntnisse werden bei der weiteren Ausgestaltung des deutschen Stromsystems mit hohen Anteilen von fluktuierenden erneuerbaren Energien von Nutzen sein.

1 *Energiewandler zwischen den untersuchten Netzen.*

2 *Darstellung der Einsatzplanung des Modells MuGridFlex.*



RADNABENANTRIEBE BESTEHEN UMFANGREICHE FAHRTESTS

Elektrische Antriebe in den Rädern bieten neben zusätzlichen konstruktiven Möglichkeiten und weitgehender Verschleißfreiheit ein großes Potenzial zur Verbesserung der Sicherheit und Fahrdynamik von Elektrofahrzeugen. Den Vorteilen eines unabhängigen Antriebs in jedem einzelnen Rad stehen jedoch hohe Anforderungen bis zur Serienreife gegenüber.

Die Vorteile von Radnabenantrieben sind offensichtlich: Durch die direkte Kopplung des Antriebs mit den Rädern können sie Funktionen der elektronischen Stabilitätskontrolle und des Antiblockiersystems übernehmen und erlauben eine deutliche Verbesserung des Kurvenverhaltens. Andererseits können durch fehlerhafte Drehmomente an den Rädern Sicherheitsrisiken entstehen.

In einem vom BMWi geförderten und vom DLR betreuten Konsortialprojekt ist es Forschern des Fraunhofer IFAM und des IAL der Leibniz Universität Hannover gelungen, Radnabenantriebe so weiterzuentwickeln, dass auch bei Fehlern im Umrichter die Fahrsicherheit vollständig gewahrt werden kann. Durch die Implementierung einer neuartigen Fehlererkennung ist eine zuverlässige Lokalisierung von Störungen möglich. Ausfälle des Winkelsensors oder der Stromsensoren werden durch einen Abgleich von gemessenen und modellbasiert ermittelten Werten sicher erkannt. Im Fehlerfall wird dann mit den abgeglichenen Daten des mitlaufenden Modells weitergerechnet. Die Behandlung von Komplikationen basiert auf einer fehlertoleranten Gestaltung des Antriebssystems. Hierdurch können auftretende Mängel isoliert und auftretende Bremsmomente kompensiert werden.

Auf dem ATP-Prüfgelände in Papenburg wurde die Wirksamkeit der entwickelten Konzepte erprobt. Für die Fahrversuche wurde ein von der Fraunhofer-Gesellschaft entwickeltes

Demonstratorfahrzeug verwendet, das mit zwei eigenentwickelten Radnabenantrieben an der Hinterachse ausgestattet ist. Die permanentmagneterregten Maschinen bieten jeweils eine Leistung von ca. 76 kW bei einem Spitzendrehmoment von 900 Nm pro Rad.

Die Tests zeigten, dass insbesondere bei Fahrten im Grenzbereich die Sicherheit durch die Umsetzung der Ergebnisse erheblich verbessert wurde. Die Entstehung von unzulässig hohen Bremsmomenten konnte in jeder Betriebssituation vermieden werden. Das Fahrzeug bleibt auch im Fehlerfall bei schnellen Kurvenfahrten und regennasser Fahrbahn kontrollierbar. Erste Abschätzungen zur Wirtschaftlichkeit der Konzepte zeigen zudem, dass sich die Sicherheitsmaßnahmen ohne Mehrkosten integrieren lassen, sodass eine Übertragung in Serienanwendungen auch abseits von Radnabenantrieben möglich ist.

Projekttitle: Erhöhung der funktionalen Sicherheit von permanentmagneterregten Synchronmaschinen in Traktionsantrieben – FuSy

Förderkennzeichen: 01MY12007

Projektlaufzeit: 01.11.2012 bis 31.10.2014

→ www.ifam.fraunhofer.de/video/fusy

1 *Nasshandlingkurs auf dem ATP-Prüfgelände: Weiterentwickelte Radnabenantriebe bestehen umfangreiche Fahrtests.*

BRANCHENSPEZIFISCHE LÖSUNGEN

Grundsätzlich forscht und entwickelt das Fraunhofer IFAM mit dem Ziel, Innovationen in möglichst vielen Bereichen zur Anwendung bringen zu können. Adressaten sind insbesondere die Innovationstreiber in den jeweiligen Industrien. Die für das Fraunhofer IFAM wichtigsten Branchen sind als eigene Geschäftsfelder definiert.

Luftfahrt

Das Geschäftsfeld Luftfahrt adressiert Hersteller von Flugzeugen und Hubschraubern sowie die dazugehörige Zulieferkette. Auch die Luftfahrtindustrie sieht sich vor der Herausforderung, Treibstoffverbrauch, Schadstoff- und Lärmemissionen immer weiter zu reduzieren. Neue Materialien, Leichtbautechnologien und effizientere Triebwerke sind einige der Antworten darauf. Anhaltender Kostendruck lässt die Hersteller zudem nach Lösungen suchen, die eigenen Fertigungsprozesse stärker zu automatisieren. Auch die Notwendigkeit der Reduzierung von Betriebskosten treibt die Suche nach wirtschaftlichen Lösungen an.

Automotive

Das Geschäftsfeld Automotive richtet sich an Hersteller von Fahrzeugen sowie deren Zulieferindustrie. Neben dem allgegenwärtigen Kostendruck und dem Zwang zur klaren Produktdifferenzierung steht die Automobilindustrie vor allem vor der Herausforderung, die Umweltverträglichkeit ihrer Produkte permanent zu verbessern. Leichtbau und Mischbauweisen mit neuen Materialien sind Lösungsansätze dazu. Seit einigen Jahren steht auch die Elektrifizierung bzw. Hybridisierung des Antriebsstrangs im Zentrum der Anstrengungen. »Elektromobilität« ist eines der beherrschenden Themen der Branche.

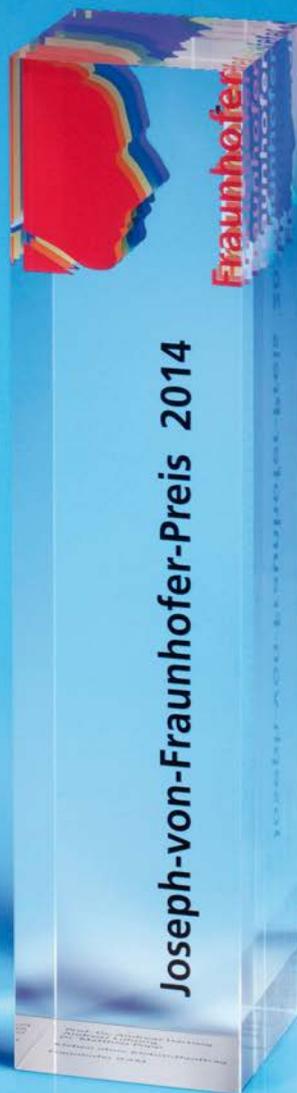
Energie und Umwelt

Das Geschäftsfeld Energie und Umwelt adressiert Unternehmen, die mit Energiewandlung (z. B. über Kraft-Wärme-Kopplung und Elektrolyse), Energieverteilung und Energiespeicherung wichtige Beiträge für eine ressourcenschonende und stabile Energieversorgung liefern. Die angestrebte Effizienzsteigerung bei der Nutzung von elektrischer und thermischer Energie in den Bereichen Gebäude, Verkehr und Produktion ist in vielen Branchen eine ständige Herausforderung. Mit seinen Kompetenzen zu wasserstoff-, strom- und wärmespeichernden Materialien und Komponenten, den Formgebungsverfahren und der Beschichtungstechnik bietet das Fraunhofer IFAM vielfältige Lösungsansätze.

Medizintechnik und Life Sciences

Im Bereich der Medizintechnik wendet sich das Fraunhofer IFAM vor allem an Hersteller von Implantaten, Instrumenten, medizintechnischen und medizinischen Klebstoffen sowie an Beschichtungsdienstleister. In den Life Sciences stehen biologische Oberflächenfunktionalisierung und Biosensoren im Mittelpunkt. In Abstimmung auf das Einsatzgebiet müssen Materialien für die Medizintechnik eine große Zahl von Anforderungen erfüllen. Reinigungsmöglichkeit, Haltbarkeit und mechanische Eigenschaften unterliegen teilweise strengen Qualitätsanforderungen, die es zu erfüllen gilt.

MENSCHEN UND MOMENTE





KLEBEN WILL GELERNT SEIN: 20 JAHRE »KLEBTECHNISCHES ZENTRUM«

Am Kleben führte bei der Entwicklung neuer technologischer Lösungen irgendwann kein Weg mehr vorbei, denn in den letzten Jahrzehnten stiegen die Ansprüche an moderne Produkte und Bauteile. Kleiner, leichter, schneller, ökologisch verträglich, preiswert und mit immer mehr Gebrauchseigenschaften sollten sie sein. Das erzielt man nur durch die ideale Kombination unterschiedlichster Werkstoffe: Holz, Glas, Keramiken, Kunststoffe und Metalle in ihren unzähligen Legierungen untereinander. Diese Materialien lassen sich aber nur durch das Kleben werkstoffgerecht miteinander verbinden. Und was nutzt diese höchst innovative Technologie, wenn niemand sie in der Konstruktion fachgerecht auslegen bzw. an der Werkbank oder in der Produktionslinie fachgerecht umsetzen kann?

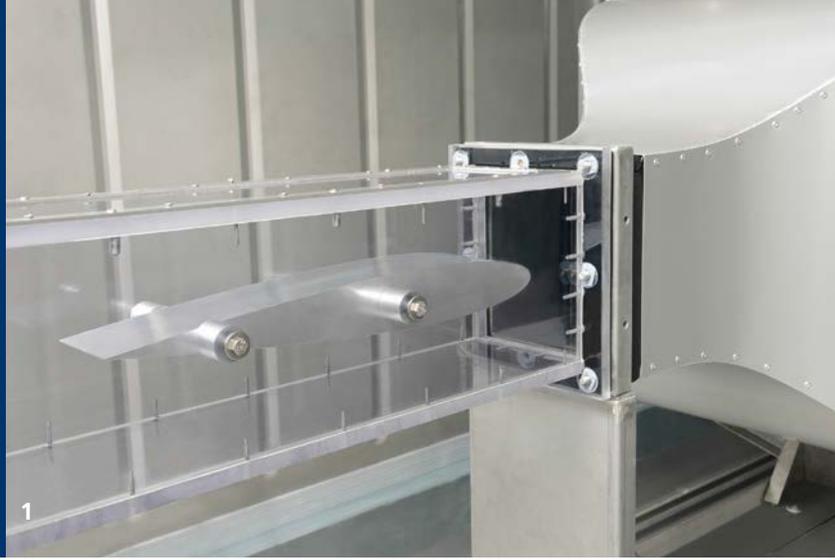
Seit nunmehr 20 Jahren haben mehr als 6000 Menschen die Personalqualifizierungen des Klebtechnischen Zentrums am Fraunhofer IFAM durchlaufen. Sie werden am Institut in Bremen und an weiteren Standorten im In- und Ausland angeboten. Das Weiterbildungsangebot richtet sich hierarchieübergreifend an drei Zielgruppen. Klebpraktiker-Lehrgänge wenden sich an Facharbeiterinnen und Facharbeiter, die Klebungen vornehmen und dabei Arbeitsanweisungen verstehen und fachgerecht umsetzen sollen. Die Lehrgänge zur Klebfachkraft richten sich an Mitarbeiter mit (An-)Leitungsfunktion, um klebtechnische Arbeitsanweisungen entwerfen sowie Personal anleiten und überwachen zu können. Auf die technische Entscheiderebene zielt die Weiterbildung zum Klebfachingenieur. Wer hier erfolgreich war, überblickt die vielschichtigen Möglichkeiten der Klebtechnik, versteht ihren interdisziplinären Ansatz und kann beurteilen, wo und wie klebtechnische Lösungen am besten eingesetzt werden können. Alle Weiterbildungen sind vom Deutschen Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. (DVS) und der European Federation for Welding, Joining and Cutting (EWF) anerkannt.

Eine besonders wichtige Rolle spielt die Klebtechnik für den Schienenfahrzeugbau. In dieser Branche wird besonders viel geklebt. Seit Dezember 2006 ist das Fraunhofer IFAM »An-

erkannte Stelle des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) für die Klebtechnik«. Das Institut überwacht und zertifiziert seither als eine von zwei Einrichtungen in Deutschland in den Anwenderbetrieben die Umsetzung der DIN 6701-2 für das Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen. Eine der grundlegenden Voraussetzungen dabei ist, dass das Personal der Betriebe entsprechend klebtechnisch qualifiziert ist.

Fraunhofer-Experten lehrten das richtige Kleben auch schon in den USA, China, Südafrika, Brasilien, Südkorea und Osteuropa. Mittlerweile ist das Klebtechnische Zentrum Weltmarktführer in der klebtechnischen Personalqualifizierung. Trotz mehrfacher Ausbauten am Standort in Bremen, Kursen im Ausland und regelmäßigen Inhouse-Seminaren bei Firmen kann das Fraunhofer IFAM den Ansturm der Wissbegierigen für die drei Lehrgangsebenen schon längst nicht mehr allein bewältigen. Die Lösung: Partner in Hamburg, Landshut, Ulm sowie in den Niederlanden, Polen, den USA und China führen nach den Qualitätsstandards des Fraunhofer IFAM die personalzertifizierenden Weiterbildungen als Vertrags-Kooperationspartner des Bremer Instituts ebenfalls durch.

1 *Geklebt in Bremen: Teilnehmer des Weiterbildungsprogramms im Klebtechnischen Zentrum.*



NEUER VEREISUNGSWINDKANAL ERMÖGLICHT REALITÄTSNAHE TESTS

Im September 2014 haben die Lacktechnik-Experten am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM einen weiteren Meilenstein zum Testen von Anti-Eis-Beschichtungen und neuartiger Enteisungstechnologien erreicht: Nach intensiver Planung und Entwicklung konnte ein großes Eislabor mit integriertem Vereisungswindkanal im Rahmen einer Festveranstaltung in Bremen eingeweiht werden.

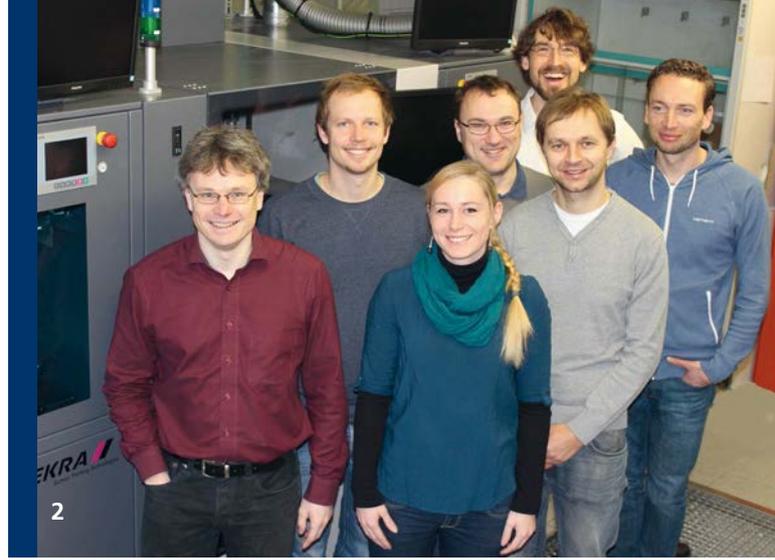
Die Vermeidung von Eisbildung auf Oberflächen ist eine große technische Herausforderung. Von Vereisungen betroffen sind nicht nur Flugzeuge, Schiffe, Schienenfahrzeuge und Automobile, sondern auch Klima- und Kühltechnik sowie Windenergieanlagen. Das gebildete Eis verursacht hohe Kosten und beeinträchtigt die Funktion sowie Sicherheit von technischen Geräten und Anlagen.

Das neu errichtete Eislabor mit integriertem Vereisungswindkanal dient den Forschern des Fraunhofer IFAM zur Simulation realitätsnaher Vereisungsbedingungen, um damit die Effizienz und Wirksamkeit von neuen Anti-Eis- und Enteisungstechnologien zu untersuchen. Die Testanlage ist so konzipiert, dass sowohl grundlagenorientierte Untersuchungen zur Eisdhäsion oder Vereisungsprozessen durchgeführt als auch spezifische, technisch relevante Klimabedingungen nachgestellt werden können. Temperaturen von bis zu -30 °C werden erreicht. Darüber hinaus werden im Vereisungswindkanal Geschwindigkeiten bis zu 350 km/h realisiert. Ein eigens entwickeltes System zur Wassereindüsung in den Windkanal ermöglicht zudem die Schaffung unterkühlter Wassertropfen, um charakteristische Szenarien für Oberflächen an Flugzeugen und Windenergieanlagen nachstellen zu können. Damit werden Untersuchungen hinsichtlich der Wirksamkeit und des Energiebedarfs neu entwickelter Materialien an Modellstrukturen ermöglicht.

Mit Hochdruck wird derzeit an Anti-Eis-Technologien gearbeitet, die die Bildung und Haftung von Eis auf Oberflächen verhindern sollen. Am Fraunhofer IFAM wird an Lösungen durch funktionelle Beschichtungen gearbeitet. Hierzu zählen u. a. Lacke, die durch oberflächenaktive Substanzen oder nanostrukturierte Oberflächen z. B. eine ausgeprägte Hydrophobie aufweisen. Auch der Einsatz spritzbarer, heizbarer Beschichtungen ist ein Entwicklungsschwerpunkt der Lack-Experten in Bremen. Darüber hinaus sind Schichten mit chemisch bzw. biochemisch basierten Gefrierpunktsenkenden Substanzen für einige technische Anwendungen vielversprechend, um Eisbildung auf der Oberfläche zu verzögern oder zu verhindern. Bei der Auswahl und der Entwicklung geeigneter Lösungskonzepte spielen dabei immer sowohl die relevanten Vereisungsszenarien als auch die technischen Anforderungen an das Beschichtungsmaterial eine Rolle.

Die neu errichtete Testanlage zur Untersuchung von technisch relevanten Vereisungen bietet Forschern des Fraunhofer IFAM die Möglichkeit, neu entwickelte Anti-Eis-Konzepte umfassend zu untersuchen und zu verbessern. Dies wird in Forschungs- und Entwicklungsprojekten realisiert, in denen Partner aus Wissenschaft und Industrie eng zusammenarbeiten.

1 Testfeld mit integriertem Flügelprofil.



WELTWEIT MODERNSTE ANLAGE IM 3D METAL PRINTING IN BETRIEB GENOMMEN

Am Fraunhofer IFAM in Dresden startete im Oktober 2014 eine komplett neu entwickelte produktionsnahe Anlage für das 3D Metal Printing ihren Betrieb.

Der dreidimensionale Siebdruck ist eine neuartige Weiterentwicklung des klassischen industriellen Siebdrucks. Durch ein Sieb wird eine auf Metallpulvern basierende Paste schichtweise übereinander in die dritte Dimension gedruckt. Die so aufgebauten Strukturen werden anschließend durch Wärmebehandlung zu fertigen Bauteilen verfestigt.

Deren Anwendungsbreite spiegelt den gesamten Wirtschaftsstandort Deutschland wider. So werden die Bauteile beispielsweise in der Medizintechnik, im Automotive für neue elektrische Antriebskonzepte, in der Chemie- und Verfahrenstechnik, bei Kühlerentwicklungen in der Energietechnik sowie für Magnetwerkstoffe eingesetzt.

Mit der Installation der innovativen Anlage, die gemeinsam mit dem Kooperationspartner EKRA Automatisierungssysteme GmbH, einem Mitglied der ASYS GROUP, entwickelt wurde, bringt das Fraunhofer IFAM Dresden die neueste Generation im 3D Metal Printing auf den Weg und gleichzeitig wird den erfolgreichen Entwicklungen des Institutes im Bereich des Additive Manufacturing in den letzten Jahren Rechnung getragen.

Die auf den 3D-Siebdruckprozess zugeschnittene Anlage setzt in der Prozesstechnik neue Maßstäbe und enthält für den Anwender Komponenten zur späteren Kommerzialisierung. Für Qualitätssicherung und Prozessüberwachung sind daher auch Konzepte integriert, wie sie in klassischen Siebdruckfertigungsanlagen von EKRA/ASYS für die Automotiv- und Photovoltaikindustrie bereits Standard sind.

Die neue Anlage erlaubt mit ihren zwei wechselseitig ansteuerbaren Drucktischen mit bis zu je 300 x 300 mm² nutzbarer Fläche umfangreiche Variationsmöglichkeiten. Beispielhaft zu nennen ist die Vielfalt an frei einstellbaren Parametern kombiniert mit einer hochgenauen Siebpositionierung.

Da die Tische selbst bei einer parallelen Nutzung mit unterschiedlichen Druckeinstellungen gefahren werden können, wird die Geschwindigkeit bei der Prozess- und Bauteilentwicklung erheblich gesteigert und zusätzlich die Produktivität verdoppelt. Weitere Features wie eine klimatisierte Prozesskammer, die Möglichkeiten zur Nutzung von sowohl wasser- als auch lösemittelbasierten Systemen und eine optionale Infrarot- oder UV-Härtung stellen sicher, dass die 3D-Siebdruckanlage den Entwicklungsanforderungen des Fraunhofer IFAM Dresden auch weiterhin Rechnung trägt. Mit dieser revolutionären Anlagentechnik können weitere Anwendungsfelder erschlossen werden, wobei neben der reinen Bauteil- und Prozessentwicklung der Schwerpunkt auf weitere Produktivitätssteigerung und Qualitätssicherung gelegt wird, um mit Anwendern die industrielle Umsetzung zu begleiten und Kunden damit den Ausgangspunkt für eine eigene Siebdrucklinie zu bieten. Die Installation der neuen 3D-Siebdruckanlage stellt einen weiteren Meilenstein für das Kompetenzzentrum im Bereich der additiven Fertigung am Fraunhofer IFAM in Dresden dar.

1 Neue produktionsnahe Anlage für das 3D Metal Printing am Fraunhofer IFAM Dresden.

2 Die Arbeitsgruppe 3D Metal Printing des Fraunhofer IFAM in Dresden.



NIEDERSACHSENS MINISTERPRÄSIDENT ZU BESUCH IM CFK NORD

Ministerpräsident Stephan Weil hat im Juli das vom Land Niedersachsen initiierte und geförderte Forschungszentrum CFK NORD besucht. Dr. Dirk Niermann, Leiter der Abteilung Automatisierung und Produktionstechnik am Fraunhofer IFAM, informierte seinen Gast über aktuelle Entwicklungsarbeiten und gab einen Ausblick auf zukünftige Forschungsaktivitäten wie die Interaktion zwischen Mensch und Roboter in der Verarbeitung carbonfaserverstärkter Kunststoffe (CFK).

Das Land Niedersachsen stellte den Großteil der Fördermittel für verschiedene Projekte bereit – mit dem Erfolg, dass jetzt zukunftsweisende Technologien insbesondere für die niedersächsischen Werke von Airbus, Premium Aerotec und deren Zulieferer zur Sicherung von Arbeitsplätzen und Wettbewerbsfähigkeit verfügbar sind und bereits für den Einsatz in der Serienproduktion vorbereitet werden. Gemäß dem Ansatz von Fraunhofer, Innovationen und neue Technologien in möglichst vielen Bereichen zur Anwendung zu bringen, sind die Erkenntnisse aus den Projekten in Stade auf andere Industrien übertragbar. Die Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM arbeiten hier an Lösungen zur Automatisierung der Füge- und Bearbeitungstechnik für Leichtbaustrukturen. Erstes Ziel dabei ist eine effizientere automatisierte Verarbeitung, wobei die sichere Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter ein wichtiger Bestandteil der Forschung darstellt.

In drei abgeschlossenen Großprojekten, die Entwicklungsthemen aus der Montage, Bearbeitung und Bauteilaufnahme zum Inhalt hatten, haben die Forscher richtungsweisende Ergebnisse erzielt. So hat man mit vergleichsweise günstigen Standard-Industrierobotern bei sensorgeführten Arbeiten an den bis zu 13 Meter langen CFK-Bauteilen eine Genauigkeit erreicht, die bisher nur von wesentlich teureren, durch schweren Stahlbau verstärkten Sondermaschinen bekannt war. Dem Fraunhofer IFAM ist es in Kooperation mit der Technischen Universität Hamburg-Harburg gelungen, diese Roboter mit Sensoren und einer Software, die im übertragenen Sinne als

»korrigierende Brille« wirkt, ausreichend genau zu führen. Damit können die Roboter auf den jeweiligen Fertigungsprozess reagieren und sich individuell anpassen. Bisher wird in der Serie für jedes CFK-Bauteil eine eigene, starre Stahlaufnahme eingesetzt, welche jeweils hochgenau und damit teuer in der Anfertigung ist. Mithilfe der entwickelten flexiblen Bauteilaufnahme mit integrierten Halterobotern können nun auch Schalentteile von Flugzeugrümpfen verschiedener Durchmesser passgenau für die Montage mit anderen Teilen in Form gebracht werden. Ein weiteres Beispiel für die flexible Fertigung ist eine Anlage, die CFK-Großbauteile hochpräzise unter Einsatz von drei Industrierobotern unterschiedlicher Hersteller fräst und bohrt.

Dem Menschen werden durch die ausgefeilte Technik der Roboter unangenehme und gesundheitsgefährdende Arbeiten abgenommen, wie sie etwa aufgrund schwerer Lasten, wenig ergonomischer Einbausituationen oder durch Staub- und Lärmemissionen entstehen. Auch wenn sehr hohe Anforderungen an Präzision und Geschwindigkeit gestellt werden, ergänzen Roboter und Mensch einander perfekt.

1 Prof. Dr. Bernd Mayer (Institutsleiter Fraunhofer IFAM), Silvia Nieber (Bürgermeisterin Hansesstadt Stade), Stephan Weil (Niedersächsischer Ministerpräsident), Petra Tiemann (Abgeordnete des Niedersächsischen Landtags), Dr. Dirk Niermann (Abteilungsleiter Fraunhofer IFAM) (v. l. n. r.) vor der Anlage zur automatisierten Montage von Flugzeugrümpfen.



»JUNIOR-INGENIEUR-AKADEMIE« IN KOOPERATION MIT MERCEDES-BENZ WERK

Am 10. Juli fand die Ergebnispräsentation des dritten Jahrgangs der »Junior-Ingenieur-Akademie« des Gymnasiums Osterholz-Scharmbeck zum Thema »Crashtests mit geklebten Karosserien« am Fraunhofer IFAM statt. Gefördert wurde dieses Projekt zum ersten Mal vom Mercedes-Benz Werk Bremen. Elf Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse konnten sich innerhalb von zwei Schuljahren intensiv mit dem Thema Kleben auseinandersetzen und dabei einen Einblick in die Arbeitswelt von Ingenieuren erhalten.

Zusammen mit Wissenschaftlern, Ingenieuren, Technikern und Auszubildenden vom Fraunhofer IFAM und dem Mercedes-Benz Werk in Bremen hatten Schüler Themen rund um die Fügetechnologie Kleben bearbeitet, um in einem Abschlussprojekt die Stabilität von Klebverbindungen in selbstgebauten Modellautos im Crashtest zu prüfen.

Prof. Dr. Andreas Hartwig, stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer IFAM, Dr. Lars Höper und Torben Rimasch vom Mercedes-Benz Werk Bremen, Sandra Heidemann von der Deutschen Telekom Stiftung sowie Lehrer und Eltern der jungen Ingenieure waren bei der Abschlusspräsentation anwesend. Von ersten eigenen Versuchen an der Schule, Recherchen zu theoretischen Grundlagen bis zu praktischen Arbeiten am Modellauto, einer im Mercedes-Benz Werk gebauten Crashbahn sowie klebtechnischen Versuchen und Auswertungen am Fraunhofer-Institut haben sich die jungen Forscher alles selbstständig erarbeitet.

Unter anderem haben die Schüler nach der Analyse ihrer Crashversuche, die sie mit einer Hochgeschwindigkeitskamera dokumentieren konnten, herausgefunden, dass es für die Stabilität von den Modellautos offenbar elementar ist, nicht nur einen, sondern je nach Anwendungsort verschiedene Klebstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften anzuwenden. Die Begeisterung, mit der die Jungingenieure ihr Projekt bearbeitet haben, war bei der Abschlusspräsentation spürbar. Diese Euphorie für Ingenieur-

tätigkeiten und MINT-Fächer muss schon in der Schulzeit geweckt und aufrechterhalten werden, um dem Fachkräftemangel im wissenschaftlich-technischen Bereich entgegenwirken zu können.

Die »Junior-Ingenieur-Akademie« des Gymnasiums Osterholz-Scharmbeck hat mit dem Fraunhofer IFAM und dem Mercedes-Benz Werk in Bremen zwei starke Förderer in der Forschung und Wirtschaft gefunden, die erfreulicherweise auch 2015 mit einem neuen »JIA«-Jahrgang weitergeführt wird.

Das JIA-Projekt am Gymnasium Osterholz-Scharmbeck wurde 2005 von der Deutschen Telekom Stiftung ins Leben gerufen und bis 2012 gefördert, seitdem unterstützt das Mercedes-Werk Bremen die Schule, damit dieses Programm weiter durchgeführt werden kann. Während des zweijährigen Programms, das in der Schule im Rahmen einer AG angeboten wird, profitieren die teilnehmenden Schüler nicht nur fachlich. Durch Workshops zu den Themen Präsentationstechnik und Projektmanagement und der aktiven Konfrontation mit außerschulischen Lebenswelten und Lernorten wachsen sie persönlich in einem erstaunlichen Maße – so die Aussage der betreuenden Lehrkräfte.

1 *Schüler der 9. Klasse des Gymnasiums Osterholz-Scharmbeck haben erfolgreich die »Junior-Ingenieur-Akademie« in Kooperation mit dem Fraunhofer IFAM und dem Mercedes-Benz Werk in Bremen abgeschlossen.*



JOSEPH-VON-FRAUNHOFER-PREIS FÜR VORAPPLIZIERBARE KLEBSTOFFE

Den Wissenschaftlern Prof. Dr. Andreas Hartwig, Dr. Matthias Popp und Dipl.-Ing (FH) Andreas Lühring am Fraunhofer IFAM ist es gelungen, den Klebstoffauftrag vom eigentlichen Fügevorgang zu entkoppeln. »Pre-Applicable Structural Adhesives« (PASA®) ist eine effektive und preisgünstige Fügemethode und bietet völlig neue Anwendungsmöglichkeiten in der Industrie. Für diese außerordentliche Entwicklung wurden die drei Forscher auf der Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft am 21. Mai 2014 mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis ausgezeichnet.

Der Automobilzulieferer STANLEY Engineered Fastening – Tucker GmbH aus Gießen suchte nach einer Möglichkeit, Bolzen zu kleben, ohne dass man in der Fertigung mit flüssigem Klebstoff hantieren muss. Die Idee der Forscher des Fraunhofer IFAM war es, zunächst den Klebstoff auf eines der Bauteile aufzutragen, damit sich dort eine klebfreie trockene Schicht bilden kann. Die eigentliche Klebstoffhärtung und das Fügen der Bauteile erfolgen in einem späteren Produktionsschritt.

Das Prinzip war beim nicht-strukturellen Kleben bereits bekannt. Schon die erste Briefmarke war mit einem Klebstoff versehen, der nur im angefeuchteten Zustand auf dem Umschlag haftete. Nun ist es den Wissenschaftlern gelungen, diesen Ansatz für industriell zu fertigende hochfeste Klebverbindungen weiterzuentwickeln. Keine einfache Aufgabe, denn die Klebstoffe müssen unterschiedliche und zum Teil sich widersprechende Anforderungen erfüllen. Nachdem der Klebstoff aufgetragen ist, darf er nicht mehr kleben und muss sich lange lagern lassen, ohne dass die Härtungsreaktion bereits startet. Andererseits soll er beim Fügen sehr reaktiv sein und schnell aushärten. Die Lösung: Die Kombination von Harzen und Härtern mit unterschiedlichen Schmelzpunkten in Kombination mit einer mikrodispersen Verteilung der Härter.

Der reaktive Schmelzklebstoff wird zum Beispiel in der Fertigung von Befestigungsbolzen genutzt. Das Material wird

aufgeschmolzen und aufgetragen. Nach dem Abkühlen ist es wieder fest. Die so beschichteten Bolzen lassen sich problemlos transportieren und lagern. Um den Klebstoff auszuhärten, erhitzt man ihn kontrolliert auf mehr als 150 °C. Dabei schmilzt auch der Härter und die eigentliche Klebstoffhärtung wird aktiviert, so lassen sich zwei Bauteile innerhalb weniger Sekunden fest miteinander verbinden.

Trotz vergleichsweise langer Lagerzeiten ist die Haltbarkeit der Klebstoffe begrenzt. Die Wissenschaftler haben deswegen noch eine Zustandskontrolle eingebaut: Ist der Klebstoff nicht mehr funktionsfähig, verändert er seine Farbe.

Die PASA®-Technologie lässt sich für eine Vielzahl von Anwendungen nutzen. Beispiele sind das Waferprocessing oder die lokale Verstärkung von Blechbauteilen. Inzwischen gibt es einen variablen Baukasten mit Klebstoffen, die auf verschiedenen Rohstoffen und Härtungsprinzipien basieren. Die Experten am Fraunhofer IFAM haben die Zusammensetzung der Klebstoffe jeweils so verändert, dass sie für die verschiedensten Anwendungen zu einer bestmöglichen Produktivität und zu einem optimalen Eigenschaftsprofil führen.

1 *Kleben ohne Klebstoffauftrag – eine Revolution in der industriellen Verbindungstechnik: Dr. Matthias Popp, Prof. Dr. Andreas Hartwig und Andreas Lühring (v. l. n. r.). (© Dirk Mahler)*



SURFAIR AWARD FOR INNOVATION FÜR ANODISIERKLEBEBÄNDER

Bei der 20th International Conference on Surface Treatment in the Aeronautics and Aerospace Industries – SURFAIR in Biarritz, Frankreich, wurden die Ergebnisse des Forschungsprojektes »Klebebänder zur lokalen Anodisierung von Aluminiumoberflächen« am 6. Juni 2014 mit dem SURFAIR Award for Innovation ausgezeichnet. Shane Arthur, Senior Manager & Enterprise Leader bei der Boeing Company, überreichte Dr. Malte Burchardt den Preis stellvertretend für das Entwicklungsteam des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen.

Die Anodisation ist die hochwertigste Vorbehandlung von Aluminiumbauteilen vor dem Kleben oder Lackieren. Die Behandlung wird typischerweise in Tauchbädern durchgeführt. Bei Reparaturen während des Einsatzes oder Nacharbeiten in der Produktion ist eine Anodisierung in Tauchbädern aufgrund der Schädigung nicht zu behandelnder Bereiche oder der Bauteilgröße in der Regel nicht möglich. Auch ist nicht in allen Fällen eine Behandlung des gesamten Produktes gewünscht.

Für die lokale Anodisation von Aluminium hat ein abteilungsübergreifendes Team des Fraunhofer IFAM ein völlig neuartiges Konzept entwickelt, das alle für die Anodisation benötigten Komponenten in einem funktionalen Klebeband vereint. An der Entwicklung beteiligt waren Antonina Krieger, Dr. Malte Kleemeier und Katharina Teczyk aus dem Gebiet Klebstoffe und Polymerchemie sowie Lissy Berndt, Dr. Malte Burchardt und Dr. Stefan Dieckhoff aus dem Gebiet Adhäsions- und Grenzflächenforschung.

Das Anodisierklebeband wird auf die zu behandelnde Oberfläche aufgeklebt und eine Gleichspannungsquelle an das Bauteil und an die in das Klebeband integrierte Kathode angeschlossen. Bei mit Badprozessen vergleichbaren Spannungs- und Zeitvorgaben werden poröse Oxidschichten bis zu 1 µm Dicke erhalten. Nach der Anodisierung kann das Klebeband

rückstandsfrei von der Oberfläche abgezogen werden.

Das Anodisierklebeband erlaubt eine Cr(VI)-freie, hochwertige lokale Vorbehandlung für beanspruchte Lackierungen und Klebverbindungen. Die Haftfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit wird drastisch verbessert. In praktischen Tests konnten vergleichbare Ergebnisse wie für Badverfahren erzielt werden. Die Handhabung ist einfach und sicher, der Einsatz von Chemikalien wird reduziert. Dadurch erlaubt das Anodisierklebeband auch in solchen Fällen, in denen bisher nicht anodisiert werden konnte, eine exzellente Oberflächenvorbehandlung. Anwendungsgebiete sind lokale Nacharbeiten im Produktionsprozess, Reparaturen sowie eine teilweise Vorbehandlung großer Bauteile, wenn eine Badbehandlung unwirtschaftlich ist.

1 *Shane Arthur, Sr. Manager & Enterprise Leader bei der Boeing Company, überreichte Dr. Malte Burchardt den SURFAIR Award for Innovation. (© M. Pascal Guittet, Infopro Digital)*

2 *SURFAIR Award.*



»ACADEMIC R&D AWARD« FÜR GEDRUCKTE THERMOGENERATOREN

Auf der Printed Electronics 2014 in Berlin wurden die Ergebnisse der Forschungsarbeiten »Gedruckte Thermogeneratoren für Energy Harvesting« mit dem »Academic R&D Award« ausgezeichnet. Dr. Volker Zöllmer nahm den Preis für die Abteilung Functional Printing des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM am 1. April entgegen. Im Rahmen der Preisverleihung stellte er die wesentlichen Entwicklungsergebnisse vor und zeigte auf, inwieweit die Energieversorgung von Sensoren aus Temperaturunterschieden erfolgen kann und welche Möglichkeiten sich durch den Einsatz von gedruckten Thermogeneratoren eröffnen.

Die Fraunhofer-Wissenschaftler der Abteilung Functional Printing beschäftigen sich in Kooperation mit dem Lehrstuhl von Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse an der Universität Bremen mit dem Thema Energy Harvesting: Drahtlose Sensornetzwerke können dabei helfen, sicherheitsrelevante Bauteile einfacher zu überwachen. Damit die Sensoren optimal arbeiten, müssen sie direkt auf die Oberfläche der Bauteile aufgebracht oder sogar in diese integriert werden. Die Stromversorgung erfolgt meist per Kabel oder Batterie. Doch die begrenzte Speicherkapazität und Lebensdauer der Batterien sowie das Thema Recycling sind kritische Punkte für die Anwender. Der Erfahrung nach definiert eine zu wechselnde Batterie das Design einer Anwendung maßgeblich mit und schränkt somit die flexible Auslegung ein.

Damit die Sensornetzwerke sich überhaupt für eine Energieversorgung mittels Energy-Harvesting-Verfahren eignen, dürfen sie nur wenig Strom verbrauchen. Wenn die Sensoren in intelligenten Netzen nur beim Senden und Empfangen der Daten aktiv sind, wird nur noch Energie im Milliwatt-Bereich benötigt. Diese Menge können zum Beispiel Thermogeneratoren liefern, die Umgebungswärme in Strom umwandeln. Die Fraunhofer IFAM-Forscher nutzen neue Produktionsverfahren, um solche Generatoren passgenau herzustellen.

Mit generativen Fertigungsverfahren lassen sich sowohl Sensoren und Sensornetze als auch die Elemente für die Energieernte wie zum Beispiel Thermogeneratoren produzieren: Durch das direkte Aufbringen von Strukturen aus funktionalen Materialien auf Basis von Tinten oder Pasten mittels Ink-Jet, Aerosol-Jet, Siebdruck oder Dispensverfahren können nicht nur elektrische Schaltkreise und Sensorelemente auf verschiedene Oberflächen aufgebracht werden. Es ist auch möglich, Strukturen zu erzeugen, die Energie ernten. Durch die gezielte Kombination von metallischen und thermoelektrischen Werkstoffen, die nacheinander aufgetragen werden, stellen die Forscher Strukturen her, die sich als thermoelektrische Generatoren nutzen lassen. Der große Vorteil: Die gedruckten Thermogeneratoren lassen sich exakt an die technischen Oberflächen anpassen. Das macht die Sensoren weniger stör anfällig, da die Energieversorgung direkt an die jeweiligen Anforderungen adaptiert werden kann.

1 Dr. Volker Zöllmer und seine Abteilung erhielten den »Academic R&D Award« für gedruckte Thermogeneratoren.

NAMEN | DATEN | EREIGNISSE



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

Kooperation mit Hochschulen

Die intensive Zusammenarbeit und Vernetzung mit den Universitäten und Hochschulen an den Standorten des Instituts spielt für das Fraunhofer IFAM eine große Rolle. Das gilt insbesondere für die Universität Bremen und die Technische Universität Dresden.

Forscher und Forscherinnen des Fraunhofer IFAM waren im Sommersemester 2014 und im Wintersemester 2014/2015 wieder mit mehr als vierzig Lehrveranstaltungen u. a. der Universität Bremen, der Technischen Universität Dresden, der Hochschule Bremen und der Hochschule Bremerhaven aktiv.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Vorträge

Mit über 300 Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Publikationen dokumentieren am Fraunhofer IFAM erzielte Forschungsergebnisse und bestätigen die starke Position des Instituts auch in der akademischen Community. Ehrungen und Preise für Angehörige des Instituts unterstreichen das.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM waren auch 2014 wieder intensiv beteiligt an Konferenzen, Messen und Tagungen. Der Schwerpunkt der aktiven Beiträge (in Form von Vorträgen oder Postern) lag dabei in Deutschland. Die starke internationale Vernetzung des

Instituts zeigt sich darüber hinaus darin, dass viele Beiträge auch in 2014 bei Veranstaltungen im europäischen Ausland, in Asien, Nord- oder Südamerika gehalten wurde. Neben der aktiven Teilnahme an von anderer Seite organisierten wissenschaftlichen Fachveranstaltungen tritt das Institut auch regelmäßig selbst als Veranstalter auf.

Patente

Patente dokumentieren die Innovationsfähigkeit einer Organisation. Mit der Erteilung von zwölf Patenten im Jahr 2014 hält das Fraunhofer IFAM das hohe Niveau der Vorjahre.

Die detaillierte Aufstellung von

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

findet sich im Internet unter:

→ www.ifam.fraunhofer.de/nde

IMPRESSUM

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse
Formgebung und Funktionswerkstoffe
Telefon +49 421 2246-100
Telefax +49 421 2246-300

Prof. Dr. Bernd Mayer
Klebtechnik und Oberflächen
Telefon +49 421 2246-419
Telefax +49 421 2246-430

Standort Bremen

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Wiener Straße 12
28359 Bremen
Telefon +49 421 2246-0
info@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de

Standort Dresden

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Institutsteil Dresden
Winterbergstraße 28
01277 Dresden
Telefon +49 351 2537-300
info@ifam-dd.fraunhofer.de
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

Stephanie Uhlich M.A.
Dipl.-Biol. Martina Ohle
Cornelia Müller M.A.

Externe Dienstleister

Foto

PR Fotodesign: Britta Pohl, Jochen Röder;
GfG Bremen: Thomas Kleiner

Satz und Layout

Gerhard Bergmann, SOLLER Werbestudios GmbH

Druck und Verarbeitung

Asco Sturm Druck GmbH

Bildquellen

© Fraunhofer IFAM oder Quellenangaben

Folgen Sie uns auf



**Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM**

**info@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de**