Fraunhofer
IFAM

1968-2018
50 Jahre Fraunhofer IFAM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM

+ ADHÄSIONS- UND GRENZFLÄCHENFORSCHUNG + AUTOMATISIERUNG UND PRODUKTIONSTECHNIK

+ CHEMIE DER FASERVERBUNDWERKSTOFFE + ELEKTRISCHE ENERGIESPEICHER

50 JAHRE ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG

+ ELEKTROMOBILITÄT + ENERGIE UND THERMISCHES MANAGEMENT

+ GIESSEREITECHNOLOGIE UND LEICHTBAU

+ KLEBSTOFFE UND POLYMERCHEMIE

+ KLEBTECHNISCHE FERTIGUNG + LACKTECHNIK

+ PLASMATECHNIK UND OBERFLÄCHEN + PULVERTECHNOLOGIE

+ QUALITÄTSSICHERUNG UND CYBER-PHYSISCHE SYSTEME

+ SINTER- UND VERBUNDWERKSTOFFE + SMART SYSTEMS

+ WASSERSTOFFTECHNOLOGIE

+ WEITERBILDUNG UND TECHNOLOGIETRANSFER

+ WERKSTOFFE UND BAUWEISEN

+ ZELLULARE METALLISCHE WERKSTOFFE

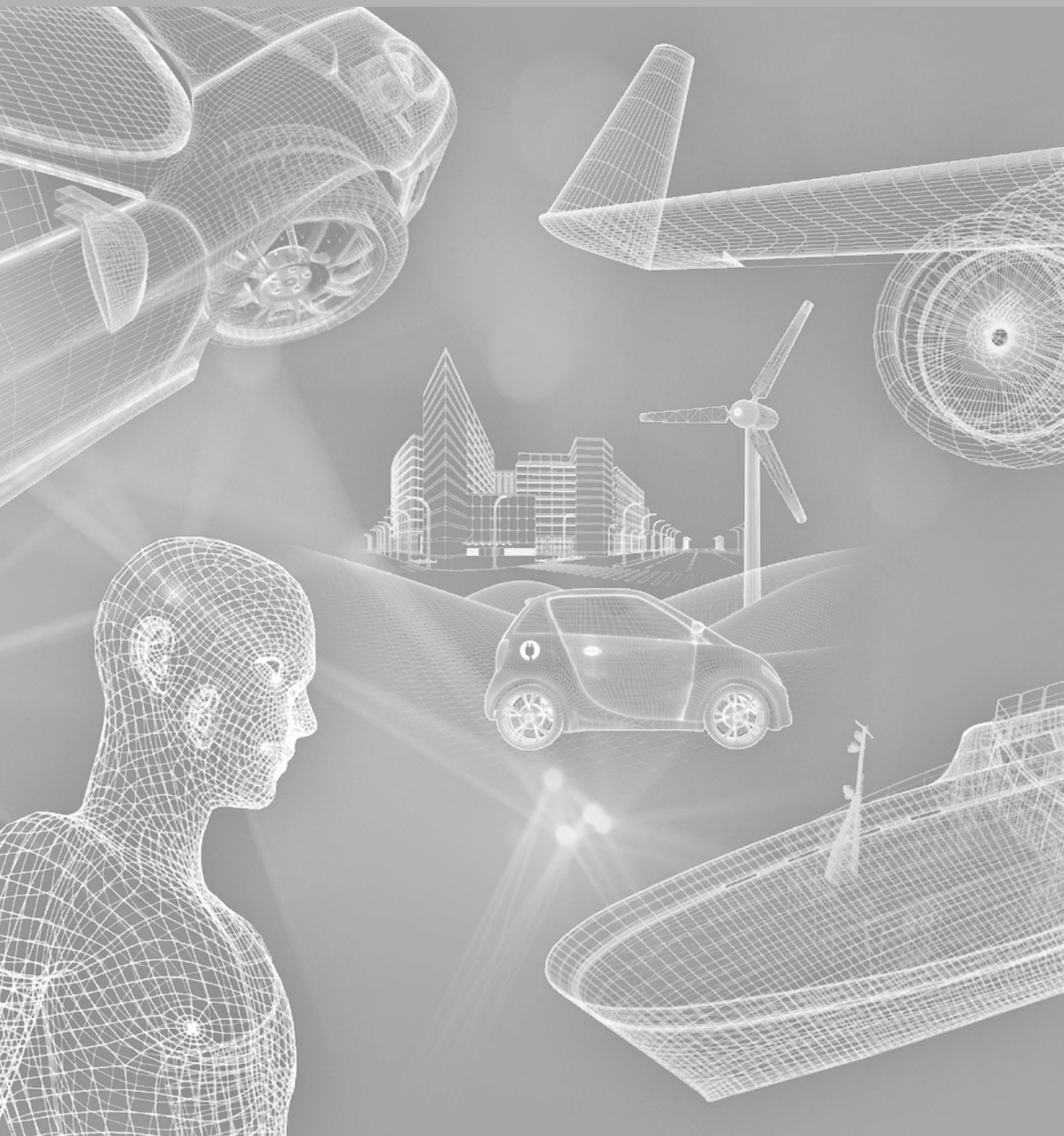
JAHRESBERICHT 2018/2019

Das »Fraunhofer FamilienLogo« ist eine Auszeichnung der Fraunhofer-Gesellschaft für herausragende Rahmenbedingungen zur Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben am Institut.

JAHRESBERICHT

2018/2019

VORWORT



1

Liebe Leserinnen und Leser,

2018 war für das Fraunhofer IFAM ein besonderes Jahr: Mit einem Senatsempfang beging das Institut am 13. Juni sein 50-jähriges Jubiläum; mehr als 400 Gäste folgten der Einladung des Bremer Bürgermeisters, Dr. Carsten Sieling, in das historische Rathaus der Stadt. Hierbei wurde deutlich, wie die Kombination von Kontinuität und Veränderung langfristig den Erfolg des Instituts sichert.

Aufbauend auf den Kompetenzen zu Werkstoffen und Fertigungstechnologien werden schrittweise Forschungsgebiete erschlossen und Organisationsstrukturen weiterentwickelt. Der Fokus liegt auf gesellschaftsrelevanten Themen wie Automatisierung und Digitalisierung, Energie, Mobilität und Medizintechnik. Die Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe, programmierbare Materialien, biologische und digitale Transformation sowie die Elektromobilität sind Forschungsfelder, die das Fraunhofer IFAM intensiv vorantreibt.

Das Fraunhofer IFAM ist Impulsgeber und Koordinator von zwei Fraunhofer-Projektzentren – für Leichtbau und Elektromobilität innerhalb der Open Hybrid LabFactory in Wolfsburg sowie für Energiespeicher und Systeme in Braunschweig. Die nach vierjähriger Laufzeit positive Evaluierung des Projektzentrums in Wolfsburg bestätigt die Ausrichtung auf Systemlösungen für nachhaltige Material- und Antriebskonzepte. Das 2018 gegründete Projektzentrum in Braunschweig wird die gesamte Wertschöpfungskette zur Energiespeicherung abdecken mit dem Ziel eines Transfers in die industrielle Produktion. Die Geschäftsfelder Automotive und Energietechnik werden damit strategisch und inhaltlich geschärft.

Das Geschäftsfeld Luftfahrt hat wichtige Erfolge erzielt. Für den Fortschritt in der Luftfahrt wurden in »Clean Sky 2«, gemeinsam mit der Flugzeugindustrie, neue Technologiebausteine für die automatisierte Flugzeugmontage sowie für die Oberflächenbearbeitung von Flügelstrukturen entwickelt. Diese Lösungen leisten wichtige Beiträge für die Fertigung energieeffizienter Flugzeuge. Mit dem Aufbau eines Cabin- und Cargo-Demonstrators samt digitalem Zwilling erschließt das Fraunhofer IFAM zudem neue Anwendungsfelder auf dem Gebiet der Montage und Mensch-Roboter-Kollaboration.

Für die maritime Branche bietet das Institut Kompetenzen in den Bereichen Korrosionsschutz, Beschichtungen, Kleben sowie neue Antriebssysteme. Mit dem »Testzentrum für maritime Technologien« auf Helgoland werden die Forschungsaktivitäten weiter ausgebaut. Wichtige Fragestellungen sind dabei die Unterwasserrobotik oder der Einsatz von Drohnen bei Inspektionen von Offshore-Anlagen.

Spin-offs sind essenzielle Bestandteile des Technologietransfers in die Wirtschaft. In dem GO-Bio-Projekt »mediNiK« ist es gelungen, einen biokompatiblen medizinischen Klebstoff mit selektiver Adhäsion zur Entfernung von Nierensteinresten für die endoskopische Therapie zu entwickeln. Zukünftig wird die 2018 ausgegründete Purenum GmbH diese Technologie vorantreiben und vermarkten.

Neben dem Technologietransfer verzeichnet das Fraunhofer IFAM auch auf dem Transferpfad der Weiterbildung große Erfolge: In diesem Jahr konnte der zehntausendste Kursteilnehmer seit der Gründung des Weiterbildungszentrums für Klebtechnik im Jahr 1994 geehrt werden. Stark nachgefragt wurden 2018 auch die Zertifikatskurse zur Elektromobilität.

Das Fraunhofer IFAM leistet wichtige Beiträge zum technologischen Fortschritt; dies gelingt insbesondere im Verbund starker Akteure. Ein besonderer Dank gilt unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die mit großem Engagement Entwicklungen vorantreiben. Für die gemeinsame Gestaltung der Zukunft und für das uns jahrzehntelange entgegengebrachte Vertrauen danken wir zudem unseren Auftraggebern und Projektpartnern.

Viel Freude beim Lesen wünschen

Matthias Busse Bernd Mayer

1 *Die Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse (l.) und Prof. Dr. Bernd Mayer (r.). (© GfG Bremen/Thomas Kleiner)*

INHALT

VORWORT 3

DAS INSTITUT IM PROFIL

Die Fraunhofer-Gesellschaft 6
Kurzporträt und Organigramm 8
Das Institut in Zahlen 9
Qualitätsmanagement 11
Das Kuratorium des Instituts 13
Geschäftsfelder 14
Arbeitsgebiete und Ansprechpartner 17
Formgebung und Funktionswerkstoffe 25
Klebtechnik und Oberflächen 29

METALLISCHE WERKSTOFFE

Kernkompetenz 33
Komplexe Hartmagnetgeometrien mittels Metallpulverspritzguss 34
Sinter- und funktionale Kompositbauteile durch Filamentdruck 35
Elektronenstrahlschmelzen – vielfältig und produktiv 36
Neues Konzept zur umweltfreundlichen Fertigung von Aluminium 37

POLYMERE WERKSTOFFE

Kernkompetenz 39
Ausgründung der Purenum GmbH – Entwicklung medizinischer Klebstoffe 40
LightRight 2.0 – europäische Leichtbauweiterbildung neu gedacht 41

OBERFLÄCHENTECHNIK

Kernkompetenz 43
Bauteil- und Werkstoffprüfung in maritimer Umgebung 44
Keine Chance für Keime an Implantaten 45

KLEBEN

Kernkompetenz 47
Zerstörungsfreie Prüfung von Faserverbundbauteilen 48
Harmonisierung der klebtechnischen Weiterbildung 49
Qualitätsgesicherte Klebtechnik realisiert innovatives Maschinendesign 50

1

FORMGEBUNG UND FUNKTIONALISIERUNG

Kernkompetenz 53
Antworten auf Digitalisierung und Elektromobilität in der Gießereitechnologie 54

ELEKTROMOBILITÄT

Kernkompetenz 57
Erfolgsmodell Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg 58
Heute für die Zukunft: Ausbildungsinitiative Elektromobilität 59

AUTOMATISIERUNG UND DIGITALISIERUNG

Kernkompetenz 61
Automatisierte Applikation kompressibler 2K-Dichtstoffe 62
Roboter positioniert 5-Achs-Fräsmaschine – mobil, flexibel, simultan 63

MENSCHEN UND MOMENTE

Fraunhofer IFAM feiert 50 Jahre angewandte Materialforschung 66
Academic R&D Award für gedruckte Elektroden zur Gestenerkennung 68
Parth Rawal mit »MT Aerospace Innovationspreis« ausgezeichnet 69
Siemens AG und Fraunhofer IFAM kooperieren im Flugzeugbau 70
»ROBOTICS AWARD 2018« 71
Dr. Thomas Weißgärber mit Skaupy-Preis 2018 geehrt 72
Zehntausendster Teilnehmer des Weiterbildungszentrums Klebtechnik 73

KOOPERATIONEN UND WISSENSCHAFTLICHES

Kooperationen und Wissenschaftliches 75
Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS 76
Ralf Wehrspohn ist neuer Vorsitzender des Verbunds MATERIALS - Bernd Mayer wird sein Stellvertreter 77
Fraunhofer-Allianzen 78
IMPRESSUM 80

1 *Fraunhofer IFAM, Bremen.*

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 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 26 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,6 Milliarden Euro. Davon fallen mehr als 2,2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 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.

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 Elektromobilität und Leichtbau
Hermann-Münch-Straße 2
38440 Wolfsburg

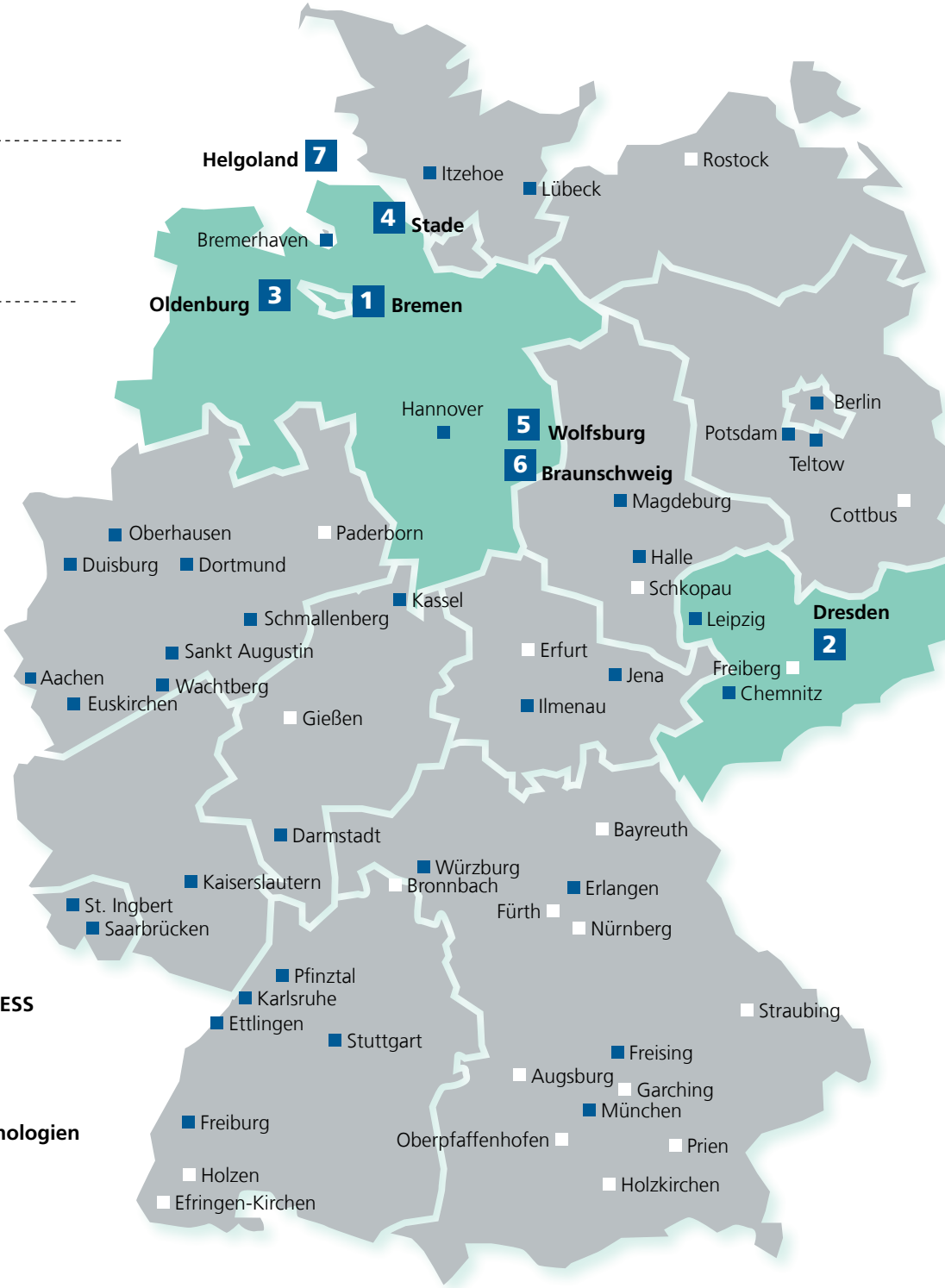
---

6 Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS
Braunschweig

---

7 Testzentrum für Maritime Technologien
Helgoland

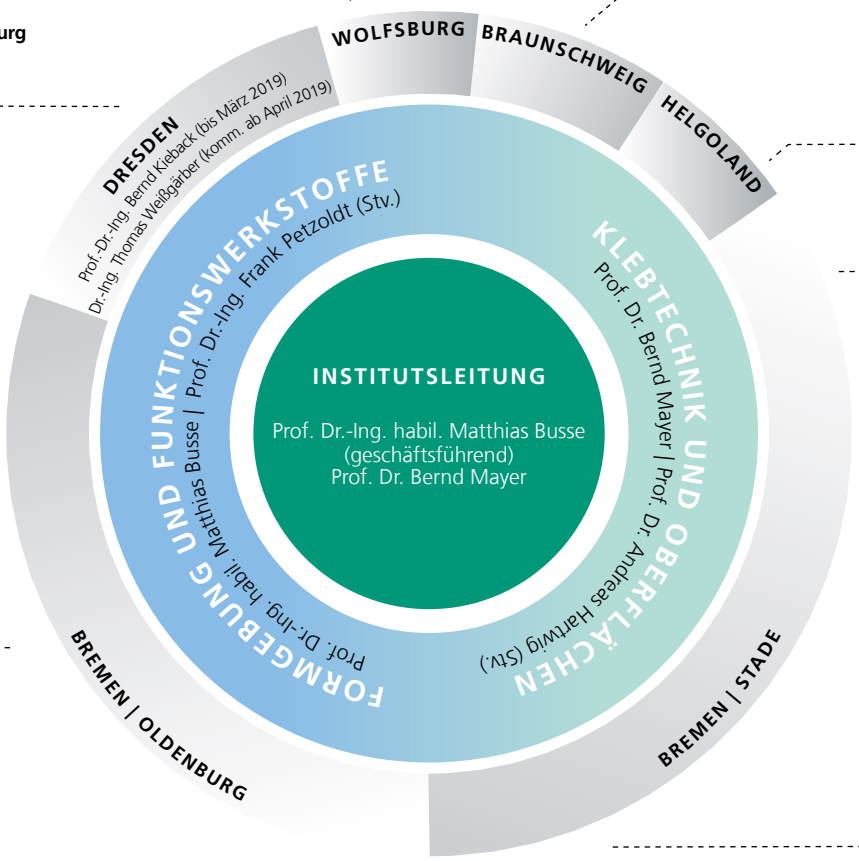
■ Institute und Einrichtungen
□ Weitere Standorte



KURZPORTRÄT UND ORGANIGRAMM

1968 gegründet und 1974 in die Fraunhofer-Gesellschaft integriert, ist das Fraunhofer IFAM heute eine der europaweit bedeutendsten unabhängigen Forschungseinrichtungen auf den Gebieten Klebtechnik, Oberflächen, Formgebung und Funktionswerkstoffe. An allen sechs Standorten – in Bremen, Dresden, Oldenburg, Stade, Wolfsburg und Braunschweig sowie am Testzentrum für Maritime Technologien auf Helgoland – zählen wissenschaftliche Exzellenz mit starker Anwendungsorientierung und messbarem Kundennutzen sowie höchste Qualität zu den zentralen Leitlinien des Instituts.

Derzeit bündeln über 680 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus über 20 Abteilungen und zahlreichen Arbeitsgruppen ihr breites technologisches und wissenschaftliches Know-how in sieben Kernkompetenzen: Metallische Werkstoffe, Polymere Werkstoffe, Oberflächentechnik, Kleben, Formgebung und Funktionalisierung, Elektromobilität sowie Automatisierung und Digitalisierung. Diese Kernkompetenzen – jede für sich und im Zusammenspiel – begründen die starke Position des Instituts am Forschungsmarkt und bilden die Basis für zukunftsorientierte Entwicklungen zum Nutzen der Gesellschaft.



WOLFSBURG
- Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg Elektromobilität und Leichtbau

DRESDEN
- Energie und Thermisches Management
- Sinter- und Verbundwerkstoffe
- Wasserstofftechnologie
- Zellulare metallische Werkstoffe

BREMEN
- Elektromobilität
- Gießereitechnologie und Leichtbau
- Pulvertechnologie
  - Materialographie und Analytik
- Smart Systems
  - Technische Qualifizierung und Beratung

OLDENBURG
- Elektrische Energiespeicher

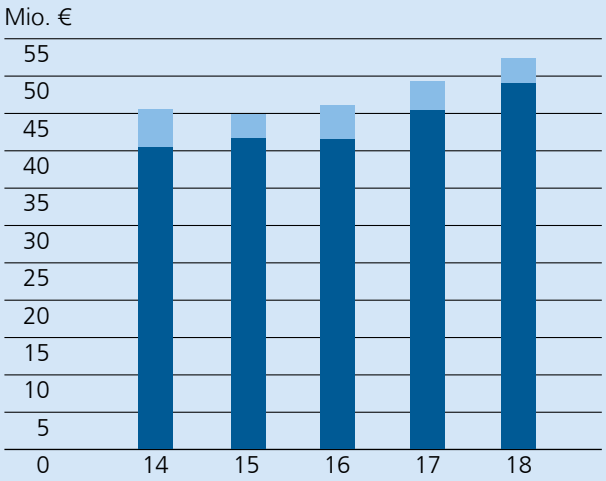
BRAUNSCHWEIG
- Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS

HELGOLAND
- Testzentrum für Martime Technologien

BREMEN
- Adhäsions- und Grenzflächenforschung
- Business Development
- Chemie der Faserverbundkunststoffe
- Klebstoffe und Polymerchemie
- Klebtechnische Fertigung
- Lacktechnik
- Plasmatechnik und Oberflächen PLATO
- Qualitätssicherung und Cyber-Physische Systeme
- Weiterbildung und Technologietransfer
- Werkstoffe und Bauweisen

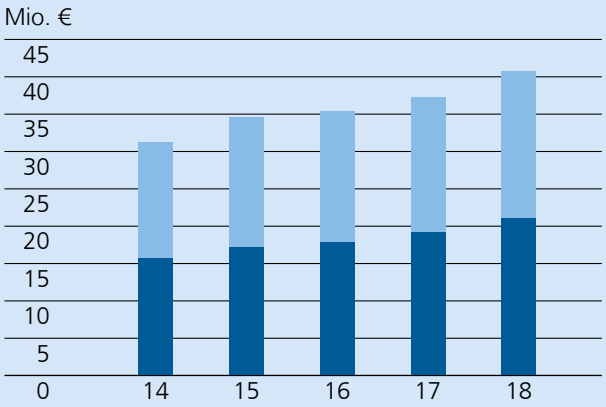
STADE
- Automatisierung und Produktionstechnik

Betriebs- und Investitionshaushalt 2014–2018



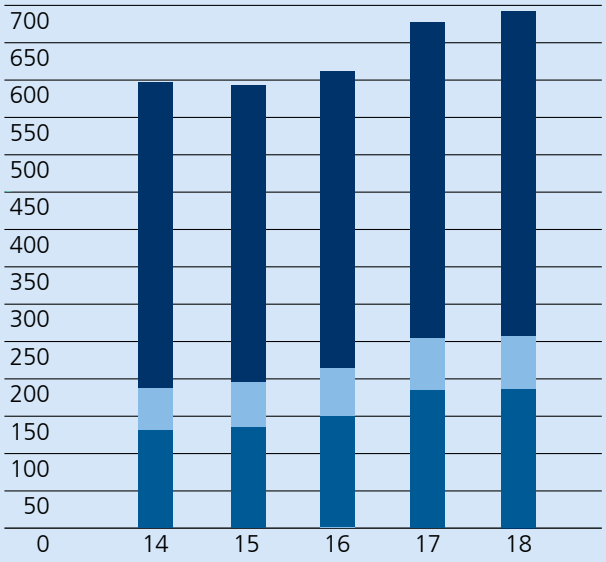
Betriebshaushalt	48,3 Mio. €
Investitionshaushalt	4,0 Mio. €

Erträge 2014–2018



Wirtschaftserträge	20,8 Mio. €
Bund/Land/EU/Sonstige	19,4 Mio. €

Personalentwicklung 2014–2018

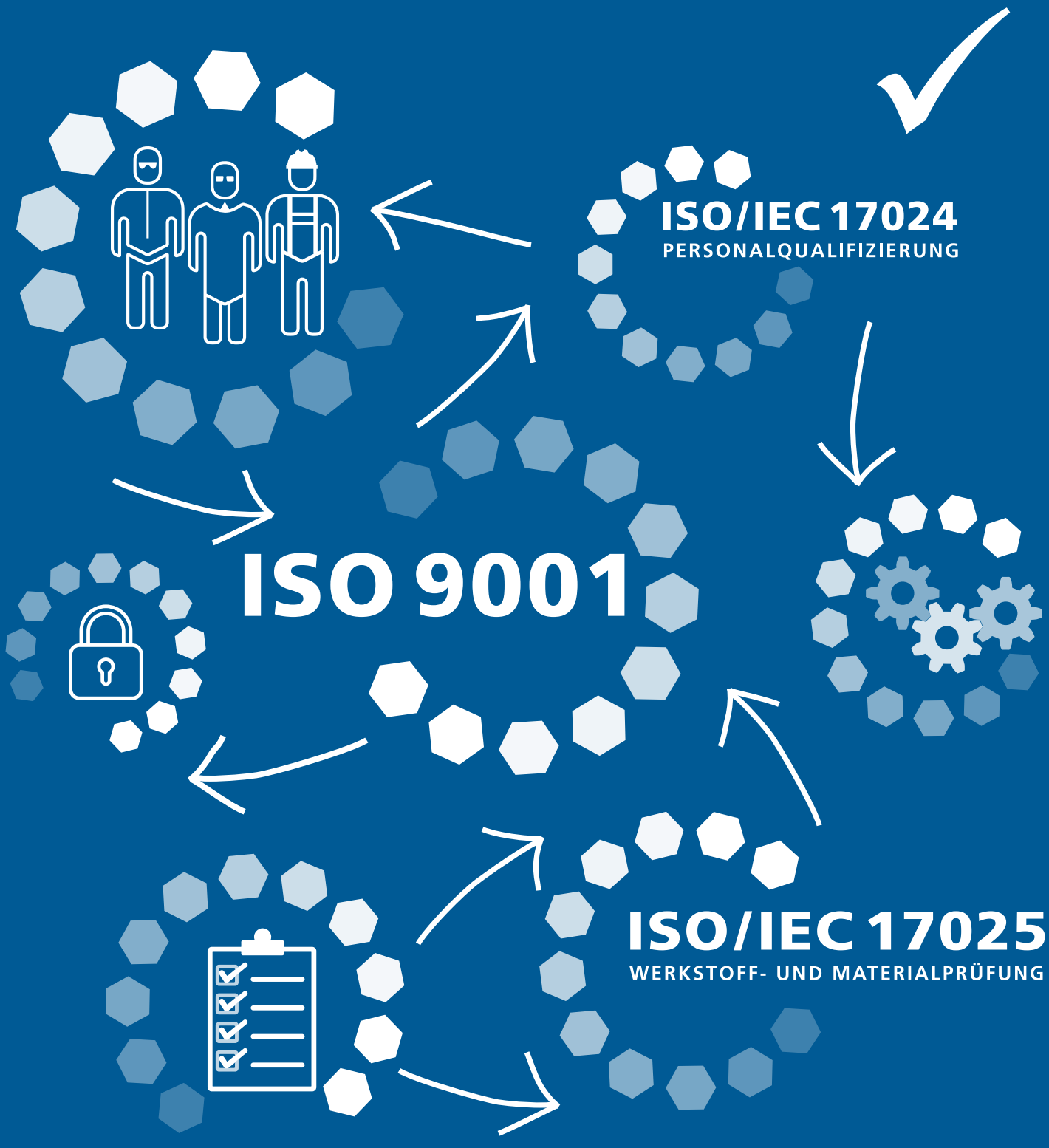


Personalstruktur 2018

Am 31. Dezember 2018 waren am Fraunhofer IFAM an den Standorten Bremen, Dresden, Oldenburg, Stade und Wolfsburg und Braunschweig insgesamt 684 Personen tätig.

Wissenschaftlich-technisches Personal	430
Verwaltung/IT/Service	70
Hilfskräfte/Studenten	184
Mitarbeiter gesamt	684

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


ISO/IEC 17024
PERSONALQUALIFIZIERUNG
ISO 9001
ISO/IEC 17025
WERKSTOFF- UND MATERIALPRÜFUNG

QUALITÄTSMANAGEMENT

Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001

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

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

Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025

Die Prüflaboratorien Werkstoffprüfung, Korrosionsprüfung, Lacktechnik, Materialographie und Analytik am Standort Bremen sind seit 1996 zusätzlich nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert. Die Akkreditierung durch die DAkkS gilt nur für den in der Urkundenanlage D-PL-11140-02-00 aufgeführten Akkreditierungsumfang.

Am Institutsteil Dresden des Fraunhofer IFAM ist das Prüflabor nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert für Spezialprüfungen zur Charakterisierung anorganischer Pulver und Sinterwerkstoffe sowie für Materialprüfungen metallischer Werkstoffe. Die Akkreditierung durch die DAkkS gilt nur für den in der Urkundenanlage D-PL-11140-06-00 aufgeführten Akkreditierungsumfang.

Anerkennung nach DIN EN ISO/IEC 17024

Das Klebtechnische Zentrum (im Weiterbildungszentrum Klebtechnik) ist seit 1998 über DVS-PersZert® als nach DIN EN ISO/IEC 17024 akkreditierte Personalqualifizierungsstelle für die klebtechnische Weiterbildung international anerkannt.

Forschen
Entwickeln
Anwenden

DAS KURATORIUM DES INSTITUTS

Mitglieder

Dr. Rainer Rauh
Vorsitzender des Kuratoriums
(bis Juni 2018)
Airbus Deutschland GmbH
Bremen

Dr. André Walter
Vorsitzender des Kuratoriums
(seit Juni 2018)
Airbus Operations GmbH
Bremen

Dr. Heide Ahrens
Stellv. Vorsitzende
(seit Juni 2018)
Hochschulen und Forschung
der Senatorin für Wissen-
schaft, Gesundheit und
Verbraucherschutz
Bremen

Prof. Dr. Andreas Breiter
Universität Bremen
Bremen

Bernd Faller
RAMPF Production Systems
GmbH & Co. KG
Zimmern ob Rottweil

Michael Grau
Mankiewicz Gebr. & Co.
Hamburg

Dr. Jürgen Groß
Robert Bosch GmbH
Stuttgart

Dr. Sebastian Huster
Niedersächsisches
Ministerium für
Wissenschaft und Kultur
Hannover

Staatsrat
Gerd-Rüdiger Kück
(bis Juni 2018)
Die Senatorin für Wissen-
schaft, Gesundheit und
Verbraucherschutz der Freien
Hansestadt Bremen
Bremen

Dr. Stefan Röber
tesa SE
Hamburg

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

Ansgar van Halteren
Industrieverband
Klebstoffe e. V.
Düsseldorf

Dr. Mathias Kraas
Olympus Winter & Ibe GmbH
Hamburg

Carsten Utikal
Sächsisches Staatsministerium
für Wissenschaft und Kunst
Dresden

Gäste

Werner Lotz
FFT Produktionssysteme GmbH
& Co. KG
Fulda

Andreas Bong
Hilti Aktiengesellschaft
Schaan, Liechtenstein

Dr. Christian Terfloth
Jowat AG
Detmold

Dr. Lutz Mindach
(ab März 2019)
Evonik Ressource Efficiency GmbH
Marl

1 *Fraunhofer IFAM, Bremen.*

GESCHÄFTSFELDER

Automotive
Der Fahrzeugbau ist geprägt durch Zeit-, Innovations-, Qualitäts- und Kostendruck. Aktuelle Entwicklungsziele sind Elektrifizierung, Umweltverträglichkeit, Energieeffizienz, Digitalisierung und Leichtbau. Das Fraunhofer IFAM unterstützt die Fahrzeugindustrie, diese Herausforderungen auf hohem technologischen Niveau umzusetzen.

Durch sein ganzheitliches Vorgehen ist das Fraunhofer IFAM der führende Entwicklungspartner zur Realisierung moderner Mischbauweisen durch Kleben und Hybridfügen. Verfahrensentwicklungen für den Einsatz neuer metallischer und polymerer Werkstoffe sowie die Funktionalisierung von Oberflächen und Komponenten sind weitere Kompetenzen.

Das Fraunhofer IFAM besitzt ein umfassendes Systemverständnis im Bereich der Elektromobilität und bietet der Automobilbranche technische Lösungen für die Elektrifizierung und Hybridisierung des Antriebsstrangs sowie neue Batterie- und Mobilitätskonzepte. Weiterbildungs- und Qualitätsangebote in den Bereichen Klebtechnik, Faserverbundwerkstoffe und Elektromobilität sichern den notwendigen Technologietransfer.

> **www.ifam.fraunhofer.de/automotive**

Energietechnik
Das Geschäftsfeld Energietechnik 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 für Unternehmen in der Energie-, Umwelt- und maritimen Technik sowie für das Bau- und Transportwesen.

> **www.ifam.fraunhofer.de/energie**

Luftfahrt
Das Geschäftsfeld Luftfahrt adressiert Hersteller von Flugzeugen und Hubschraubern sowie die dazugehörige Zulieferkette. 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 (Wartung, Reparatur und Instandhaltung – MRO) treibt die Suche nach wirtschaftlich besseren Optionen an.

Mit seinen Kernkompetenzen bietet das Fraunhofer IFAM den Unternehmen der Luftfahrtindustrie anwendungsorientierte Lösungen.

> **www.ifam.fraunhofer.de/luftfahrt**

Maritime Technologien
In dem Geschäftsfeld Maritime Technologien bündelt das Fraunhofer IFAM seine Expertise zu den Forschungsschwerpunkten Beschichtungen für den Korrosions- und Bewuchsschutz, funktionelle Oberflächen, klebtechnische Fertigung und Leichtbau. Die Entwicklungsprozesse werden durch analytische Verfahren und eine Qualitätssicherung entlang der gesamten Fertigungskette begleitet. Die Elektrifizierung von Schiffsantrieben und elektrische Energiespeicher für Über- und Unterwasseranwendungen sind weitere Entwicklungsziele.

Neben den Entwicklungsarbeiten im Technikum bietet das Fraunhofer IFAM Test- und Prüfmöglichkeiten unter einsatznahen Umgebungsbedingungen an. In List auf Sylt, am Leuchtturm »Alte Weser« und auf der Hochseeinsel Helgoland können insgesamt mehrere hundert Proben zum Korrosions- und Bewuchsschutz sowohl im Dauertauchbereich, in der Gezeitenzone als auch im Bereich des Spritzwassers sowie an Land geprüft werden.

> **www.ifam.fraunhofer.de/maritime-technologien**

Medizintechnik und Life Sciences
Im Bereich der Medizintechnik wendet sich das Fraunhofer IFAM an Hersteller von Implantaten, Instrumenten, medizintechnischen und medizinischen Klebstoffen sowie an Beschichtungsdienstleister. In den Life Sciences stehen funktionale Materialien und Biosurface-Engineering im Forschungsfokus.

Das Fraunhofer IFAM entwickelt neben Materialien und Beschichtungen auch die Herstellungsprozesse, sodass die benötigte Leistungsfähigkeit bzw. Wirksamkeit der Produkte erreicht und gleichermaßen die hohen Qualitätsanforderungen der Branche erfüllt werden.

Bei den Entwicklungen der Materialien und Oberflächen werden, entsprechend der Zweckbestimmung der Produkte, die normativen und technischen Anforderungen wie Biokompatibilität, Degradationsverhalten, chemische, physikalische, mechanische und morphologische Charakterisierung von Beginn an berücksichtigt und umgesetzt.

> **www.ifam.fraunhofer.de/medizin**

1

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 (bis März 2019)
Telefon +49 351 2537-300
bernd.kieback@ifam-dd.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Thomas Weißgärber (komm. ab April 2019)
Telefon +49 351 2537-305
thomas.weissgaerber@ifam-dd.fraunhofer.de

INSTITUTSBEREICH KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN

Prof. Dr. Bernd Mayer
Telefon +49 421 2246-401
bernd.mayer@ifam.fraunhofer.de

VERWALTUNGSLEITUNG

Oliver A. Dreher
Telefon +49 421 2246-333
oliver.dreher@ifam.fraunhofer.de

DRESDEN

Katja Böttger
Telefon +49 351 2537-306
katja.boettger@ifam-dd.fraunhofer.de

STANDORTE

OLDENBURG

Dr. Julian Schwenzel
Telefon +49 441 36116-262
julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de

STADE

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

WOLFSBURG

Dr.-Ing. Torben Seemann
Telefon +49 421 2246-126
torben.seemann@ifam.fraunhofer.de

BRAUNSCHWEIG

Dr. Julian Schwenzel
Telefon +49 441 36116-262
julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de

1 *Fraunhofer IFAM, Bremen.*

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 Oberflächen- und Verbundeigenschaften
- Entwicklung kundenspezifischer Inspektionsverfahren
- Physikalisch-chemische Analysen von Grenzflächen und Werkstoffeigenschaften
- Nasschemische Oberflächenvorbehandlung
- Akkreditiertes Korrosionsprüflabor
- Schadensanalysen

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
- Sensorgeführte mobile Roboter mit hoher Positioniergenauigkeit
- Fügetechnik (Kleben, Shimmen, Dichten)
- Bearbeitungstechnik (Fräsen, Bohren, Wasserstrahlschneiden)
- Automatisierungsgerechte Bauteilaufnahme
- Form- und Lagekorrektur von Großbauteilen
- Trennmittelfreie Herstellung von Faserverbundbauteilen
- Entwicklung von Anlagen und Anlagenkomponenten
- Digitale Integration von Prozessen und Anlagen
- Herstellung prototypischer Bauteile und Strukturen

BUSINESS DEVELOPMENT

Prof. Dr. Bernd Mayer
Telefon +49 421 2246-401
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
- Ansprechpartner für Großunternehmen

CHEMIE DER FASERVERBUNDKUNSTSTOFFE

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

- Neuartige Matrixsysteme für Faserverbundkunststoffe
- Reversible Reaktionen
- Entwicklung schaltbarer, multifunktionaler Polymere
- Biobasierte Faserverbundkunststoffe
- Strukturanalytik und Materialcharakterisierung

ELEKTRISCHE ENERGIESPEICHER

Dr.-Ing. Julian Schwenzel
Telefon +49 441 36116-262
julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de
> www.ifam.fraunhofer.de/ees

- Batterie-Zellchemie
- Pastenentwicklung und Elektrodenherstellung
- Zellenbau und Design für Lithium-Ionen-, Metall-Luft- und Festkörperbatterien
- In-situ-Analytik

ELEKTROMOBILITÄT

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

- Entwicklung, Auslegung und Simulation elektrischer Antriebe
- Regelung, Steuergeräte- und Softwareentwicklung
- Prüfung von Komponenten und Antrieben
- Analysen, Potenzialstudien und Beratung zu: Energieversorgung, Klimaschutz
- Energieeffiziente Gebäude und Quartiere
- Kraft-Wärme-Kopplung

ENERGIE UND THERMISCHES MANAGEMENT

Dr.-Ing. André Schlott
Telefon +49 351 2537-435
andre.schlott@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
- Konturnahe Werkzeugtemperierung
- Mathematische Modellierung des Wärmetransportes
- Simulation von Schmelz- und Erstarrungsvorgängen
- Messung thermischer Stoff- und Transportgrößen

FRAUNHOFER-PROJEKTZENTRUM WOLFSBURG ELEKTROMOBILITÄT UND LEICHTBAU

Dr.-Ing. Torben Seemann
Telefon +49 421 2246-126
torben.seemann@ifam.fraunhofer.de
> www.hybridleichtbau.fraunhofer.de

- Hybridisierung von Kunststoff- und Metallbauteilen
- Neue produktive Verfahren zur Herstellung von FVK-Bauteilen
- Nachwachsende Rohstoffe und ökoeffiziente Materialien
- Recyclingstrategien
- Systemlösungen für die Elektromobilität

FRAUNHOFER-PROJEKTZENTRUM FÜR ENERGIESPEICHER UND SYSTEME ZESS

Dr.-Ing. Julian Schwenzel
Telefon +49 441 36116-262
julian.schwenzel@ifam.fraunhofer.de

- Festkörper-Lithium-Batterien für Elektromobilität
- Systementwicklung für stationäre Natriumbatterien
- Systementwicklung für Power-to-X-Systeme und Wasserstoffsysteme
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren bei der Herstellung von Speichern und deren Betrieb
- Innovative Produktionsverfahren für Speicher

GIESSEREITECHNOLOGIE UND LEICHTBAU

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 (Aluminium, Kupfer, Eisen, Stahl, Salze)
- Feinguss
- Entwicklung von Kernmaterialien (Salzkerne, verlorene Kerne, komplexe Geometrien)
- Funktionsintegration/CAST$^{TRONICS®}$
- Bauteilkennzeichnung (individuelle Kennzeichnung als Basis für Industrie 4.0)
- Verbund-/Hybridguss (Hybridvarianten aus Metall- und Fasermaterialien)
- Topologieoptimierung/Leichtbau

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
- Reaktivharze für 3D-Druck/additive Fertigung und Faserverbundwerkstoffe
- Charakterisierung von Klebstoffen/Klebverbindungen
- Neuartige Additive, Polymere und andere Rohstoffe
- Chemie und Technologie der duromeren Polymere
- Biofunktionale Oberflächen und Bioanalytik
- Klebstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe
- Klebstoffe für Medizin und Medizintechnik
- Erhöhte Zuverlässigkeit und Produktivität beim Kleben
- Marktberatung Klebstoffe und Klebrohstoffe

KLEBTECHNISCHE FERTIGUNG

Dr. Holger Fricke
Telefon +49 421 2246-637
holger.fricke@ifam.fraunhofer.de
> www.ifam.fraunhofer.de/fertigung-kleben

- Industrieller Fertigungsprozess Kleben
- Auswahl und Charakterisierung von Kleb- und Dichtstoffen sowie Vergussmassen
- Fertigungsplanung, Simulation, Prozessgestaltung und Automatisierung
- Dosier-, Misch- und Applikationstechnik
- Fertigung geklebter Prototypen
- Beratung und Auditierung zum industriellen Kleben
- Kleben in der Mikrosystemtechnik (elektrisch/optisch)
- Beschichtung von bahnförmigen Materialien (Klebstoffe, Lacke, funktionelle Materialien)

- Polymerverguss, Thermoanalytik und Rheologie
- Kleben von lastabtragenden Strukturen im 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, Antifouling-Beschichtungen, selbstheilende sowie schmutzabweisende Schichten, Elektroisolierschichten)
- Lackrohstoff-Untersuchungen
- Lackformulierung
- Prüf- und Testverfahren
- Schadensanalysen

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
- Lasertechnik 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
- Additive Manufacturing (SLM, binderbasierte Verfahren)
- Pressen und Sintern
- Magnetwerkstoffe und Magnetokalorik
- Kompositwerkstoffe
- Metallschäume
- Analytik (Pulveranalysen, Thermoanalysen, REM)
- Metallographie
- Schadensgutachten

QUALITÄTSSICHERUNG UND CYBER-PHYSISCHE SYSTEME

Dipl.-Phys. Kai Brune
Telefon +49 421 2246-459
kai.brune@ifam.fraunhofer.de
> www.ifam.fraunhofer.de/qcps

- Mobile und inline-fähige Messtechnik zur Oberflächenbewertung
- Optische Oberflächeninspektion mittels mikroskopischer Verfahren
- Zerstörungsfreie Prüfung von Materialien und Verbunden
- Mobile Kleinrobotik (z. B. UAV, AUV)
- Datenerfassung und Speicherung (IoT)
- Datenauswertung über Algorithmen (maschinelles Lernen, KI)
- Datenvisualisierung (AR, VR)
- Selbstlernende Systeme und autonome Prozesse
- Mensch-Technik-Interaktion
- Digitale Geschäftsmodelle

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, Rascherstarrung
- Generative Fertigung (Elektronenstrahlschmelztechnologie, Dispenstechnologie)
- Verbundwerkstoffe, Multimaterialverbunde
- Dispersionsverfestigte Werkstoffe
- Leichtmetalle
- Werkstoffe für tribologische Anwendungen und deren Prüfung
- Werkstoffe zur Energieumwandlung (Thermoelektrik) und -speicherung (Supercaps)
- Hochtemperaturwerkstoffe und Hochtemperaturwerkstoffprüfung
- Sputter-Targets
- Thermoanalytische Verfahren

SMART SYSTEMS

Dr. Volker Zöllmer
Telefon +49 421 2246-114
volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de
> www.ifam.fraunhofer.de/smartsystems

- Gedruckte Elektronik, 3D-Druck
- Sensorintegration
- Verdruckbare Tinten und Pasten
- Leitfähige Kunststoffe
- Messdatenerfassung und -auswertung
- Teststand für elektrische Speichersysteme
- Testfeld für elektrische Energiesystemkomponenten
- Bewertung zur Ladeinfrastruktur
- Beratung zur digitalen Wertschöpfung
- Technische Weiterbildung Elektromobilität
- Wissens- und Technologietransfer

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 H_2-Speicherung, H_2-Reinigung und H_2/D_2-Isotopentrennung
- Fertigungstechniken zur Produktion von Metallhydriden
- Entwicklung und Testung von Hydridreaktoren
- Integration von Hydridreaktoren in H_2-Energiesysteme
- Hydrolysereaktionen zur H_2-Erzeugung von H_2-on-Demand-Lösungen
- Wasserstoffversprödung zur Pulverherstellung
- Recyclingtechnologien für Seltenerd-haltige Werkstoffe (Magnete, Prozessabfälle etc.)
- Umfassende Analytik von H_2-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.faserverbund-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

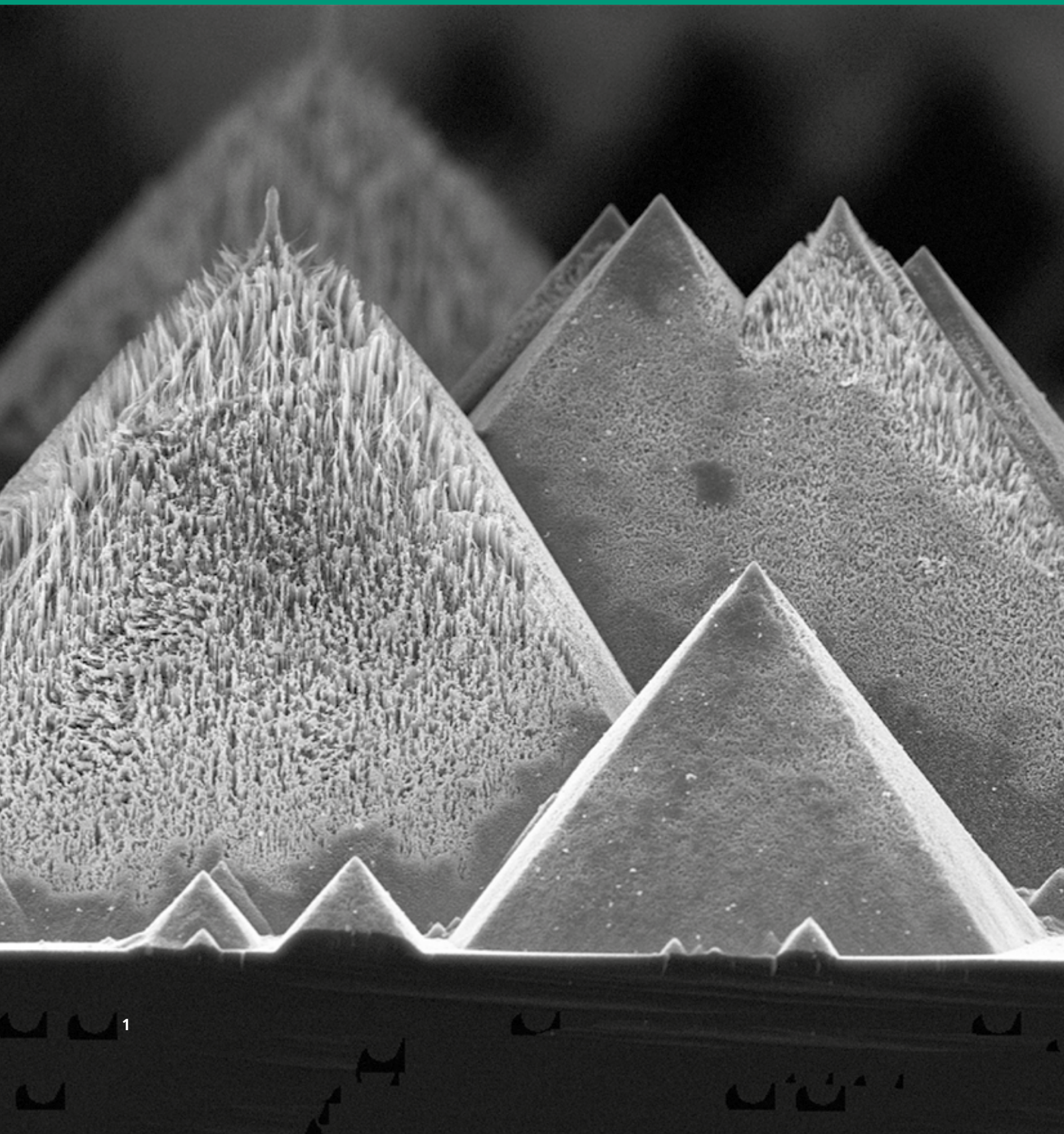
- Werkstoff- und Bauteilprüfung
- Nachweisführung und Bemessung geklebter Strukturen
- Kleb- und Nietverbindungen: Auslegung, Dimensionierung, Crash- und Ermüdungsverhalten
- Kombination und Optimierung mechanischer Fügeprozesse
- Qualifizierung mechanischer Verbindungselemente
- Faserverbundbauteile, 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-Sieb- und Filamentdruck
- 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
- Funktionelle Oberflächenbeschichtung mit polymerabgeleiteten Keramiken
- Optimierung von Entbinderungsprozessen durch In-situ-Gasanalyse

DAS INSTITUT IM PROFIL



2

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 anwendungsorientierter Grundlagenforschung in produktionstechnisch umsetzbare Lösungen oder bauteilbezogene Entwicklungen setzt eine stetige Erweiterung der Wissensbasis und der Methodenkompetenz voraus. 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.

Ein Arbeitsschwerpunkt liegt dabei auf den modernen pulverbasierten Fertigungsverfahren wie dem Metallpulverspritzguss und der additiven Fertigung, die in der Industrie zunehmend Anwendung bei der Herstellung von geometrisch anspruchsvollen Bauteilen aus zahlreichen metallischen Legierungen finden. Insbesondere bei der additiven 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. Die Qualifizierung der für das Additive Manufacturing verwendeten Pulver wird mit modernsten Mess- und Analysemethoden vorangetrieben. Das am Institut bestehende Technikum wird laufend sowohl räumlich als auch anlagentechnisch erweitert und damit die Qualifizierung von additiven Fertigungstechnologien auch für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt ermöglicht.

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 Faserverbundwerkstoffen.

Für das »Functional Printing« werden Formulierungen von funktionellen Tinten und Pasten sowie Kenntnisse zu deren Applikation auf Komponenten erarbeitet. 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 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.

1 *Elektronenmikroskopaufnahme von nanostrukturiertem Silizium.*
2 *Turbinenräder aus Edelstahl 316L – hergestellt mittels Metal Binder Jetting.*

Für den Einsatz zellularer metallischer Werkstoffe in modernen Produkten werden maßgeschneiderte 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, Medizin, Energie 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. der Magnet der Thermal-Management-Materialien, thermoelektrischer und magnetokalorischer Werkstoffe sowie der Nanokomposit eröffnet unseren Kunden neue Chancen für Produktentwicklungen.

Für Entwicklung, Aufbau und Erprobung von Komponenten für Elektrofahrzeuge und deren Integration in Systeme umfasst das Angebot die Untersuchung und Bewertung von Elektromotoren, Leistungsumrichtern, Steuerungssystemen und Traktionsbatterien. Dazu gehört 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.

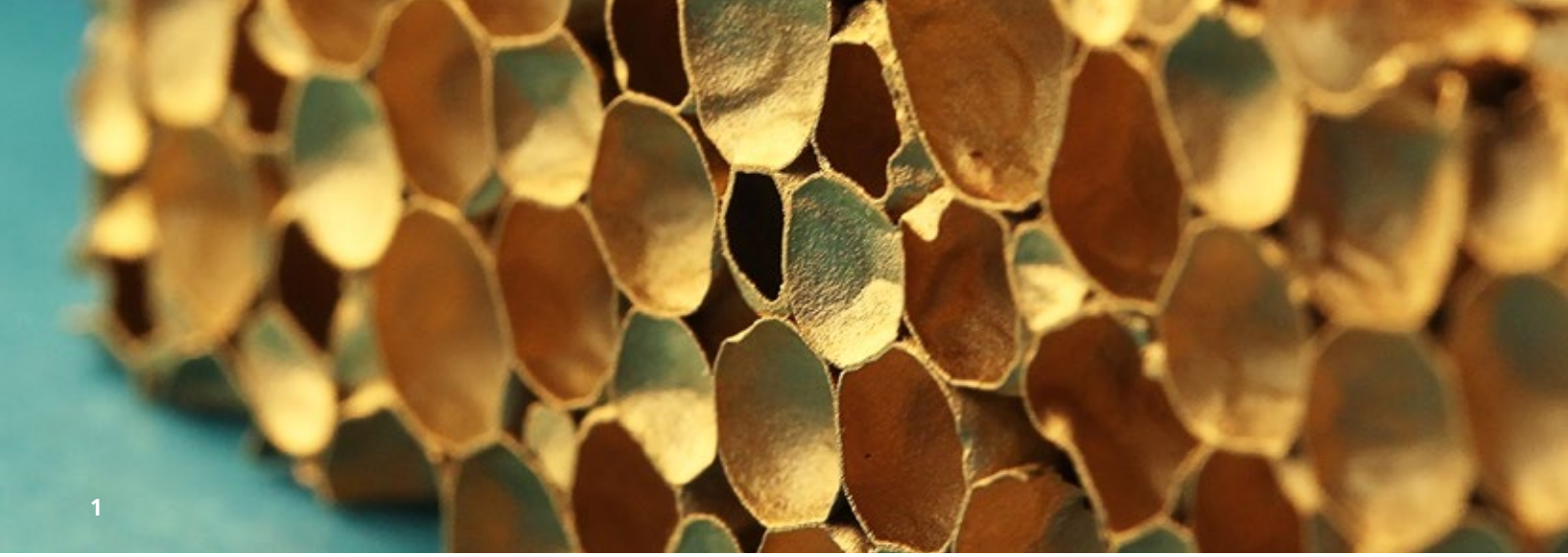
Im Bereich der elektrischen Energiespeicher liegt neben den Li-Ionen- und Metall-Luft-Batterien der Fokus zunehmend auf Festkörperbatterien, bei denen anstelle flüssiger Elektrolyte ionenleitende Keramiken, Polymere oder Komposite eingesetzt werden. Diese bieten insbesondere unter den Aspekten Sicherheit und Energiedichte entscheidende Vorteile. Hier kommen die werkstoff- und fertigungstechnischen Kompetenzen des Fraunhofer IFAM für die benötigte Material- und Prozessentwicklung voll zur Geltung.

Des Weiteren werden die Themen erneuerbare Energien, energieeffiziente Gebäude sowie leitungsgebundene Energieversorgung unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und der Energiespeicher adressiert. Einen bereichsübergreifenden Baustein in diesem Konzept stellt die Analyse und Bewertung der Wirtschaftlichkeit von komplexen Energiesystemen dar – auch unter Einbindung von Elektrofahrzeugen als mobile Stromspeicher.

Unser Angebot an technischer Weiterbildung und Beratung sowie an Schulungen zu den Themen Elektromobilität, Additive Manufacturing, Functional Printing und Gießtechnik, die jeweils an die individuellen Kundenbedürfnisse angepasst sind, wird kontinuierlich erweitert.

Perspektiven

Im Fraunhofer-Leitprojekt »Go Beyond 4.0« unter der Federführung des Fraunhofer ENAS befassen sich neben dem Fraunhofer IFAM noch vier weitere Institute mit den Möglichkeiten, Produkte aus der Massenfertigung mittels Integration von Drucktechniken und Laserbearbeitung in den Fertigungsprozess zu individualisieren. Anhand dreier marktrelevanter Anwendungsbereiche aus dem Automobilbau, der Luftfahrt und der Beleuchtungstechnik werden neue Fertigungsstrategien und Prozessinnovationen entwickelt. Digitale Druck- und Laserprozesse sollen je nach Bedarf in bestehende Prozessketten integriert werden. Durch die Integration von Sensoren, Aktoren oder LEDs



wird eine Spezifizierung von Produkten bis zur Losgröße 1 ermöglicht.

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. In einem weiteren Projekt der Fraunhofer-Zukunftsstiftung mit Namen »IFEM« befasst sich das Fraunhofer IFAM gemeinsam mit dem Fraunhofer IWU mit der großangelegten industriellen Fertigung gieß- und umformtechnisch hergestellter Spulen.

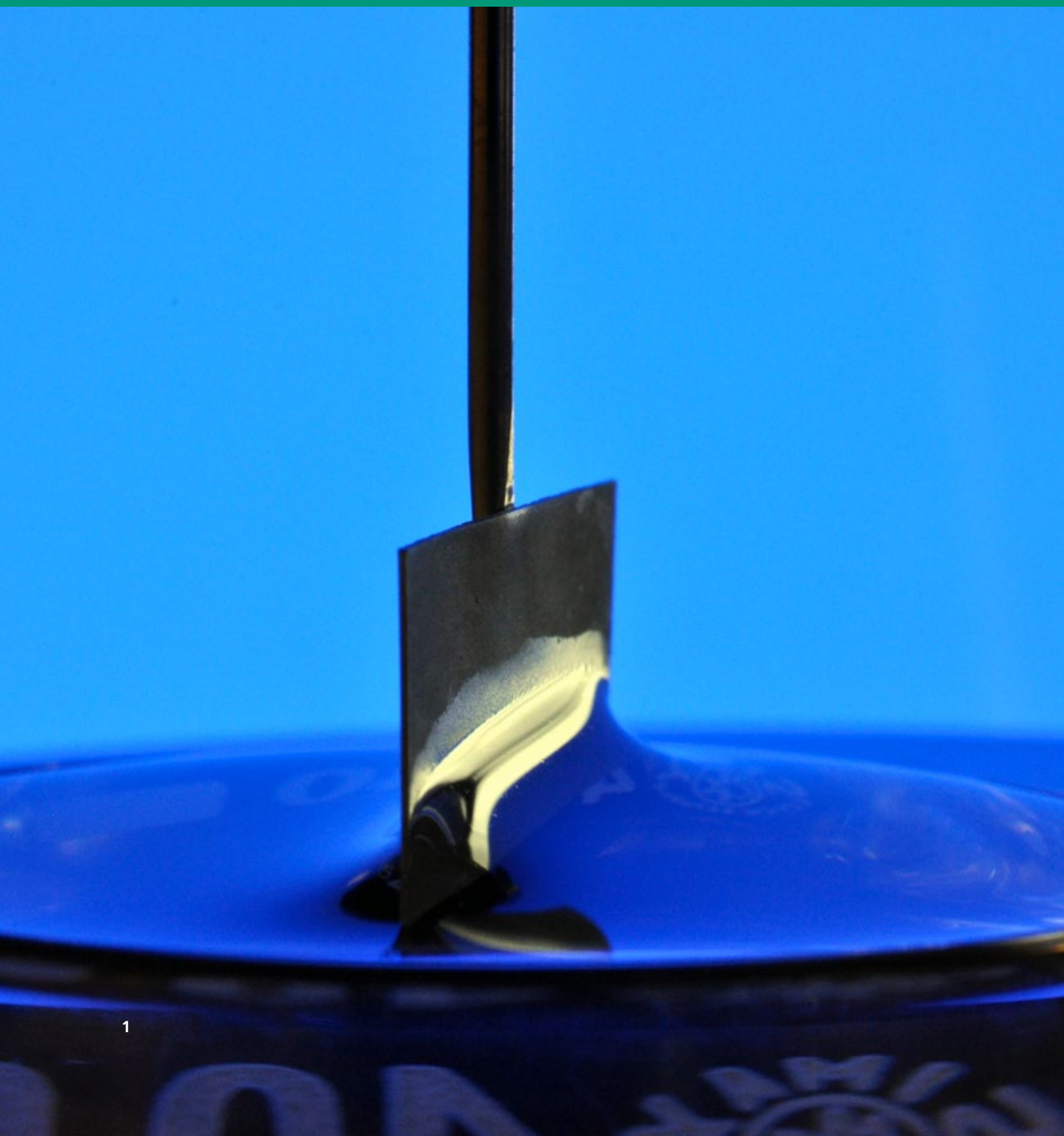
Im Fokusprojekt »futureAM« arbeitet das Fraunhofer IFAM mit fünf anderen Fraunhofer-Instituten daran, neue digitale Prozessketten, skalierbare und robuste AM-Prozesse, Systemtechnik und Automatisierung zu entwickeln und außerdem die Palette an verarbeit- und bezahlbaren Werkstoffen zu erweitern.

Gemeinsam mit dem Forschungs- und Industrienetzwerk für magnetokalorische Systeme ist das Fraunhofer IFAM an mehreren Projekten zu Herstellung von Demonstratoren beteiligt.

Arbeitsschwerpunkte

- Werkstoffentwicklung und -modifikation: metallische Werkstoffe, Strukturwerkstoffe, Funktionswerkstoffe, Werkstoffverbunde, zellulare Werkstoffe, Thermal Management, Thermoelektrik, Kompositwerkstoffe, Magnetwerkstoffe
- Pulvermetallurgische Technologien: Spezialsinterverfahren, Metal Injection Molding, additive Fertigungstechnologien
- 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

1 *Vergoldete Hohlkugelstruktur.*



2

KLEBTECHNIK UND OBERFLÄCHEN

Der Institutsbereich Klebtechnik und Oberflächen des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM ist die europaweit größte unabhängige Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der industriellen Klebtechnik und der damit verbundenen Technologien. Im Mittelpunkt stehen anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu polymeren Werkstoffen, zum Kleben, zur Oberflächentechnik sowie zur Automatisierung und Digitalisierung. Hauptziel ist das Erarbeiten von Systemlösungen für industrielle Anwendungen.

Sich stetig wandelnde Anforderungen der Kooperationspartner erfordern permanent neue und ausgereifte Entwicklungen im Bereich der Werkstoffe und Fügeverfahren. Die wissenschaftlichen Aktivitäten des Institutsbereichs reichen von der Grundlagenforschung über die industrielle Forschung und die experimentelle Entwicklung bis hin zur Implementierung der Ergebnisse in die Fertigung und Unterstützung bei der Markteinführung neuer Produkte gemeinsam mit unseren Partnern. Neue Prozesslayouts und neue Prüfmethoden werden in nationale und europäische Normungsprozesse eingebracht. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse werden in international angesehenen Fachzeitschriften, ggf. im Rahmen von Peer-Review-Prozessen, publiziert. Industrielle Einsatzfelder sind überwiegend der Transportmittelbau – Luft, Straße, Schiene, Wasser – sowie dessen Zulieferer, die Energietechnik, die Baubranche und die maritime Wirtschaft, die Verpackungs-, Textil- und Elektroindustrie sowie die Mikrosystem- und Medizintechnik.

Die Kernkompetenz »Polymere Werkstoffe« beinhaltet die Formulierung und anwendungsorientierte Charakterisierung von Klebstoffen, Beschichtungen und Vergussmassen sowie den gesamten Bereich der Faserverbundwerkstoffe und Kompositmaterialien. Der Schwerpunkt liegt auf Reaktivpolymeren und deren Technologie. Hierzu gehört auch die Synthese und Charakterisierung neuer Rohstoffe, wie Monomere, Härtungskatalysatoren oder Füllstoffe. Ergänzt wird dies durch Weiterbildungsangebote im Bereich der Faserverbundtechnologie.

Die werkstofflichen Arbeiten stellen eine wichtige Basis für die Kernkompetenz »Kleben« dar, welche die Auswahl, Charakterisierung und Qualifizierung von Klebstoffen, die beanspruchungsgerechte konstruktive Auslegung und Simulation von Kleb- und Hybridverbindungen sowie die Planung und Automatisierung der industriellen Fertigung von Klebverbindungen sowie Prozess-Reviews umfasst. Das Profil wird durch ein überbetriebliches, international anerkanntes und zertifizierendes Weiterbildungsangebot abgerundet, das sich an Betriebe richtet, die Klebtechnik einsetzen. Der Institutsbereich stellt darüber hinaus Auditoren für die Beurteilung von Betrieben zur Eignung zum Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen nach DIN 6701.

Die Kernkompetenz »Oberflächentechnik« impliziert trocken- und nasschemische Oberflächenbehandlungsprozesse sowie die umfassende Charakterisierung und Qualifizierung von Oberflächen. Schwerpunkte liegen bei der Plasmatechnik und Lacktechnik, elektrochemischen Prozessen sowie der Entwicklung von Online- und Inline-Oberflächencharakterisierungsverfahren für industrielle Prozesse. Maßgeschneiderte Oberflächenmodifizierungen durch Vorbehandlungen und funktionelle Beschichtungen erweitern das industrielle Einsatzspektrum vieler Werkstoffe deutlich oder machen deren technische Verwendung überhaupt erst möglich. Die Optimierung

1 *Bestimmung der Oberflächenenergie mittels Wilhelmy-Waage.*
2 *Prüfgerät zur Fluoreszenz/UV-Bewitterung.*

der Langzeitbeständigkeit inklusive der Früherkennung von Degradations- und Korrosionserscheinungen sowie der Validierung von Alterungsprüfungen stehen im Fokus. Die Forschungsarbeiten zur Alterung und Oberflächenvorbehandlung sind sowohl für die Klebtechnik als auch für Beschichtungen von hoher Relevanz – so werden Klebverbindungen und Beschichtungen noch zuverlässiger.

Im Rahmen der Kernkompetenz »Automatisierung und Digitalisierung« steht die automatisierte Montage großer Strukturen im Fokus. Dies schließt Arbeiten zum automatisierten Vermessen von Bauteilen, einer robotergeführten Oberflächenvorbehandlung sowie zu einer bauteilangepassten Applikation von Klebstoffen ein. Dies geht bis hin zur Entwicklung mobiler Robotersysteme, die deutlich flexibler und dennoch präziser als übliche Industrieroboter sind. Parallel dazu werden Aspekte der Digitalisierung vorangetrieben, beispielsweise bei der Charakterisierung von Oberflächen für die industrielle Qualitätssicherung.

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 Weiterbildungszentrum Klebtechnik ist über DVS-PersZert® als nach DIN EN ISO/IEC 17024 akkreditierte Personalqualifizierungsstelle für die klebtechnische Weiterbildung international anerkannt. Auch das Weiterbildungszentrum Faserverbundwerkstoffe erfüllt die Qualitätsanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17024.

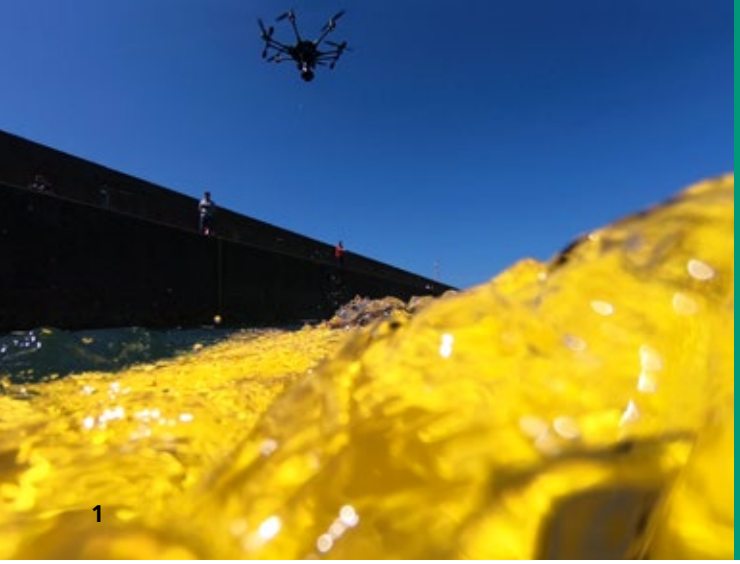
Perspektiven

Die Industrie stellt an die Prozesssicherheit bei der Einführung neuer Technologien hohe Anforderungen. Sie sind für die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Institutsbereich Klebtechnik und Oberflächen maßgebend und richtungsweisend. Gemeinsam mit den Auftraggebern werden innovative Produkte entwickelt, die anschließend von den Unternehmen erfolgreich am Markt etabliert werden. Die Fertigungstechniken spielen dabei eine immer wichtigere Rolle, weil die hohe Qualität und die Reproduzierbarkeit der Prozesse wesentliche Voraussetzungen für den Markterfolg sind.

Obwohl die Klebtechnik beispielsweise im Fahrzeugbau eine schon länger eingeführte Technologie ist, wird das Potenzial jedoch bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Kleben in der Medizin und der Medizintechnik, in der Luft- und Raumfahrt sowie im Bauwesen sind nur einige Beispiele dafür. Um weitere Branchen für die Klebtechnik zu gewinnen, gilt für alle Arbeiten der Anspruch: Der Fertigungsprozess 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 einer ganzheitlichen Betrachtung unterzogen werden. Die neue DIN 2304, welche die Qualitätsanforderungen an Klebprozesse zum Inhalt hat, wird hier in der Klebtechnik neue Impulse setzen. Die Implementierung dieser Norm in der Industrie entwickelt sich zu einem wesentlichen Fokus der Arbeiten des Institutsbereichs.

Der Institutsbereich Klebtechnik und Oberflächen setzt mehr und mehr auf rechnergestützte Entwicklungsmethoden. 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. Darüber hinaus werden Themen der Digitalisierung intensiv vorangetrieben, etwa bei der Oberflächencharakterisierung und bei automatisierten Montageprozessen.

Verschiedene spektroskopische, mikroskopische und elektrochemische Verfahren geben einen Einblick in die Vorgänge bei der Degradation und Korrosion von Werkstoffverbunden. Mit maßgeschneiderten Analyseverfahren und begleitenden Simulationsrechnungen werden Erkenntnisse gewonnen, die

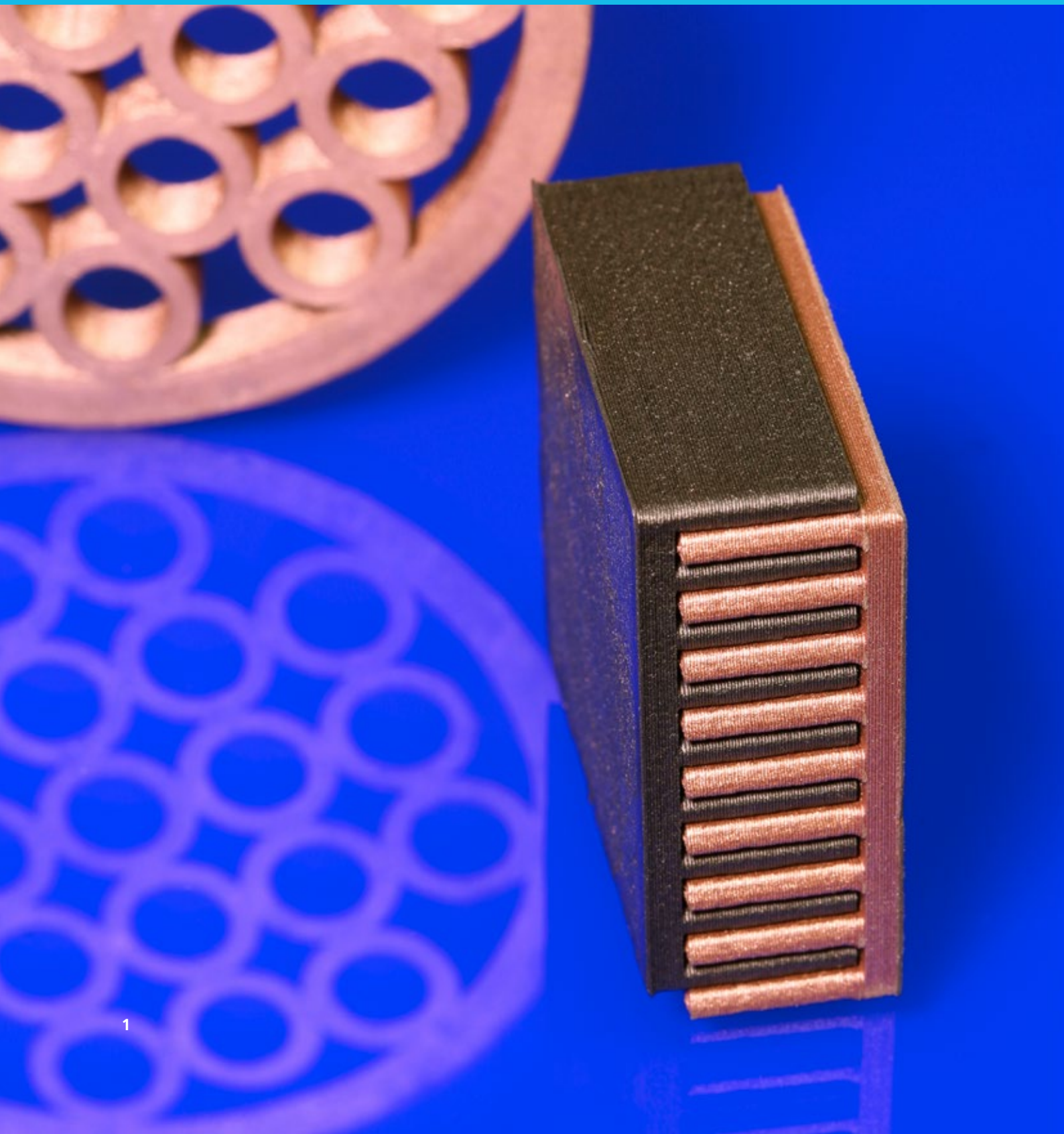


empirische Testverfahren auf der Basis von standardisierten Alterungs- und Korrosionstests allein nicht bieten. Branchen mit hohen Ansprüchen an die Oberflächen- und Fügetechniken greifen auf das hohe technologische Niveau des Instituts zurück; dies gilt insbesondere für langlebige Gebrauchsgüter mit entsprechend hohen Anforderungen an deren Langzeitbeständigkeit.

Arbeitsschwerpunkte

- Neue Polymere für Klebstoffe, Matrixharze für Faserverbundwerkstoffe, Gießharze und Beschichtungen
- Synthese, Formulierung, Verarbeitungseigenschaften und Erprobung
- Zusatzstoffe (Nanofüllstoffe, Initiatoren etc.) für Reaktivpolymere
- Werkstoffmodelle für polymere Materialien
- Lehrgänge zur/zum Faserverbundkunststoff-Hersteller/-in (FVK-Hersteller/-in), Faserverbundkunststoff-Instandsetzer/-in (FVK-Instandsetzer/-in), Faserverbundkunststoff-Fachkraft (FVK-Fachkraft) und Lehrgangsmodule zum Fraunhofer Composite Engineer
- Innovative Verbindungskonzepte durch Kleben und Hybridfügen
- Auswahl und Qualifizierung von Klebstoffen
- Nutzung biomimetischer Konzepte in der Kleb- und Oberflächentechnik
- Entwicklung und Qualifizierung klebtechnischer Fertigungsprozesse; rechnergestützte Fertigungsplanung
- Applikation von Kleb-/Dichtstoffen, Vergussmassen (Mischen, Dosieren, Auftragen)
- Konstruktive Gestaltung geklebter Strukturen (Simulation des mechanischen Verhaltens geklebter Verbindungen und Bauteile mittels FEM, Prototypenbau)
- Kennwertermittlung, Schwing- und Betriebsfestigkeit von gefügten Verbindungen
- Lehrgänge – national und international – zur/zum European Adhesive Bonder – EAB (Klebpraktiker/-in), European Adhesive Specialist – EAS (Klebfachkraft) und European Adhesive Engineer – EAE (Klebfachingenieur/-in) sowie kunden- und technologiespezifische Weiterbildungsangebote
- Upscaling neuer Verfahren, vor allem von Fügeprozessen bis zum Prototypenstadium
- Neue Verfahren zum Modifizieren und Beschichten von Oberflächen
- Entwicklung umweltverträglicher Vorbehandlungsverfahren und Korrosionsschutzsysteme für Kunststoffe und Metalle
- Funktionelle Beschichtungen durch trocken- und nasschemische Verfahren sowie funktionelle Lacksysteme
- Plasmaverfahren für die Oberflächenbehandlung bis zum Design von Fertigungsanlagen
- Entwicklung spezieller Prüfverfahren (z. B. Bildung und Haftung von Eis auf Oberflächen, Alterungsbeständigkeit)
- Bewertung von Alterungs- und Degradationsvorgängen in Materialverbunden; elektrochemische Analytik
- Materialentwicklung mit quanten-/molekularmechanischen Methoden
- Automatisierung, Parallelisierung und Digitalisierung von Prozessen
- Robotergestützte Montage von Großstrukturen
- Bearbeitung von Faserverbundwerkstoffen
- Mobile Robotersysteme in Kooperation mit humanen Arbeitsanteilen
- Softwareentwicklung und Regelungstechnik
- Qualitätssicherungskonzepte für kleb- und lacktechnische Anwendungen durch die fertigungsintegrierte und digitale Analyse von Bauteiloberflächen

1 *Über- und Unterwasserrobotik im Einsatz. (© DFKI/Fraunhofer IFAM)*



KERNKOMPETENZ METALLISCHE WERKSTOFFE

Die Entwicklung von Werkstoffen mit maßgeschneiderten Eigenschaften oder Eigenschaftskombinationen steht im Mittelpunkt der Kernkompetenz Metallische Werkstoffe des Fraunhofer IFAM. Die Anwendung und gezielte Weiterentwicklung von Gießtechnik, Sinter- und Formgebungsverfahren sowie additiv generativer Fertigungsverfahren schaffen 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 Pulvertechnologie erlaubt die Herstellung von Werkstoffen mit einem definierten Eigenschaftsprofil. In der Gießereitechnik wird die gesamte Werkstoffpalette der Gusswerkstoffe verarbeitet, hierzu gehören Aluminium, Magnesium, Zink, Kupfer, Stahl sowie die individuellen Sonderlegierungen unserer Kunden. Weiterhin werden Sonderwerkstoffe wie beispielsweise Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe entwickelt und für gießtechnische Anwendungen optimiert.

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 Grad Celsius).

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

Zu den Materialien, die in der Energietechnik oder in alternativen Antriebstechnologien eine wichtige Rolle spielen, gehören die magnetischen Werkstoffe. Am Fraunhofer IFAM werden sowohl hart- als auch weichmagnetische Materialien entwickelt, fertigungstechnisch erprobt und charakterisiert. Hierzu zählt auch das zukunftsträchtige Gebiet der Soft Magnetic Composites (SMC).

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/metallische-werkstoffe**

1 *Functional Composites: thermisch hochleitfähige FDM-Filamente.*

1

KOMPLEXE HARTMAGNETGEOMETRIEN MITTELS METALLPULVERSPRITZGUSS

Kleine und mittelgroße Hartmagnete sind aus vielen Industrieanwendungen und Konsumgütern nicht mehr wegzudenken. Mit zunehmender Verbreitung steigt auch die Notwendigkeit für eine kosten- und ressourceneffiziente Fertigung. Die Fertigung mittels Metallpulverspritzguss bietet dabei neue Möglichkeiten.

Hart- oder Permanentmagnete haben ein breites Anwendungsfeld. Man findet sie in kleinen Vibrationsmotoren für Mobiltelefone oder in Elektromotoren für E-Fahrzeuge. Aus Gewichts- und Bauraumgründen ist für viele der Anwendungen die Energiedichte der Magnete entscheidend. Magnete auf Seltenerd-Basis (Nd-Fe-B, Sm-Co) sind aufgrund ihrer herausragenden magnetischen Eigenschaften daher für viele dieser Anwendungen alternativlos. Der hohe Anteil Seltener Erden in den Magneten macht diese wirtschaftlich und strategisch interessant. Die konventionelle Fertigung von Nd-Fe-B-Magnete erfolgt über Pressen der Metallpulver zu relativ einfachen Geometrien. Komplexere Geometrien müssen nachträglich aufwendig mittels Schleifen und Schneiden gefertigt werden. Je nach Geometrie und Bauteilgröße sind damit hohe zusätzliche Fertigungskosten und eine verminderte Rohstoffausnutzung verbunden.

Endformnahe Fertigung

Bei der endformnahen Fertigung setzt das Fraunhofer IFAM auf den Metallpulverspritzguss (MIM) als massentaugliches und industrieerprobtes Herstellungsverfahren. Das Verfahren ermöglicht die Fertigung komplexer Bauteile mit höchsten Anforderungen an Genauigkeit und Oberflächenqualität.

Für die Fertigung endformnaher Bauteile wurde das MIM-Verfahren für Nd-Fe-B-Pulver adaptiert. Im Rahmen des Forschungsprojektes »Kritikalität Seltener Erden« wurde die vollständige MIM-Prozesskette, von der Feedstockherstellung über die Formgebung bis hin zur Sinterung und Wärmebehandlung erarbeitet. Die Prozesskette konnte an verschiedenen Legierungszusammensetzungen verifiziert werden. Das Verfahren ermöglicht die Herstellung isotroper und anisotroper gesinterter Magnete. Zurzeit werden die Ergebnisse auf die Fertigung anisotroper Ringsegmente übertragen. Ziel ist es, die über mehrere Einzelschritte gefertigten Segmente in einem einzigen Formgebungsschritt herzustellen.

Erhöhung der Temperaturstabilität

Des Weiteren ermöglicht das Herstellungsverfahren auch das zusätzliche Einbringen sogenannter Schwerer Seltener Erden (HREE) wie Dysprosium. Diese HREE sind vor allem bei erhöhter Temperaturbelastung wichtig, wie sie häufig in Elektromotoren auf die Magnete einwirken. Es konnte gezeigt werden, dass durch einfache Zugabe metallorganischer Verbindungen mit HREE eine Erhöhung der Temperaturstabilität der gesinterten Magnete erzielt werden kann. Das ermöglicht die gezielte Anpassung der Magnete an die jeweiligen Anwendungsbedingungen.

1 *Spritzgegossene Ringsegmente mit radialer Magnetisierung (NdFeB, Grünteile).*

SINTER- UND FUNKTIONALE KOMPOSITBAUTEILE DURCH FILAMENTDRUCK

Mit den stetig erweiterten Möglichkeiten der additiven Fertigung steigen auch die Ansprüche an die Werkstoffauswahl und damit an die umsetzbaren Produkte. Am Fraunhofer IFAM wird auf mehreren Ebenen an der Erweiterung der Werkstoffpalette und der Optimierung von Fertigungsprozessen gearbeitet. Ein Fokus liegt dabei auf dem Filamentdruck (Fused Filament Fabrication, FFF) der u. a. durch die vergleichsweise günstigen Drucker für viele Anwender interessant ist.

Durch das schichtweise Ablegen geschmolzener Materialien werden im Filamentdruck Bauteile aufgebaut. Am Fraunhofer IFAM liegt der Schwerpunkt der Entwicklungen auf gefüllten Materialien, die über die eingesetzten Füllstoffe neue Einsatzmöglichkeiten schaffen. Grundlage dafür liefert die langjährige Erfahrung in der Aufbereitung und Verarbeitung füllstoffhaltiger Materialien und das wissenschaftliche Know-how zum Zusammenspiel polymerer Werkstoffe mit anorganischen Materialien.

Ein dazu betrachtetes Materialkonzept nutzt Filamente, die einen hohen Anteil an Metall- und/oder Keramikpulvern aufweisen. Die gedruckten Bauteile solcher Filamente werden nach dem Drucken noch vom organischen Material befreit (entbindert) und in einem Ofenprozess zu einem dichten Bauteil gesintert. So entstehen je nach Füllstoffwahl metallische, keramische oder hybride Bauteile. Dieser Prozessansatz ist insbesondere für Unternehmen mit Sinterkompetenz relevant. Durch die Entwicklung von Systemlösungen, bei denen die Prozessschritte des Entbinderns und Sinterns integriert sind (Projekt AMCC-Line), sollen zukünftig aber auch weiteren Anwendern die Herstellung gesinterter Bauteile ermöglicht werden. So können Prototypen und Kleinserien verschiedenster Werkstoffe hergestellt werden, die über etablierte Verfahren erst in hohen Stückzahlen oder aufgrund der geometrischen Komplexität gar nicht umsetzbar sind.

Ein anderes Materialkonzept zielt auf additiv gefertigte Bauteile aus polymerbasierten Kompositen mit maßgeschneiderten funktionalen Eigenschaften ab. Speziell elektrisch hochleitfähige Kunststoffe aus Kompositen mit Leitfähigkeiten bis zu 10^6 S/m werden am Fraunhofer IFAM betrachtet, aber auch Themen wie die Ausstattung mit thermischer Leitfähigkeit, Elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV), Flammschutz etc. sind Gegenstand aktueller Entwicklungen gemeinsam mit Kunden. Anwendungspotenzial ist in funktionsintegrierten Bauteilen für Automotive, Luftfahrt oder Beleuchtungstechnik zu sehen. Das Fraunhofer IFAM deckt im Bereich des Filamentdrucks die gesamte Wertschöpfungskette ab: von der Material- und Prozesskonzeptionierung über die Materialaufbereitung, Filamentherstellung und das Drucken bis hin zum Entbindern und Sintern. Im Rahmen der Prozesskette werden Materialien und einzelne Prozessschritte betrachtet und optimiert, um eine technologisch und wirtschaftlich optimale Lösung für den Kunden zu erzielen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden zudem Material- und bauteilspezifische Analysen zur Bewertung der Entwicklungen herangezogen.

1 *Elektrisch hochleitfähige Komposite für den Filamentdruck.*
2 *Gesinterte Edelstahlkapseln zum endkonturnahen heißisostatischen Pressen, gefertigt mittels FFF (Geometrien aus IGF-Vorhaben Nr. 18968 N).*

ELEKTRONENSTRAHLSCHMELZEN – VIELFÄLTIG UND PRODUKTIV

Das selektive Elektronenstrahlschmelzen (SEBM) ist ein pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren zur Herstellung formkomplexer metallischer Bauteile. Industriell eingeführt ist es bislang vor allem zur Verarbeitung von Werkstoffen auf Titanbasis in den Branchen Luftfahrt und Medizintechnik.

Die Vorteile des SEBM für metallische Bauteile liegen insbesondere in den Pulvern und einer weitgehenden Freiheit hinsichtlich Bauteilgestaltung und Werkstoffauswahl. So liegen die Pulverkosten deutlich unterhalb der Preise, die für laserstrahlbasierte Verfahren anfallen. Auch können Abweichungen in der Partikelform besser toleriert werden. Durch das gezielte Vorheizen des Pulverbettes bis auf Temperaturen von über 1000 Grad Celsius besteht eine verringerte Neigung zu Eigenspannungen und somit zum Bauteilverzug. Daher müssen die vergleichsweise kurzen Stützstrukturen nicht bis zur Startplatte angebunden werden. Die sich hieraus ableitende Möglichkeit, Bauteile komplexer zu gestalten und zu stapeln, macht das SEBM zu einem produktiven additiven Verfahren.

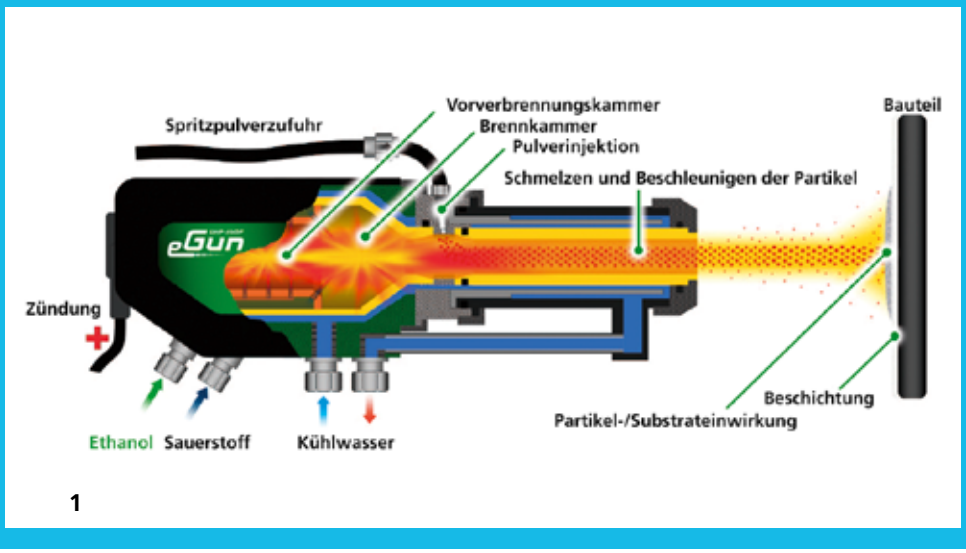
Ein weiterer Vorteil der erhöhten Pulverbetttemperaturen ist insbesondere die Verarbeitbarkeit auch schwer schweißbarer Werkstoffe und somit eine Erweiterung der Werkstoffpalette gängiger strahlbasierter Verfahren. Ein besonderes Potenzial liegt daher in der Verarbeitung von Stählen für Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau sowie im Werkzeugbau. Im neu eröffneten »Innovation Center Additive Manufacturing ICAM« am Standort Dresden arbeitet das Fraunhofer IFAM gemeinsam mit Industriepartnern in verschiedenen Projekten an diesem attraktiven Themenkomplex.

Die additive Verarbeitung korrosionsbeständiger Stähle durch SEBM zu Bauteilen mit innen liegenden Strukturen wurde bereits mehrfach erfolgreich demonstriert. Im Projekt AGENT-3D_FunGeoS* wurde dazu das Gehäuse eines servohydraulischen Ventils fertigungsgerecht neu konstruiert und in austenitischem Edelstahl realisiert (Abb. 1). Durch SEBM entsteht ein spezifisches Gefüge mit vorteilhaften mechanischen Eigenschaften. Die additive Verarbeitung von Duplexstahl und der Aufbau von Pumpenlaufrädern sind ein Schwerpunkt des Projektes RessFAST*.

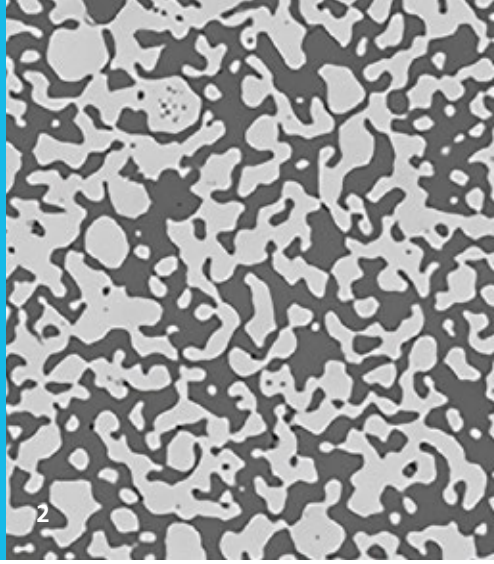
Aus der wichtigen Klasse der Werkzeugstähle wurden im Projekt AddMaTs* jeweils ein Kaltarbeitsstahl und ein Schnellarbeitsstahl qualifiziert. Die Herausforderung bei diesen Werkstoffen besteht in der Vermeidung von Rissen dieser stark kohlenstoffhaltigen Werkstoffe. Der verarbeitete Werkstoff zeichnet sich durch ein feines und homogenes Gefüge aus. Die Wärmebehandlung kann in analoger Weise zum konventionell verarbeiteten Stahl erfolgen und bietet daher eine gute Basis für die hybride Fertigung. Ein weiterer Entwicklungsgegenstand sind hoch hartstoffhaltige Legierungen für Anwendungen, die besondere Verschleißfestigkeit erfordern. Die Untersuchungen betrachten schließlich auch die Grenzen der realisierbaren Geometrien, wie Wandstärken, Kanaldurchmesser und Überhangwinkel.

*Projekte AGENT-3D_FunGeoS, RessFAST und AddMaTs sind gefördert vom BMBF.

1 *Mit SEBM additiv gefertigtes, topologieoptimiertes Ventilgehäuse (Design aus Kooperation mit Bosch und TU Dresden).*



1



2

NEUES KONZEPT ZUR UMWELTFREUNDLICHEN FERTIGUNG VON ALUMINIUM

Aluminium ist aus unserem täglichen Leben nicht wegzudenken. Ob als Haushaltsfolie, in Kochgeräten oder zum Leichtbau von Autos und Flugzeugen – die Liste ist endlos. Jedoch werden bei der Produktion dieses wichtigen Werkstoffes große Mengen an Kohlenstoffdioxid produziert.

Forscher des Fraunhofer IFAM in Dresden haben gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung unter Leitung der Bergbaugesellschaft Rio Tinto innerhalb des von der Europäischen Kommission geförderten Projektes AGRAL einen Werkstoffverbund und dessen Fertigungsprozess für Anoden entwickelt, mit dem der direkte CO_2-Ausstoß bei der Aluminium-Elektrolyse vollständig vermieden werden kann.

Zur Herstellung von Aluminium wird bis heute standardmäßig das elektrolytische Hall-Héroult-Verfahren aus dem 19. Jahrhundert angewandt. Die Reduktion von Aluminiumoxid zu Aluminium erfolgt hierbei in Elektrolyseöfen durch das Anlegen einer geringen Gleichspannung zwischen Anode und Kathode. Der Stromfluss hält die Prozesstemperatur konstant und bewirkt den chemischen Vorgang durch Elektrolyse. Als Elektrolyt wird geschmolzener Kryolith mit Aluminiumoxid eingesetzt. Das flüssige Aluminium sammelt sich am Ofenboden und fungiert hierbei als Kathode.

Die Anoden bestehen aus vorgebrannten Blöcken aus Petrolkoks und Teer-Pech, also im Wesentlichen aus Kohlenstoff und werden während des Verfahrens durch die Reaktion mit dem freiwerdenden Sauerstoff des Aluminiumoxids zu Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO_2) aufgebraucht. Je Tonne erzeugten Aluminiums wird etwa eine halbe Tonne Anodenkohle verzehrt. Das resultiert in der Emission von etwa 1,8 Tonnen CO_2, begleitet von der Freisetzung fluorierter Kohlenstoffe.

Zur Vermeidung dieser Treibhausgase und Schadstoffe verfolgt das laufende Verbundvorhaben das Ziel, eine stabile, sauerstoffentwickelnde Anode (Inert-Anode) für die Aluminium-Schmelzflusselektrolyse im prototypischen Maßstab zu entwickeln.

Der neu entwickelte Werkstoffverbund kann den extremen Anforderungen wie gute elektrische Leitfähigkeit, hohe mechanische Festigkeit und Resistenz gegen Thermoschock gerecht werden. Der Verbundwerkstoff, bestehend aus einer Mischung von Eisenoxid und einer Metalllegierung, aufgebracht als millimeterdicke Schicht auf einem Metallsubstrat aus einer Nickellegierung, zeigt eine ausgesprochen hohe Stabilität in der Aluminium-Elektrolyse. Mehrere hundert Stunden wurde diese Anode bereits erfolgreich getestet.

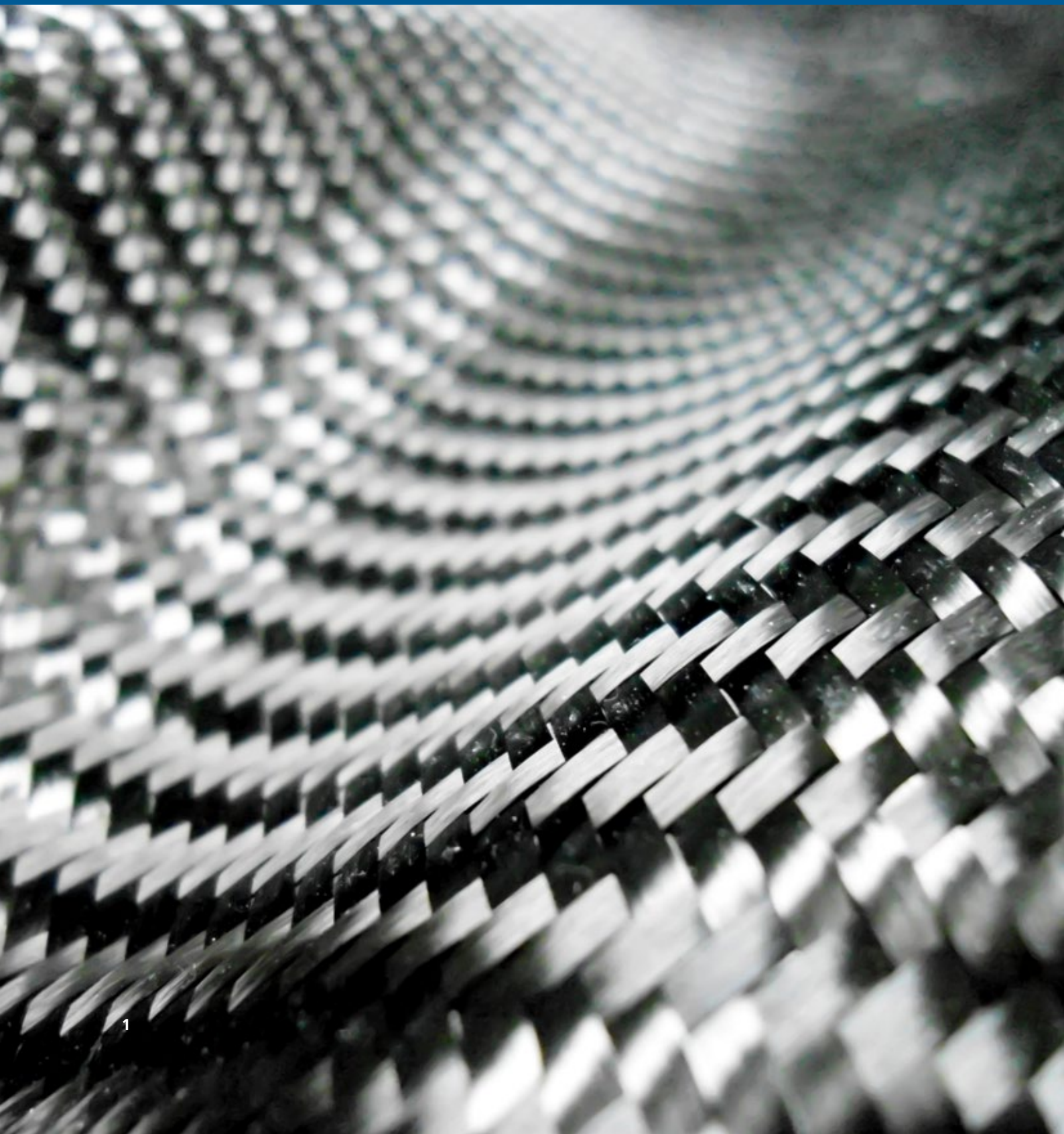
Zusätzlich wurden geeignete pulvermetallurgische Fertigungsrouten, basierend auf einem druckunterstützten Sinterverfahren (HIP – heißisostatisches Pressen) bzw. einem Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen, im Verbundprojekt entwickelt und getestet.

Um diesen Prozess weiterzuentwickeln und zu kommerzialisieren, haben der australisch-britische Rohstoffkonzern Rio Tinto und sein amerikanischer Wettbewerber Alcoa mit finanzieller Unterstützung von Apple das Gemeinschaftsunternehmen Elysis gegründet.

1 *eGUN – Flammspritzen zur Beschichtung des Basissubstrats mit einer elektrochemisch aktiven Funktionsschicht aus einem Keramik-Metall-Verbundwerkstoff. (© FST)*

2 *Zwei-Phasen-Gefüge der Funktionsschicht der Inert-Anode.*

POLYMERE WERKSTOFFE



KERNKOMPETENZ POLYMERE WERKSTOFFE

Die Bedeutung polymerer und polymermodifizierter Werkstoffe hat in den letzten Jahren aufgrund ihrer variablen und einzigartigen Eigenschaften und dem Potenzial zur Ressourcenschonung weiter zugenommen. Neuartige Polymerwerkstoffe schaffen technisch interessante Perspektiven und stellen einen wichtigen Forschungsschwerpunkt in den Bereichen Kleben, Lacktechnik und Faserverbundwerkstoffe am Fraunhofer IFAM dar. Hierbei stehen Werkstoffe im Fokus, die sowohl aus fossilen als auch nachwachsenden Rohstoffen synthetisch erzeugt oder durch Umwandlung von Naturstoffen gewonnen werden.

Das Kompetenzspektrum im Bereich Polymere Werkstoffe reicht von der Entwicklung über die Verarbeitung und Formulierung bis hin zur Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung und umfasst dabei die gesamte Wertschöpfungskette vom Molekül bis zum Bauteil. Ausgangspunkt sind das Moleküldesign und die Synthese von Rohstoffen für Klebstoffe, Beschichtungen und Matrixharze. Im Vordergrund stehen Reaktivsysteme, die zu duromeren, elastomeren oder thermoplastischen Polymeren verarbeitet werden. Das Institut befasst sich intensiv mit der Entwicklung neuer, maßgeschneiderter Polymersysteme, aus denen Produkte für Anwendungen im Leichtbau, Komponenten für elektrische Energiespeicher oder die Medizintechnik resultieren.

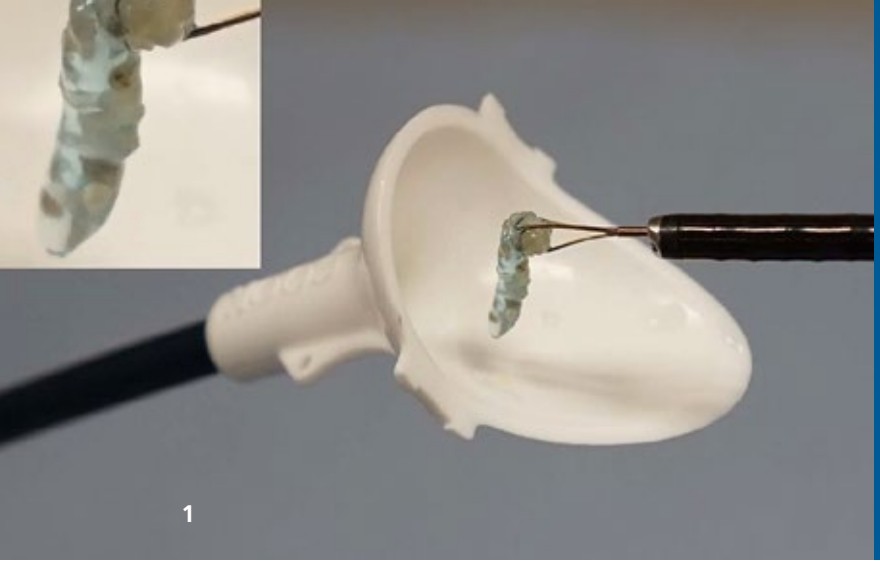
Mit dem Ziel, Bauteile und Werkstoffe mit zusätzlichen Funktionalitäten auszustatten, werden »stimuliresponsive« Klebstoffe, selbstheilende Lacksysteme oder auch adaptive Verbundwerkstoffe entwickelt. Vor dem Hintergrund der Ressourcenknappheit und zunehmender Verschmutzung der Umwelt mit Kunststoffen spielen polymere Werkstoffe, die auf nachwachsenden Rohstoffen basieren oder biologisch abbaubar sind, eine große Rolle. So werden u. a. stärkebasierte Klebstoffe für Holzklebungen, Biokomposite aus Biopolymeren und Naturfasern für die Verpackungsindustrie oder Agrarwirtschaft und Additive aus Chitosan für Antifouling-Lackierungen entwickelt.

Ein zentraler Bestandteil ist die Werkstoffcharakterisierung zur Ermittlung von Materialkennwerten, die in Kombination mit numerischen Simulationsmethoden zur Vorhersage der Funktions- und Lebensdauer herangezogen werden. Für die rechnerische Nachweisführung bei Faserverbundwerkstoffen und geklebten Strukturen werden vereinfachte mathematische Modelle und die Finite-Elemente-Methode (FEM) eingesetzt, aus denen sich polymerspezifische Werkstoffmodelle und Modellierungstechniken ableiten lassen. Mit Unterstützung des angegliederten Werkstoffprüflabors können Materialkarten für FEM-Programme erstellt werden, die eine werkstoff- und anwendungsgerechte Bemessung von Klebverbindungen und Bauteilen ermöglichen.

Ein übergreifender Kompetenzbaustein ist die Qualitätssicherung. Die durchgängige Überwachung der Reaktionsprozesse von polymeren Werkstoffen sowie der daraus gefertigten Bauteile durch maßgeschneiderte Analyseverfahren ist hierbei ein wesentliches Werkzeug zur Sicherung einer zuverlässig hohen Qualität der Endprodukte. Dies wird durch eine zertifizierte, branchen- und produktübergreifende Personalqualifizierung unterstützt. Im Rahmen der beruflichen Weiterbildung findet ein Technologietransfer statt, bei dem wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden den Weg in die industrielle Anwendung finden.

> **www.ifam.fraunhofer.de/polymere-werkstoffe**

1 *CFK-Struktur. (© prakasitlalao – stock.adobe.com)*



1

2

AUSGRÜNDUNG DER PURENUM GMBH – ENTWICKLUNG MEDIZINISCHER KLEBSTOFFE

Das Fraunhofer IFAM entwickelt seit 50 Jahren Klebstoffe, die in allen technischen Branchen zur Anwendung kommen. Besonders anspruchsvoll ist die Entwicklung biomimetischer Klebstoffe für die Medizintechnik. In dem GO-Bio-Projekt »mediNiK« ist es gelungen, mit Partnern aus der Medizin einen biokompatiblen medizinischen Klebstoff mit selektiver Adhäsion zur Entfernung von Nierensteinresten für die endoskopische Therapie zu entwickeln. Ein Spin-off-Unternehmen des Instituts wird diese Technologie zukünftig weiter vorantreiben.

Der Biologe Dr. Ingo Grunwald und der Ingenieur Manfred Peschka sind erfahrene und langjährige Mitarbeiter des Fraunhofer IFAM und die Gründer der Purenum GmbH. Sie haben früh erkannt, dass der Bedarf für ein breites Spektrum an medizinischen Klebstoffen besteht. Ein hohes Anwendungspotenzial ergibt sich allein in Deutschland mit über einer Million jährlichen Behandlungsfällen im Bereich der Nierensteinerkrankungen. Ingo Grunwald beschreibt den Hintergrund zur Entwicklung des medizinischen Klebstoffes zur Entfernung von Nierensteintrümmern: »Kleinere Steintrümmer, wie sie bei der endoskopischen Laser- oder der Stoßwellentherapie von Nierensteinen entstehen, können bislang nicht zuverlässig entfernt werden, da diese zum Greifen zu klein sind und somit in der Niere verbleiben. Wissenschaftliche Veröffentlichungen weisen darauf hin, dass diese Restfragmente die Ursache erneuter Steinbildungen sein können. Der ausgesprochene Wunsch von Urologen, den Patienten auch von kleinen Steintrümmern befreien zu können, rückt nun mithilfe des neuartigen Nierensteinklebstoffes in ›greifbare‹ Nähe.«

»Der Vorteil des medizinischen Klebstoffes liegt darin, dass die Klebstoffapplikation ohne neues Instrumentarium oder zusätzliche komplizierte Verfahrensschritte in bisherige endoskopische Operationsverfahren integriert werden kann. Nach dem Entfernen der großen Nierensteine werden die verbleibenden Restfragmente mit dem »mediNiK«-Klebstoff verklebt, welcher mit dem Endoskop während der Operation über die Harnwege zugeführt wird. Das Klebstoff-Steinfragment-Konglomerat wird hierdurch so groß, dass dieses problemlos mit den üblichen Fanginstrumenten entfernt werden kann«, beschreibt Manfred Peschka das neuartige Verfahren. »Aber das eigentliche Know-how steckt in der Entwicklung des Klebstoffes selbst: Der Klebstoff weist eine selektive Adhäsion auf und haftet weder an den verwendeten medizinischen Instrumenten noch an dem Nierengewebe, sondern verklebt nur die Steinfragmente. Das polymerisierte und elastische Klebstoffgel ist über die Endoskop-Kamera sehr gut sichtbar und gibt hierdurch dem behandelnden Urologen Hinweise auf mögliche Klebstoffreste«, erklärt Peschka den Fortschritt für die Medizintechnik.

An der Finanzierung beteiligten sich unter anderem der High-Tech Gründerfond (HTGF) und die BAB Beteiligungs- und Managementgesellschaft Bremen. Neben der Zulassung und Vermarktung des neuen Verfahrens zur Nierensteinentfernung mithilfe eines biokompatiblen Klebstoffes sehen die beiden Unternehmer zahlreiche Potenziale zum Einsatz von weiteren Klebstoffen in der Medizintechnik.

1 *Entfernung von Steinen mithilfe eines Demonstrators des Nierensteinklebstoffes.*

2 *Dr. Ingo Grunwald (l.) und Dipl.-Ing. Manfred Peschka (r.), die Gründer der Purenum GmbH, mit einem Demonstrator des Nierensteinklebstoffes.*

LightRight
Materials for Lightweight Design

LIGHTRIGHT 2.0 – EUROPÄISCHE LEICHTBAU-WEITERBILDUNG NEU GEDACHT

Leichtbau – eins der vielbemühten Schlagwörter des letzten Jahrzehnts. Ökonomisch und ökologisch unverzichtbar, haben Leichtbaustrukturen das Potenzial, Ressourcen zu schonen, Kosten zu senken und die Attraktivität von Produkten zu steigern.

Das Problem liegt bisher allerdings darin, dass Leichtbau sich oft darauf beschränkt, herkömmliche Konstruktionen mit Leichtbaumaterialien zu versehen. Im günstigsten Fall können hierbei Potenziale unausgeschöpft bleiben, im schlimmsten Fall kann die Leistung des Produkts leiden. Denn: Leichtbaudesign muss immer auch von den Anforderungen der zu verwendenden Leichtbaumaterialien her gedacht werden. Bisherige Aus- oder Weiterbildungen thematisieren oftmals exklusiv entweder Leichtbaudesign oder einzelne Leichtbaumaterialien. Das Projekt »LightRight« (lightweight materials – how to treat them right), koordiniert vom Weiterbildungszentrum Faserverbundwerkstoffe des Fraunhofer IFAM, begann im Jahr 2017 mit der Erarbeitung eines Weiterbildungskonzeptes, das die für erfolgreiche Leichtbaukonzepte notwendigen Perspektiven Design und Material verbindet. In einem vom European Institute of Innovation and Technology (EIT) geförderten Projekt arbeiteten sechs Projektpartner aus vier verschiedenen europäischen Ländern an diesem innovativen Weiterbildungskonzept, das auf einer in dem Projekt durchgeführten Bedarfsanalyse potenzieller industrieller Kunden basiert.

Im Zuge dieser Arbeiten stellte sich heraus, dass das Konsortium erweitert werden musste, um die erhobenen inhaltlichen Bedarfe der Industrie zu befriedigen. Der Antrag für ein Projekt LightRight 2.0 überzeugte das EIT und seit Januar 2018 bündeln nun elf Projektpartner, wieder unter der Leitung des Weiterbildungszentrums Faserverbundwerkstoffe des Fraunhofer IFAM, ihre Expertise in dem erweiterten Weiterbildungsangebot.

Die in Modulen strukturierte Weiterbildung zum »Lightweight Professional« wird zertifiziert nach DIN EN ISO/IEC 17024 und ist in einer Modulstruktur mit verschiedenen Anforderungen aufgebaut (Abb. 1).

Das erste Einführungsmodul findet vom 3. bis 5. September 2019 in München statt.

Weitere Informationen finden sich unter
> **www.lightweightprofessional.com**

Course Modules	Level	Target group	Objective	Certification
Introductory Module (IM)	Basic	Managers / technical Staff	Overview	First level
FRP | ADI | Al light alloys | Polymers | Steels | Magnesium/powder metals	Advanced	Technical Staff	Specific materials knowledge	Second level
Supply chain | Multimaterial design | LCA/LCC | Recycling | Joining techniques | Testing	Expert	Technical Staff	Transversal knowledge	Third level

1 *Leichtbau mit faserverstärkten Kunstoffen in Sportfahrzeugen. (© Eugene Sergeev)*

KERNKOMPETENZ OBERFLÄCHENTECHNIK

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

Die Ausrichtung des Fraunhofer IFAM orientiert sich an den industriellen Entwicklungs- und Fertigungsprozessen in der Oberflächentechnik, d. h., sie reicht von der materialwissenschaftlichen Forschung bis hin zur Entwicklung neuer Beschichtungsstoffe und Behandlungsprozesse. Dabei stehen die Kompetenzen in der Charakterisierung und Bewertung von Oberflächen, in der Funktionalisierung und Modifizierung sowie hinsichtlich der zugehörigen Applikationsverfahren mit entsprechender Qualitätssicherung für die Zusammenarbeit mit unseren Partnern zur Verfügung.

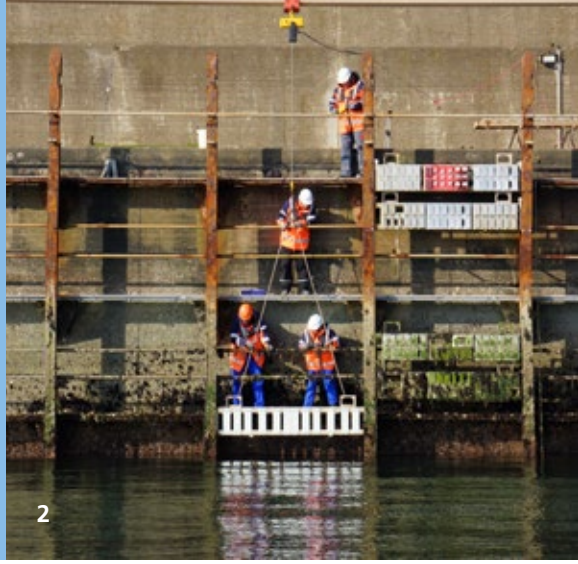
Zu den Arbeitsschwerpunkten zählen die Entwicklungen von z. B. nass- und trockenchemischen Reinigungs- und Oberflächenvorbehandlungstechniken, von lacktechnischen Materialien und Beschichtungsverfahren, von Druckverfahren sowie von Dünnschicht- und Dickschichttechnologien ebenso wie die Aspekte der modernen Qualitätssicherung in der Fertigungsüberwachung. Die Charakterisierung und Bewertung von Oberflächen mittels chemischer, elektrochemischer und struktureller Analysen liefert wertvolle Informationen über deren Beschaffenheit und Eigenschaften und wird durch verschiedene computergestützte Simulationsverfahren und aussagekräftige Prüf- und Testmöglichkeiten ergänzt.

Die Experten am Fraunhofer IFAM verfügen über umfangreiche Kenntnisse beim gezielten Modifizieren und Funktionalisieren von Oberflächen. Dies umfasst die Reinigung und Aktivierung ebenso wie eine entsprechende Vorbehandlung vor dem Lackieren und Kleben. Die Anforderungen an technische Oberflächen sind vielfältig und von der jeweiligen Anwendung abhängig. So werden z. B. Oberflächen entwickelt, die besonders strömungsgünstig, eis- und schmutzabweisend, antibakteriell oder biokompatibel sind oder Antifouling-Eigenschaften besitzen. Auch spezifische tribologische, optische oder elektrische Anforderungen sowie die Sensorierung von Oberflächen können bedient werden. Zudem stehen verschiedenste Applikationsverfahren zur Verfügung, ausgehend vom Labormaßstab über Pilotanlagen bis zum Upscaling und die robotergestützte Automatisierung für die (Groß-)Serienfertigung.

Qualitätssicherung spielt in der Oberflächentechnik eine zentrale Rolle. Am Fraunhofer IFAM werden daher fertigungsintegrierte Qualitätssicherungskonzepte und Prüfverfahren entwickelt, die eine stabile Prozesskontrolle erlauben. Hierbei werden auch die neuen Anforderungen an die Qualitätssicherung durch den Trend zur Digitalisierung im Fertigungsbereich berücksichtigt. Darüber hinaus verfügt das Institut 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 *Inline-Atmosphärendruck-Plasmabeschichtung.*



BAUTEIL- UND WERKSTOFFPRÜFUNG IN MARITIMER UMGEBUNG

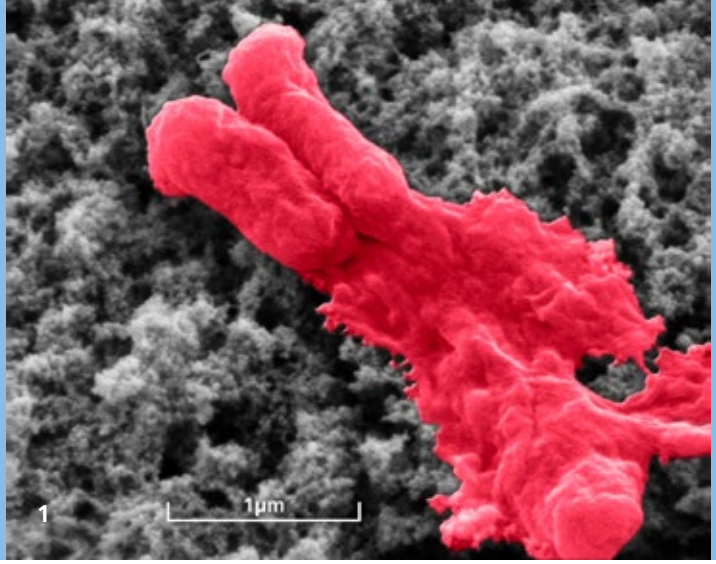
Bauteile und Werkstoffe aller Art werden beim Einsatz in maritimer Umgebung extremen Bedingungen ausgesetzt, die deren Lebensdauer durch unterschiedliche chemisch-physikalische Prozesse deutlich reduzieren können. Es ist essenziell, dies bei der Entwicklung neuer Technologien wie der Offshore-Windenergie, in der Deutschland aktuell weltweit einer der Spitzenreiter ist, zu berücksichtigen. Aber auch für etablierte Anwendungen wie den Schiffbau und Stahlwasserbau gilt dieser Grundsatz weiterhin, da die Reparatur eines Schadens immer teurer als eine nachhaltige Entwicklung ist.

Das bekannteste Beispiel für Korrosion ist das Rosten von Stahl, wenn dieser nicht hinreichend geschützt einer feuchten und salzhaltigen Umgebung ausgesetzt wird. Metalle wie Aluminium, Kupfer etc. und deren Legierungen zeigen ein anderes Verhalten. Auch polymere Werkstoffe unterliegen umgebungsbedingt ausgelösten Degradationsprozessen. Wechselnde Temperaturschwankungen, salzhaltiger Atmosphäre, UV-Strahlung, mechanische Beanspruchung, biologischer Bewuchs etc. sind nur einige der Faktoren, die als Lastkollektive die Lebensdauer von Bauteilen nachteilig beeinflussen.

Um Bauteile und Werkstoffe für jeweilige Anwendungszwecke auf Lebensdauer bzw. Beständigkeit zu prüfen und damit für deren Eignung zu qualifizieren, sind spezifische Korrosionsprüfungen im Labor durchzuführen. Das Fraunhofer IFAM hat ein akkreditiertes Prüflabor für ausgewählte Korrosionsprüfungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 und führt im Auftrag sowie im Rahmen von Forschungsprojekten eine Vielzahl verschiedener Korrosionsprüfungen von maritimer Relevanz durch: u. a. Salzsprühnebelprüfung nach DIN EN ISO 9227 und Prüfung von Beschichtungssystemen im Offshore-Bereich der DIN EN ISO 12944 Teil 9. Die endgültige Eignungsprüfung muss jedoch im Feldversuch erfolgen, da nur hier die wirklichen physikalischen, chemischen und biologischen Lasten als Kollektiv auftreten. Feldversuche stellen ein unverzichtbares Werkzeug zur Bestimmung von Belastungskollektiven und deren Wirkung, zur Validierung von Laboruntersuchungen und zur Abschätzung von Lebensdauern von Bauteilen und Komponenten dar.

Für maritime Anwendungen wird im Feld hinsichtlich des Belastungsregimes zwischen Dauertauch-, Wechseltauch- und Spritzwasserzone sowie atmosphärischen Bedingungen, also nur in Meerwassernähe, differenziert. Dieses Prüfportfolio kann vom Fraunhofer IFAM auf der Hochseeinsel Helgoland durch das Auslagerungsgestell an der Westmole und dem Freibewitterungsgelände vollständig abgedeckt werden. Ein weiteres Auslagerungsgestell steht in List auf Sylt an der Außenmole des Hafens zur Verfügung. Für gesonderte Fragestellungen sind weitere Standorte zugänglich, u. a. in Kooperationen im Forschungsverbund. Der unterschiedliche Charakter der verschiedenen Standorte ermöglicht die Berücksichtigung der verschiedenen Umweltbedingungen wie beispielsweise Strömung, Bewuchs, Salzgehalt etc.

1 *Auslagerungsgestell Helgoland.*
2 *Freibewitterungsgelände Helgoland.*



KEINE CHANCE FÜR KEIME AN IMPLANTATEN

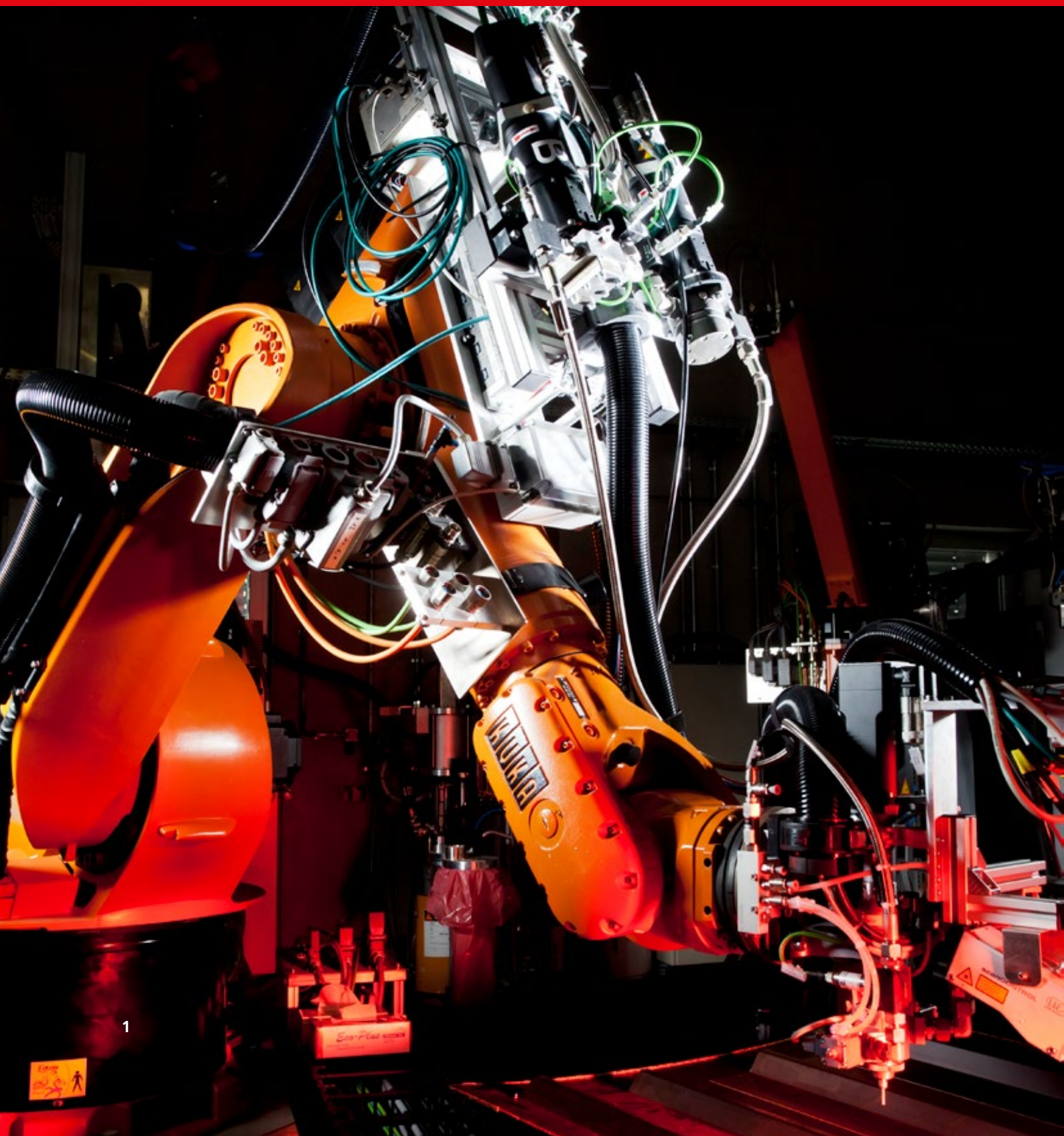
Das Einsetzen von Hüft- oder Zahnimplantaten ist zwar eine Routine-Operation, dennoch können beispielsweise Infektionen auftreten, die sich über Antibiotika per Tabletten oder Infusion nur schwer eindämmen lassen. In einem solchen Fall muss meist ein anderes Implantat eingesetzt werden. Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher bringen das passgenaue Medikament nun direkt auf dieses zweite Implantat auf und steigern zudem die Wirksamkeit des Antibiotikums synergistisch über Silberionen um ein Vielfaches.

Bei Hüft-Operationen z. B. besteht das Risiko, dass Bakterien in die Wunde gelangen und starke Infektionen hervorrufen können. Diese bekämpft man mit Antibiotika. Das Problem dabei: Zum einen sind manche Keime gegen bestimmte Antibiotika resistent, zum anderen kann das Antibiotikum per Tabletten oder Infusion oftmals nicht stark genug dosiert werden, um am Implantat alle Erreger abzutöten. Das Implantat lockert sich, es muss daher ein neues eingesetzt werden.

Die Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM, IME, IZI und ITEM haben im Projekt »Synergy-Boost« eine Therapie entwickelt, um erneute Infektionen zu vermeiden. »Das benötigte Antibiotikum kann direkt auf das zweite Implantat aufgebracht werden – es ist somit gleich dort, wo es benötigt wird«, sagt Kai Borcherding, Wissenschaftler am Fraunhofer IFAM. »Zudem haben wir die synergistische Wirkung von Antibiotika und Silberionen erforscht und können die Wirksamkeit damit deutlich steigern.« Das heißt: Sowohl das Antibiotikum als auch die Silberionen töten die Keime ab, allerdings ist die Wirkung erheblich intensiver als die Summe ihrer Einzelwirkungen – sie verstärken sich also gegenseitig. Zwar ist bereits seit Längerem bekannt, dass Silberionen die Wirkung von Antibiotika beträchtlich steigern können, doch gab es dazu nur vereinzelte Experimente. Denn das Verhältnis von Silberionen und Antibiotika hängt nicht nur vom verwendeten Medikament, sondern auch von dem Keim ab, der abgetötet werden soll. Die Wissenschaftler am Fraunhofer IME haben daher zunächst großangelegte Screenings durchgeführt: Sie untersuchten 20 verschiedene Antibiotika in unterschiedlichen Verhältnissen mit Silberionen an vier Leitkeimen – insgesamt über 9000 Proben – und identifizierten somit die wirksamsten Kombinationen.

Wenn Patienten an einer Infektion leiden und ein neues Hüftgelenk oder auch ein neues Zahnimplantat benötigen, erstellt der Arzt zunächst ein Antibiogramm: Er entnimmt geeignetes Probenmaterial, kultiviert aus diesem die Keime und analysiert, welches Antibiotikum infrage kommt. Dies ist ein bereits standardisiertes Verfahren. Dann appliziert der Arzt das entsprechende Antibiotikum direkt auf das Implantat. »Die Speichermöglichkeiten für die Antibiotika haben wir am Fraunhofer IFAM bereits untersucht. Dazu haben wir verschiedene Beschichtungsarten entwickelt«, erklärt Borcherding. Das Ergebnis: Die Wissenschaftler strukturieren die Oberfläche so, dass ein Antibiotikum aufgenommen werden kann. Die silberhaltige Beschichtung bringen sie im Vakuum auf der Oberfläche des Implantats auf. Die Schichtentwicklung ist bereits abgeschlossen, nun folgt der Wirksamkeitsnachweis am Fraunhofer IZI und am Fraunhofer ITEM. Zudem erstellen die Forscher am Fraunhofer ITEM die Dokumentation, die für die Zulassung eines Medizinproduktes erforderlich ist.

1 *Antibiotikabeschichtung lysiert Bakterium (E. coli).*



1

KERNKOMPETENZ KLEBEN

Das Fraunhofer IFAM ist das international führende, unabhängige Forschungsinstitut auf dem Gebiet »Kleben«. Seit fast 50 Jahren arbeiten hoch qualifizierte, multidisziplinär aufgestellte Teams an der Weiterentwicklung dieser facettenreichen Fügetechnik. Die langjährige Erfahrung, die Diversifizierung der Mitarbeiter und die umfassende apparative Ausstattung ermöglichen eine zügige und hochqualitative Bearbeitung von Dienstleistungen sowie von Forschungs- und Entwicklungsaufträgen.

Die Kernkompetenz Kleben des Fraunhofer IFAM umfasst die Klebstoffauswahl, die Charakterisierung mechanischer Merkmale, Verarbeitungseigenschaften von Klebstoffen, die Auslegung und Validierung geklebter Strukturen, die Entwicklung und Anwendung von Dosier- und Applikationsprozessen, die Qualitätssicherung, die kundenspezifische Gestaltung industrieller Prozesse, die Analyse von Schadensfällen, die Behebung von Fertigungsstörungen sowie die überbetriebliche, hierarchieübergreifende Qualifizierung des Personals im Betrieb.

Herausforderungen wie Haftvermittlung, Hochtemperaturanwendungen und Alterungsschutz gehören ebenso zum Portfolio wie die Schnellhärtung und das Hybridfügen. Zur Charakterisierung von Klebstoffen und Klebverbindungen wird ein breites Spektrum thermoanalytischer, spektroskopischer, rheologischer, physikalischer und mechanischer Prüfverfahren genutzt. Diese haben eine entscheidende Bedeutung zur Abschätzung des Alterungsverhaltens und der Lebensdauer des späteren Produkts.

Bei anspruchsvollen Verbindungen oder schwierigen Oberflächen kann vor dem Kleben die Vorbehandlung der Oberflächen notwendig sein. Dies gewährt eine langzeitbeständige Haftung der Klebstoffe. Die Integration des Klebens in die industrielle Fertigung erfordert eine auf die Anwendung abgestimmte Applikationstechnik. Der Prozessautomatisierung kommt somit eine zentrale Bedeutung zu. Gleiches gilt für die Auslegung von Klebverbindungen und für die Berechnung geklebter Strukturen. Grundlage sind experimentelle Kennwerte von Klebstoffen, Werkstoffen, Verbindungen und Bauteilen, die im DIN EN ISO/IEC 17065 akkreditierten Prüflabor ermittelt werden.

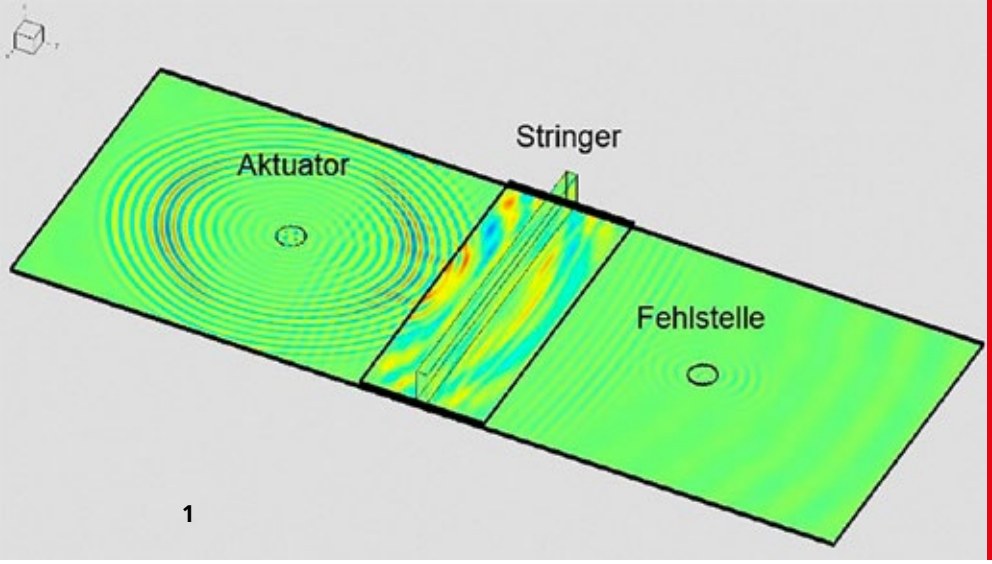
Kunden aus der Industrie schätzen unsere Beratung zu klebtechnischen Fragestellungen. Diese Beratung beginnt oftmals mit einer Betriebsbegehung und der Erstellung eines Lastenhefts. Die Auswahl geeigneter Klebstoffe wird auf die spezifischen Anforderungen des Kunden abgestimmt. Optional beinhaltet die spezifische Oberflächenbehandlung der Fügeteile sowie die Automatisierung des Klebstoffauftrags und kann bis hin zur Einführung eines qualitätsgesicherten Fertigungsprozesses im Unternehmen reichen.

Ein langjährig etabliertes, umfassendes und weltweit angebotenes Portfolio an klebtechnischer Weiterbildung mit international anerkannten Abschlüssen ist ein weiterer Ausdruck und ein wesentliches Element des Qualitätssicherungskonzepts für das Kleben.

Die Überprüfung der normgerechten Umsetzung industrieller Klebtechnik auf Grundlage der DIN 2304 »Klebtechnik – Qualitätsanforderungen an Klebprozesse« ist Bestandteil des Leistungsangebots. Das Fraunhofer IFAM stellt zudem nach DIN 6701 zugelassene Auditoren für das Kleben im Schienenfahrzeugbau.

> **www.ifam.fraunhofer.de/kleben**

1 *Robotertechnikum am Fraunhofer IFAM.*



1

2

ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG VON FASERVERBUNDBAUTEILEN

Viele Konstruktionselemente wie beispielsweise Turbinenschaufeln oder Flugzeugtragflächen werden heutzutage aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) gefertigt. Diese sind aufgrund ihrer neuartigen Bauweise anfällig für interne Schädigungen in Form von Delaminationen oder Rissen. Die Materialfehler entstehen während der Lebensdauer eines Bauteils u. a. durch sogenannte Impact-Schäden sowie zyklische Belastungen während des Betriebs oder der Fertigung. Um eine dauerhafte strukturelle Betriebsfestigkeit von FVK-Bauteilen und eine frühzeitige Detektion der Anomalien zu gewährleisten, nimmt der Einsatz von zerstörungsfreien Prüftechniken (ZfP) zur Qualitätssicherung zu.

Aktuell stellen Systeme auf Basis von Lamb-Wellen einen vielversprechenden Ansatz für die kontinuierliche Prüfung von dünnwandigen bzw. schalenartigen Leichtbaustrukturen dar. Lamb-Wellen sind gerichtete Wellen in plattenartigen Strukturen, die sich über lange Strecken relativ ungedämpft ausbreiten können. Die Wechselwirkungen dieser Wellenart können für die Lokalisierung und Charakterisierung von Schäden genutzt werden. Piezowandler dienen zum Erzeugen der Lamb-Wellen (Aktuator) sowie zum Empfangen der Signale (Sensor). Es ist möglich, geeignete Aktuator-Sensor-Kombinationen in die Faserverbundwerkstoffe einzulaminieren bzw. mit der Struktur zu verkleben. Für eine solche Anwendung ist das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen den Lamb-Wellen und dem Werkstoff bzw. der vorliegenden Bauteilgeometrie unerlässlich.

Ein gut geeignetes Werkzeug, um die Wartungskosten weiter zu reduzieren, stellt die numerische Simulation der Ausbreitung von Lamb-Wellen mithilfe der Finite-Elemente-Methode dar. Bei Hinzuziehen von experimentell ermittelten Messdaten eröffnen die Simulationsmodelle die Möglichkeit, viele Phänomene auf Grundlage von Berechnungen zu untersuchen. Hierdurch können kosten- und zeitintensive Laborexperimente substituiert und die Entwicklung von Structural-Health-Monitoring-Systemen beschleunigt werden.

Durch die Untersuchungen konnten erste grundlegende Erkenntnisse über das Ausbreitungsverhalten von Lamb-Wellen in monolithischen Laminaten mit Versteifungselementen (Stringer) gewonnen werden. Zudem können Rückschlüsse auf den Einfluss der verarbeiteten Klebstoffe sowie den Zustand der Klebungen gezogen werden. Die Ergebnisse helfen dabei, die Qualitätssicherung von FVK-Bauteilen in Zukunft dauerhaft zu steigern. Zudem tragen die Erkenntnisse dazu bei, die zerstörungsfreie Prüfung der Strukturen in Richtung eines selbstlernenden Systems (KI) im Rahmen eines Industrie 4.0-Ansatzes voranzutreiben. Langfristiges Ziel hierbei ist es, eine intelligente und flexible Qualitätssicherung sowohl in der Fertigungs- als auch in der Wartungsphase der Bauteile zu realisieren.

1 *Numerisches Modell der Ausbreitung von Lamb-Wellen in einem fehlerhaften CFK-Laminat mit aufgeklebtem Stringer.*

2 *Monolithisches CFK-Laminat mit aufgeklebter Längsversteifung (Stringer).*

1

HARMONISIERUNG DER KLEBTECHNISCHEN WEITERBILDUNG

Vor 25 Jahren entwickelte das Klebtechnische Zentrum des Fraunhofer IFAM zusammen mit dem Deutschen Verband für Schweißtechnik und verwandte Verfahren (DVS) ein branchenunabhängiges, hierarchieübergreifendes Weiterbildungssystem für klebtechnisches Personal. Heutzutage sind die Weiterbildungen Klebpraktiker, Klebfachkraft und Klebfachingenieur international etabliert und als notwendige Qualifikationen in verschiedenen Normen verankert. Anfangs in Deutschland, bald auch international wurden diese Lehrgänge mit wachsender Nachfrage durchgeführt. Mittlerweile gibt es in vielen europäischen Ländern ähnliche Angebote, meist mit stark unterschiedlichen Ansprüchen an die Weiterbildung.

Ziel des Erasmus+-Projektes »European Harmonized Training for Personnel working with Adhesive Bonding Technology« (AdTech) war die Harmonisierung des bestehenden und etablierten Weiterbildungskonzeptes auf europäischer Ebene. Beteiligte Projektpartner waren aus Portugal die Universität Porto, der EWF und ISQ. Weitere Partner waren CESOL aus Spanien, IZV aus Slowenien, die SZA aus Österreich und das Fraunhofer IFAM. Das auf drei Jahre geplante Projekt lief von September 2015 bis August 2018 und wurde mit knapp 440 000 Euro von der Europäischen Kommission co-finanziert.

Das erste Teilprojekt sollte das bestehende Weiterbildungskonzept evaluieren und mit den aktuellen Marktbedürfnissen abgleichen. Hierzu wurde eine Umfrage in jedem Partnerland durchgeführt. Dabei bewerteten die Teilnehmer das bestehende Qualifizierungssystem positiv bezüglich der Dauer der Lehrgänge, der vermittelten Kompetenzen und des Mehrwertes für die Anwenderbetriebe. Aus diesem Grund wurden die bestehenden Lehrgangsrichtlinien hauptsächlich formal angepasst. Eingeführt wurden Werkzeuge zur Durchlässigkeit von Weiterbildung, wie die Festlegung von EQF(European Qualifications Framework)-Niveaus. Zudem wurden ECVET(European Credit System for Vocational Education and Training)-Punkte pro Lehrgang definiert. Durch Einführung von Lernzielen, unterteilt in Wissen, Fähigkeiten und Kompetenzen, sollte weiterhin sichergestellt werden, dass europaweit die vermittelten Fachkompetenzen vergleichbar sind. Ursprünglich war im Projektantrag die Erstellung aller Materialien für alle Lehrgänge vorgesehen. Aufgrund des nicht leistbaren Umfangs wurde schlussendlich für alle Module des Klebfachingenieur-Lehrgangs eine exemplarische Präsentation erstellt. Die weitere Ausgestaltung von Lehrgangsmaterial ist dann den entsprechenden Schulungseinrichtungen freigestellt. Zu ihrer Unterstützung wurden sogenannte Strukturierungshilfen für die Erstellung von Lehrgangsmaterialien für alle Lehrgänge entwickelt.

Weiterhin wurden zur Harmonisierung der schriftlichen Prüfungen für jeden Lehrgang ein Set von Multiple-Choice- und offenen Fragen erstellt. Alle Fragen und auch das exemplarisch entwickelte Lehrgangsmaterial wurden in englischer Sprache erstellt und dann in die Sprachen der Projektpartner übersetzt.

1 *Unterrichtssituation am Fraunhofer IFAM.*

1

2

QUALITÄTSGESICHERTE KLEBTECHNIK REALISIERT INNOVATIVES MASCHINEN-DESIGN

Wie die neue DIN 2304-1 den Entwickler bei der Realisierung anspruchsvoller klebtechnischer Aufgabenstellung unterstützt.

Im Maschinen- und Anlagenbau kommt es besonders auf Funktionalität und Bedienungsfreundlichkeit an. Dies wird durch innovative Bauweisen erreicht, wobei immer häufiger verschiedenste Materialien kombiniert werden. Dies wiederum stellt große Anforderungen an die jeweilige Fügetechnik. Die Klebtechnik ist hierbei als solche prädestiniert, da sich mit ihrer Hilfe fast jede Materialkombination langzeitbeständig realisieren lässt. Dennoch wird häufig der Einsatz der Klebtechnik gescheut, teils wegen schlechter Erfahrung im Alltag, teils auf Grund des fehlenden Know-hows im Unternehmen.

Kleben ist gemäß ISO 9001 ein »spezieller Prozess«. Das bedeutet, dass wichtige Eigenschaften der Klebung (z. B. die Festigkeit) nicht zu 100 Prozent zerstörungsfrei überprüft werden können. Möchte man die Klebtechnik einsetzen, ergibt sich hieraus die Notwendigkeit der Absicherung des Prozesses durch qualitätssichernde Maßnahmen. Der Prozess Kleben besteht aus einer Kette von Prozessschritten, angefangen bei der Entwicklungs- und Planungsphase, über die Fertigung bis hin zur Warenausgangsprüfung.

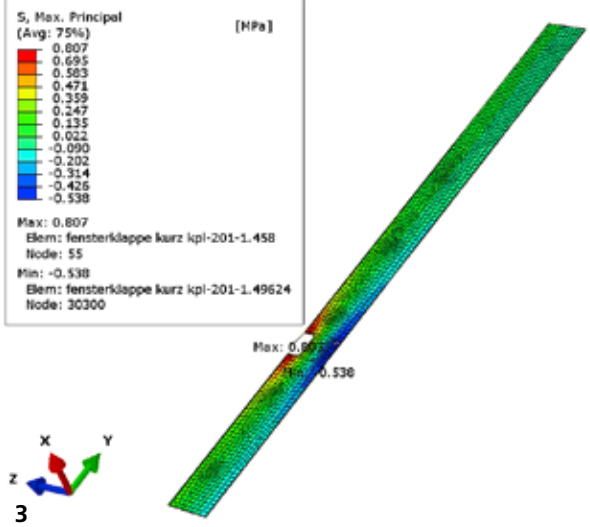
Die im März 2016 veröffentlichte DIN 2304 »Klebtechnik – Qualitätsanforderungen an Klebprozesse – Teil 1: Prozesskette Kleben« gibt hierbei Hilfestellungen zur Beherrschung des speziellen Prozesses Kleben und beschreibt den Stand der Technik der organisatorischen Qualitätssicherung im klebtechnischen Anwenderbetrieb. Sie umfasst die drei Kernelemente:

- Klassifizierung der Klebungen nach Sicherheitsanforderungen
- Einsetzung von Klebaufsichtspersonal (KAP)
- Nachweisführung: Beanspruchung < Beanspruchbarkeit

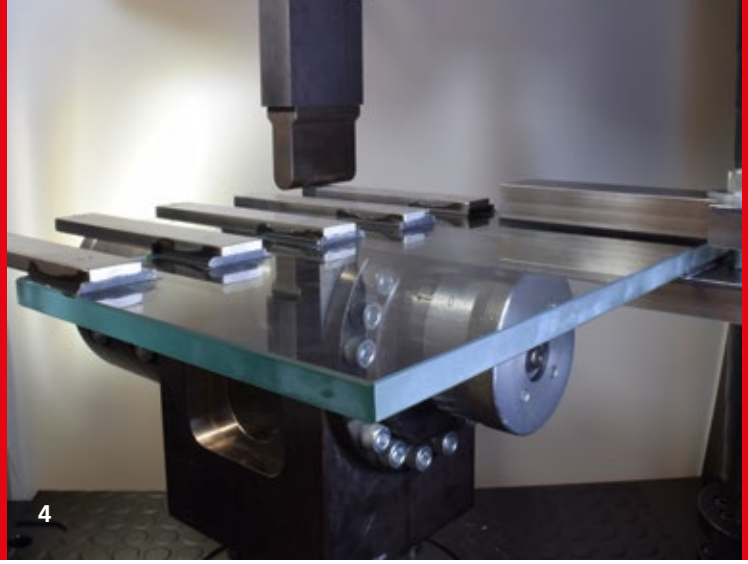
Bei der Klassifizierung stuft der Anwender Klebungen hinsichtlich potenzieller Auswirkungen durch das Versagen der Klebung in die Sicherheitsklassen S1 (mittel-/unmittelbare Gefährdung für Leib und Leben) bis S4 (maximal Komfort-/Leistungseinbußen) ein. Bei der Nachweisführung (ab Sicherheitsstufe S2 nötig) muss dokumentiert nachgewiesen werden, dass die Beanspruchbarkeit der Klebung höher ist als die zu erwartenden Beanspruchungen im Betrieb.

Bei der Entwicklung der klebtechnischen Fertigung der Fensterklappen der im Folgenden vorgestellten Kapselfüllmaschine FEC40 der Firma Fette Compacting (Abb. 1) wurden konsequent die Anforderungen der DIN 2304-1 umgesetzt.

Aus Gründen des Designs wurde von dem Hersteller eine rahmenlose Bauweise der Fensterklappen und eine flächenbündige Befestigung der Verbundsicherheitsglas(VSG)-Scheiben ohne zusätzliche sichtbare mechanische Verbindungselemente an den Schwenkmechanismus der Maschine gefordert. Für diese Befestigungsaufgabe bietet die Klebtechnik hervorragende Lösungsmöglichkeiten, sofern alle klebtechnischen Anforderungen bei der Klebstoffauswahl und der Dimensionierung der Klebverbindung berücksichtigt werden.



3


4

Die Klebschicht am oberen Rand der Fensterklappe zwischen dem VSG und der Edelstahl-Tragleiste (Abb. 2) unterliegt im geöffneten Zustand der Fensterklappe hohen lokalen Schälbeanspruchungen, während im geschlossenen Zustand der Klappe die Klebschicht auf Scherung beansprucht ist. Bei Versagen dieser Klebung, insbesondere im geöffneten Zustand der Fensterklappen, droht durch Herunterfallen darunterstehenden Bedienern Gefahr für Leib und Leben, weshalb diese Klebung der Sicherheitsklasse S1 zuzuordnen ist.

Klebstoffauswahl und Qualifizierung

Bezüglich der Klebstoffauswahl bestand die Forderung, dass der einzusetzende Klebstoff zuverlässig die mechanischen Beanspruchungen erträgt. Obwohl die Maschine ausschließlich unter klimatisierten Umgebungsbedingungen betrieben wird, müssen bei deren Transport Temperaturunterschiede zwischen -20 und 50 Grad Celsius schädigungsfrei ertragen werden. Dies erfordert bei den großen lateralen Abmessungen der Klebung und den unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der geklebten Komponenten möglichst flexible Klebstoffe. Letztlich wurde ein mit Silanpolymeren weichelastisch modifizierter 2K-Epoxidharzklebstoff ausgewählt, der gute primerlose Haftung sowohl auf dem Glas als auch dem mit Korund gestrahlten Edelstahl ermöglicht.

Nachweisführung

Zur Identifikation hoch beanspruchter Klebschichtbereiche und Ermittlung der dort vorliegenden Spannungsverteilung wurden Finite-Elemente-Simulationen der Klebverbindungen unter relevanten Betriebslastfällen (Eigengewicht, Bedienkraft und Temperaturlastfall) der Klebung durchgeführt. Beispielhaft ist in Abbildung 3 die Spannungsverteilung in der hoch beanspruchten Klebschicht zwischen der Edelstahl-Tragleiste und dem Verbundsicherheitsglas im geöffneten Zustand der Fensterklappe dargestellt.

Zur Ermittlung der Klebstoffbeanspruchbarkeit unter Schälbeanspruchung wurden Probenplatten mit je fünf skalierten Einzelklebungen und mit derselben Oberflächenvorbehandlung der Substrate wie in der späteren Produktion vorgesehen gefertigt. Zunächst wurde die Kurzzeit-Tragfähigkeit in quasistatischen Kragarm-Biegeversuchen ermittelt (Abb. 4). Hierbei wurden Festigkeiten ermittelt, welche über den berechneten Maximalspannungen lagen.

Da der Lastfall »geöffnete Fensterklappe« jedoch mehr einer statischen Dauerbeanspruchung des Klebstoffs entspricht, wurden zusätzlich Zeitstandversuche über 1500 Stunden Versuchsdauer auf verschiedenen Lastniveaus an den Einzelklebungen durchgeführt, wobei ebenfalls keine Kriechverformungen oder abgeminderte Restfestigkeiten festgestellt wurden.

Zusätzlich wurden Versuche an bauteilähnlichen Klebungen durchgeführt, um den Aspekt der zeitlichen Abfolge von wechselnder Scher- und Schälbeanspruchung der Klebung zu berücksichtigen. Hierbei wurden skalierte Belastungen, die im Laufe der Lebensdauer von 15 Jahren der Maschine während der zu erwartenden 55 000 Öffnungs- und Schließvorgänge auftreten, mittels Pneumatikzylindern aufgebracht. Auch diese experimentelle Laborerprobung bestand die Klebverbindung ohne jegliche Auffälligkeiten. Hierdurch wurde abschließend nachgewiesen, dass die Beanspruchbarkeit der Klebung über den ermittelten Beanspruchungen liegt und so ein sicherer Betrieb der Fensterklappe gewährleistet ist.

1 *Kapselfüllmaschine.*
2 *Aufschwenkbare Fensterklappen.*
3 *Spannungsverteilung in der Klebschicht der Tragleistenklebung.*
4 *Ermittlung der Kurzzeit-Tragfähigkeit an skalierten Einzelklebungen*

1

KERNKOMPETENZ FORMGEBUNG UND FUNKTIONALISIERUNG

Die Kernkompetenz Formgebung und Funktionalisierung beinhaltet über das reine Prozessverständnis vom Werkstoff zum Bauteil hinaus die Entwicklung innovativer Fertigungsprozesse, um Bauteile ohne zusätzlichen Aufwand mit weiteren Funktionen auszustatten.

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Arbeiten in dieser Kernkompetenz stellt das umfassende Know-how in unterschiedlichen pulvertechnologischen Formgebungs- und Fertigungsprozessen, insbesondere zu den beiden jeweils wichtigsten Prozessschritten Formgebung und Sintern, dar. Wie kein zweiter Fertigungsprozess ermöglicht die pulvertechnologische Herstellung von Bauteilen die gleichzeitige Einstellung von Materialeigenschaften und Bauteilgeometrie. Das Angebot reicht von der Bauteilentwicklung über die Fertigung von Pilotserien bis hin zum Know-how-Transfer und zur Qualifizierung von Produktionspersonal.

Der Einsatz von additiven Fertigungstechnologien, bei denen Bauteile werkzeuglos aus pulverförmigen Materialien in nahezu beliebigen und sehr komplexen Formen direkt aus CAD-Dateien entstehen, ermöglicht die Fertigung sowohl von Prototypen für die schnelle Produktentwicklung als auch von hochgradig individualisierten Produkten für den Endanwender.

Neben dem Aufbringen von Funktionsbeschichtungen lassen sich Bauteile auch mithilfe des Functional Printing nachträglich funktionalisieren. Verschiedene pulverbasierte Drucktechnologien sind darum ebenso Bestandteil der Kernkompetenz. In einer eigens dafür eingerichteten automatisierten Fertigungsstraße werden die Verfahren in industriellem Maßstab umgesetzt.

In der Gießereitechnik werden industrielle Kunden bei der Umsetzung ihrer Ideen vom Prototyp bis zum anwendbaren Produkt begleitet. Wesentliche Elemente der Kernkompetenz sind die langjährige Erfahrung und die am Fraunhofer IFAM zur Verfügung stehenden Prozessketten und Anlagentechnik für Druckguss, Niederdruckguss, Lost-Foam und Feinguss. Auch in der Gießereitechnik steht die Entwicklung funktionsintegrierter Gussteile im Vordergrund der Arbeit. Bereits bei der gießtechnischen Herstellung werden Fasern, wie z. B. Kohlenstoff-, Keramik- oder Glasfasern, direkt in das Gussteil integriert und verändern gezielt mechanische Eigenschaften wie Zugfestigkeit oder Steifigkeit. Eingegossene RFID-Transponder ermöglichen die eindeutige Kennzeichnung und Rückverfolgung von Gussteilen und bieten Plagiatschutz. Das Eingießen von Sensoren und Aktoren macht erweiterte sensorische oder aktorische Funktionalitäten bei Gussteilen möglich.

Die Kernkompetenz Formgebung und Funktionalisierung 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/formgebung-funktionalisierung**

1 *Im Spritzgussverfahren hergestelltes Feinguss-Wachsmodell und Gussspule hergestellt aus Aluminium.*

ANTWORTEN AUF DIGITALISIERUNG UND ELEKTROMOBILITÄT IN DER GIESSEREITECHNOLOGIE

Die individuelle Mobilität steht vor einer generellen Änderung. Elektromobilität und autonomes Fahren sind zwar separate Entwicklungen, trotzdem steht fest, dass auf lange Sicht beides zusammenfließt. Der Fahrer wird zum Passagier und das Antriebskonzept ändert sich. Diese grundsätzlichen Entwicklungen haben massiven Einfluss auf die Automobilhersteller und ihre weitverzweigte Zulieferindustrie. Über Jahrzehnte wurde der Verbrenner immer weiter optimiert, aber die Basis blieb gleich. Im Wandel zur Elektromobilität besteht die Antriebsbasis zukünftig aus neuen Komponenten, aus anderen Materialien und bedient sich häufig anderer Fertigungsverfahren. Weiterhin ist ein Trend zu immer mehr digitalisierten und vernetzten Komponenten und Systemen zu verzeichnen. Auch im elektrischen, vor allem aber im autonomen Fahrzeug.

Mit industriellen Partnern entwickelt die Abteilung Gießereitechnologie und Leichtbau Konzepte, um neue Märkte zu erschließen und um weiter wettbewerbsfähig zu sein. In öffentlichen Projekten werden z. B. neue Konzepte für den Leichtbau durch Hybridanbindungen zwischen CFK und Aluminium erarbeitet.

Durch intelligenten Leichtbau kann das Gewicht von Fahrzeugen minimiert werden, was zur Effizienzsteigerung beiträgt. Im Rahmen eines DFG-Forschungsprojektes wurde jüngst eine serientaugliche Fügetechnologie für die Kombination von Aluminiumguss und CFK entwickelt.

Für zukunftsweisende Leichtbaukonzepte sind Verbindungen aus Leichtmetallen und Faserverbundwerkstoffen ideale Kombinationen. Da beide Werkstoffe unterschiedliche elektrochemische Potenziale aufweisen, besteht im Hybridverbund die Gefahr einer Kontaktkorrosion. Im Rahmen eines DFG-Forschungsprojektes wurde am Fraunhofer IFAM, in Kooperation mit dem Faserinstitut Bremen e. V., eine neue serientaugliche Fügetechnologie für die Kombination von Aluminiumguss und CFK entwickelt. Durch eine temperaturresistente Schutzschicht auf dem CFK-Bauteil können elektrochemische Korrosionsprozesse in dem Materialverbund unterbunden werden. Gleichzeitig sorgt die Schicht für eine feste Verbindung.

Neben einem materiellen findet aber auch ein digitaler Wandel statt. Das beginnt bei der Vernetzung von Maschinen und der immer individueller werdenden Fertigung und endet darin, dass das Fahrgefühl des Fahrers durch Sensoren im Fahrzeug ersetzt oder ergänzt wird. Im Resultat wird der Fahrer zum Passagier und das Fahrzeug fährt vollständig autonom.

In Fertigungsprozessen ist das Schlagwort Industrie 4.0 präsent. Dahinter verbirgt sich, dass neben dem gefertigten Produkt auch seine Fertigungsdaten immer mehr in den Fokus rücken. Hier gilt es, Daten- und Materialfluss frühzeitig zu verknüpfen, z. B. durch das Eingießen von RFID-Transpondern in Druckgussbauteile, um einen maximalen Nutzen bzw. eine maximale Wertschöpfung aus

den Daten erzielen zu können. Durch die Ausgründungvorbereitungen der CAST[TRONICS®]-Technologie wird diese dem Markt zukünftig zur Verfügung stehen.

Je mehr Kontrolle der Fahrer an das Fahrzeug abgibt, desto mehr muss dieses auch die Systemüberwachung übernehmen. Das Fahrgefühl des Fahrers wird ersetzt durch eine integrierte Sensorik in den Bauteilen des Fahrzeugs. Auch hier ist die CAST[TRONICS®]-Technologie einsetzbar und wird derzeit im Rahmen eines DFG-Forschungsprojekts namens »Sensorintegration in Aluminiumguss; SINA« für eingegossene Sensorik erforscht.

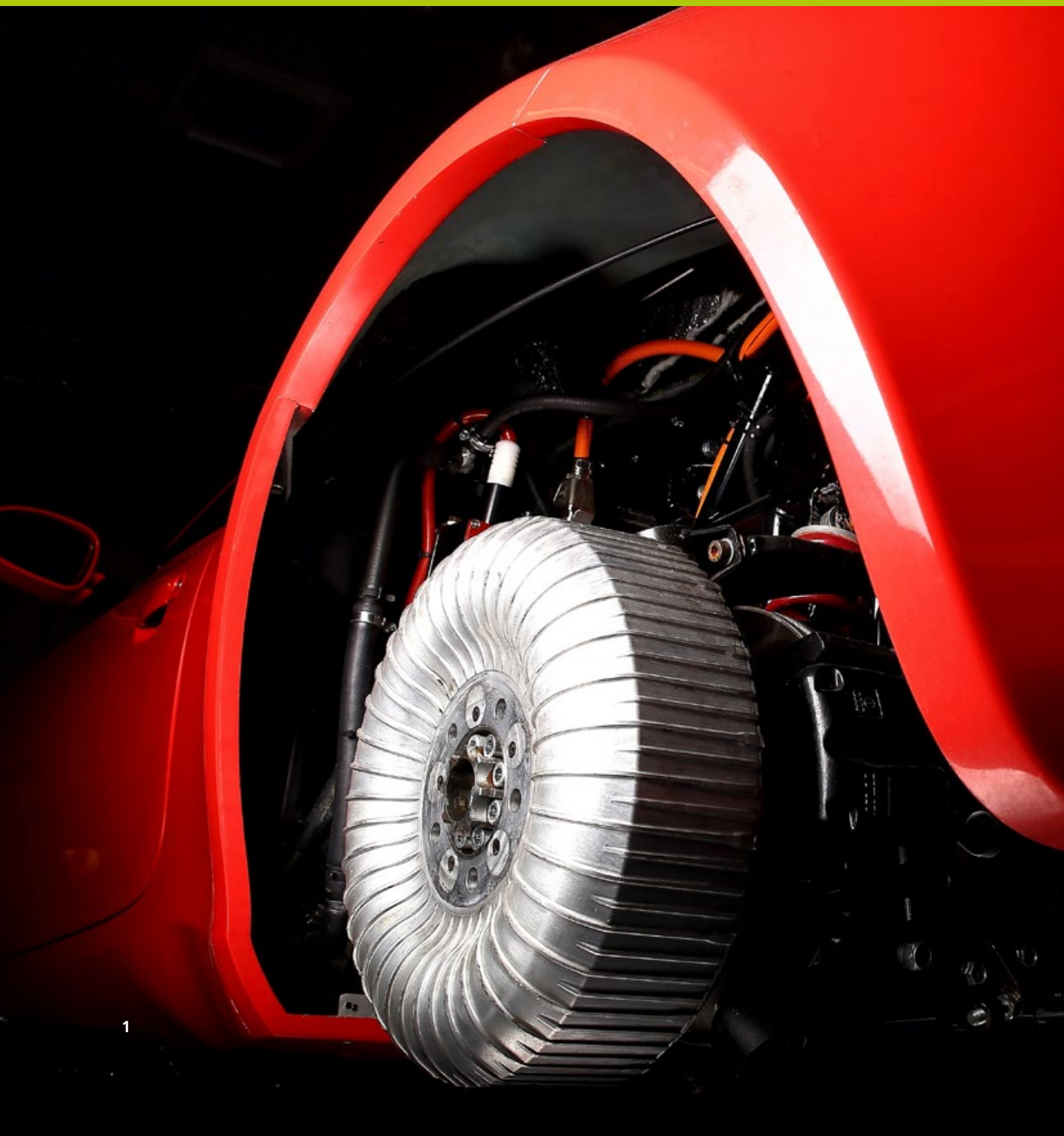
Ziel der Forschung ist es, den sicherheitsrelevanten Bauteilen im autonomen Fahrzeug durch eingebettete Sensoren ein »Körpergefühl« zu ermöglichen. Die eingegossenen Sensoren ermöglichen die Erkennung und Messung mechanischer Belastungen wie Druck- und Zugkräfte, Verformung oder Schwingungen. Sie warnen frühzeitig vor Überlastung oder Schädigung.

Ein weiterer Ansatz ist noch einfachere Sensoren zu entwickeln, um eine Zustandsüberwachung möglichst kostengünstig realisieren zu können. Angewandte Forschung heißt immer auch die Kosten im Blick zu haben und neue Technologien auf die Kunden exakt zuzuschneiden.

Diese und weitere Projekte zeigen, dass im Wandel zur Elektromobilität auch Chancen für die Gießereien bestehen.

1 *Mittels der Hybridgusstechnologie gefertigtes Haltelement für den Flugzeugbau.*

2 *Dickschichtsensor mit Aluminium umgossen, zur Kraftmessung im Bauteil.*



1

KERNKOMPETENZ ELEKTROMOBILITÄT

Elektrisch betriebene Systeme spielen in sämtlichen Branchen der Industrie 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 in mobilen Anwendungen. Hierzu zählen neben Pkw und Nutzfahrzeugen auch Flugzeuge und Schiffe.

Die sichere Speicherung elektrischer Energie mit hoher Energiedichte und Leistung stellt eine ständige Herausforderung dar und spielt insbesondere für mobile Anwendungen eine wichtige Rolle. Werkstoff- und verfahrenstechnische Aspekte stehen am Fraunhofer IFAM im Vordergrund, um Lösungen für zukünftige elektrochemische Energiespeicher zu erarbeiten. Neben Li-Ionen-Batterien liegt der Fokus zunehmend auf Festkörperbatterien, bei denen anstelle flüssiger Elektrolyte ionenleitende Keramiken oder Polymere in fester Phase eingesetzt werden. Hier kommen die werkstoff- und fertigungstechnischen Kompetenzen des Fraunhofer IFAM für die benötigte Material- und Prozessentwicklung systematisch zur Anwendung. Aber auch mit kundenspezifischen Materialien wird die Prozesskette vom Pulver bis zur fertigen Batteriezelle entwickelt. Die Speicherung von Wasserstoff als Energieträger mittels Metallhydrid-Technologie ist ein weiterer wichtiger Aspekt.

Die elektrische Antriebstechnik fokussiert sich auf die Entwicklung, den prototypischen Aufbau und die Erprobung hocheffizienter elektrischer Maschinen. Zudem werden neue Ansätze zur Steigerung der funktionalen Sicherheit von Antriebssystemen sowie eine wirkungsgradoptimierte Ansteuerung insbesondere von permanenterregten Synchronmaschinen erarbeitet. Im Vordergrund stehen die Steigerung von Leistungs- und Drehmomentdichte sowie die Entwicklung von speziellen Fertigungstechniken für elektrische Antriebe. Um ihre Leistungsfähigkeit im Betrieb zu bewerten und zu steigern, werden einzelne Komponenten – wie der elektrische Antriebsstrang – auf einem Prüfstand qualifiziert. Klebtechnik, Oberflächentechnik und Beschichtungen ergänzen die Kernkompetenz um Aspekte wie das Verbinden, Kontaktieren, Isolieren und Schützen von elektrisch leitfähigen Materialien.

Einen wichtigen Baustein in diesem Konzept stellt die Analyse und Bewertung von komplexen technischen Energiesystemen dar – idealerweise unter Einbindung 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.

Schließlich wird auch die Einbindung von mobilen und stationären Speichern in Hausenergiesystemen zwecks Optimierung der Energieeffizienz und/oder der Energieautarkie modelliert und in einem modular aufgebauten Prüffeld mit konkreten Komponenten simuliert.

> **www.ifam.fraunhofer.de/elektromobilitaet**

1 *Fraunhofer-Radnabenmotor zur Demonstration von Gusskomponenten am Elektrofahrzeug Frecc0. (© Thomas Ernsting)*

ERFOLGSMODELL FRAUNHOFER-PROJEKTZENTRUM WOLFSBURG

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat beginnend im Jahr 2014 mit Unterstützung des Landes Niedersachsen und der Volkswagen AG ein Fraunhofer-Projektzentrum in Wolfsburg als langfristig angelegte, gemeinsame Forschungsplattform von zunächst drei Fraunhofer-Instituten eingerichtet. Das Ziel des Projektzentrums ist die Erarbeitung von Lösungen für einen serienfähigen Leichtbau im Automobilbereich sowie für die Elektromobilität.

Hierfür arbeiten die Fraunhofer-Institute für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM (Bremen), für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU (Chemnitz) und für Holzforschung – Wilhelm-Klauditz-Institut WKI (Braunschweig) zusammen mit gemeinsamer Infrastruktur.

Das Projektzentrum ist örtlich und inhaltlich in den Forschungscampus »Open Hybrid LabFactory« (OHLF) eingebunden, der als geförderte Public-private-Partnership agiert. Das übergeordnete Ziel dort ist der großserienfähige Leichtbau für den Automobilbau in Multimaterialbauweise. Beteiligt sind die Initiatoren TU Braunschweig, die Volkswagen AG sowie weitere namhafte industrielle Vertreter.

Ausgehend von einer Startkonfiguration erfolgte ab dem 1. September 2014 mit etwa acht Mitarbeitern der inhaltliche und projektbezogene Aufbau des Projektzentrums auf heute 21 Mitarbeiter. Im September 2016 erfolgte der Einzug in den Neubau des OHLF e. V. Im Jahr 2017, teilweise bis ins Jahr 2018, wurde die Anlagentechnik des Projektzentrums installiert.

In Wolfsburg werden neue Technologien aufgebaut und dabei auf das Know-how und die Ressourcen in den beteiligten Instituten zurückgegriffen. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, trotz eines definierten Schwerpunktes in Wolfsburg flexibel auf Kundenwünsche reagieren zu können.

Im Rahmen der Tätigkeiten im Projektzentrum wurden u. a. Ergebnisse hinsichtlich neuer Materialsysteme, der Erweiterung und Optimierung von Prozessen sowie der Bauteilherstellung erarbeitet, z. B.:

- Werkstoffe: Holz-Metall-Schäume, funktionsintegrierte, dreidimensionale und variable Herstellung von Biohybridbauteilen mit maximalem Bioanteil; recyclierte Materialien
- Fertigungsverfahren: Plasmaverfahren zur Anpassung von Oberflächeneigenschaften, Verknüpfung von Metall- und Faserverbundumformung, Bereitstellung von Prozesstechnik zur kontinuierlichen Herstellung von Faserverbundmaterialien
- Bauteile: hybride Seitenaufprallträger sowie deren Halbzeuge; tragende, crashrelevante FVK-Metall-Baugruppen für Pkw, funktionsintegrierte Batteriegehäuse

Im Rahmen einer Evaluierung durch die Fraunhofer-Zentrale und externe Evaluatoren wurde im November 2018 festgestellt, dass die Arbeiten bisher erfolgreich durchgeführt wurden. Neben dem Anlagen- und Kompetenzaufbau wurde die Basis für die umfassende Bearbeitung von Systemlösungen im Leichtbau sowie der Elektromobilität geschaffen. Voraussetzung hierfür ist neben technischen und organisatorischen Randbedingungen eine Vertrauensbasis der beteiligten Partner.

1 *Technikum im Fraunhofer-Projektzentrum in Wolfsburg. (© Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg, C. Czichy)*

HEUTE FÜR DIE ZUKUNFT: AUSBILDUNGSINITIATIVE ELEKTROMOBILITÄT

Elektromobilität sicher beherrschen: Das Fraunhofer IFAM ist Teil eines bundesweit einmaligen Netzwerks aus Kfz-Handwerk, Wissenschaft und Bildung, das Auszubildende auf die Herausforderungen der Elektromobilität vorbereiten und damit hoch qualifizierte Nachwuchskräfte für Kfz-Betriebe gewinnen will.

Elektroautos werden immer beliebter. Im Jahr 2018 ist die Zahl der Neuzulassungen im Vergleich zum Vorjahr weiter gestiegen und für 2019 wird ein deutlicher Zuwachs beim Absatz von Elektroautos erwartet. Aus diesem Grund bereitet das Fraunhofer IFAM schon heute auf die zukünftige Technologie vor. Ein wesentlicher Punkt ist dabei die Ausbildung: In einem bundesweit einmaligen Lehrprojekt organisiert das Fraunhofer IFAM zusammen mit Partnern aus der Bremer Wissenschafts- und Bildungslandschaft einen neuen Ausbildungsgang für junge Menschen, die sich schon heute auf die Technik und den Werkstattalltag von morgen vorbereiten wollen. Partner des Lehrprojekts sind neben der Kfz-Innung Bremen, das HandWERK – Kompetenzzentrum der Handwerkskammer Bremen, das Technische Bildungszentrum Mitte und das Institut für Technik und Bildung an der Universität Bremen. Die Schirmherrschaft des Projektes hat die Bremer Senatorin für Kinder und Bildung, Dr. Claudia Bogedan, übernommen. Der Startschuss ist mit dem Beginn des aktuellen Ausbildungsjahres im Sommer 2018 gefallen. Gleich von Beginn ihrer dreieinhalbjährigen Lehrzeit an machen sich 22 Auszubildende zum Kraftfahrzeugmechatroniker, Schwerpunkt System- und Hochvolttechnik, zusätzlich zu ihrer Ausbildung intensiv mit Elektromotoren, Batterien sowie Antriebs- und Umrichtertechnik vertraut.

»Unsere Erfahrung aus der Forschung an Kernfragen der Elektromobilität sowie der Weiterbildung zu diesen Fragestellungen wollen wir in diesem Projekt in die Berufsausbildung übertragen, damit die Auszubildenden von heute nicht den Anschluss an die Technik von morgen verlieren«, sagt Stefan Sündermann, Projektleiter »Technische Qualifizierung und Beratung« am Fraunhofer IFAM. Das Institut übernimmt dabei die Koordinierung der fachdidaktischen Inhalte und unterstützt die Kooperationspartner inhaltlich im neuen Betätigungsfeld Elektromobilität. Dazu gehören u. a. die regelmäßige Schulung von Ausbildern und von für die Ausbildung beauftragten Personen im Bereich Hochvoltsicherheit, Schulungen von Berufsschullehrern und angehenden Berufsschullehrkräften sowie die Begleitung der Auszubildenden durch zusätzliche Schulungsangebote, aber auch digitale Marketingmaßnahmen für eine positive Außenwirkung.

So wurde das vom Fraunhofer IFAM für das Projekt produzierte Werbevideo mit dem »Blauen Kalligraphen« (Medienpreis des Zentralverbandes des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes, ZDK) in der Kategorie Gold prämiert. Bei der Bundestagung des ZDK in Frankfurt am Main wählten die Juroren das Video zur Ausbildungsinitiative Elektromobilität auf den ersten Platz in der Kategorie Projektarbeit. Das Fraunhofer IFAM und die Innung des Kraftfahrzeugtechniker-Handwerks Bremen freuen sich über die bundesweite Auszeichnung für ehrenamtliche Öffentlichkeitsarbeit.

1 *Auftaktveranstaltung der Ausbildungsinitiative – Hans Jörg Kossmann (Obermeister Kfz-Innung Bremen), Dr. Claudia Bogedan (Bremer Senatorin für Kinder und Bildung), Dr.-Ing. Gerald Rausch, Stefan Sündermann (Fraunhofer IFAM), Basem Khan (Lehrlingswart Kfz-Innung Bremen).*

2 *Messübungen am Elektroauto.*

Digital Enterprise for Discrete Industries
Production engineering
Production execution
Services
BROUGHT TO LIFE FOR HANNOVER MESSE BY
SIEMENS
Ingenuity for life
Fraunhofer
IFAM
AIRBUS
SIEMENS
CTC
NBank

1

KERNKOMPETENZ AUTOMATISIERUNG UND DIGITALISIERUNG

Ergänzend zu den vielfältigen werkstoffwissenschaftlichen und verfahrenstechnischen Forschungsaktivitäten runden die Arbeiten im Bereich der Schlüsseltechnologien Automatisierung und Digitalisierung das Kompetenzspektrum des Fraunhofer IFAM ab. Im Fokus stehen dabei vor allem Prozesse, die sich ständig und mit hoher Präzision an wenig maßhaltige oder wechselnde Bauteile, veränderliche Produktionsabläufe oder menschliche Arbeitsanteile anpassen müssen.

Diese Kernkompetenz umfasst Arbeitsschwerpunkte des Fraunhofer IFAM aus den Kategorien Fügen, Dichten, Oberflächenbehandeln, Bearbeiten und Drucken, einschließlich der Interaktion mit einer digitalisierten Produktionsumgebung (Internet of Things, Big Data), sowie die Bearbeitung weiterer, von Kunden oder Projektpartnern eingebrachter Fragestellungen. Hierbei werden auch Lösungen für eine ganzheitliche Qualitätssicherung von Fertigungsprozessen, Materialien, Materialverbunden und Beschichtungen durch den Einsatz innovativer Methoden zur Erfassung, Auswertung und Visualisierung von Messdaten sowie durch die Nutzung intelligenter Materialien erarbeitet.

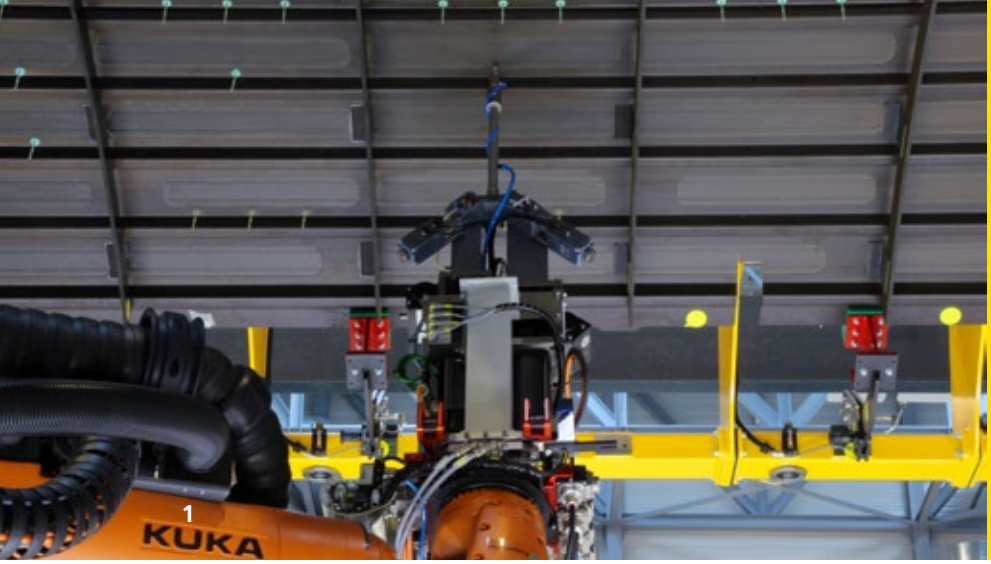
Die Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen des Fraunhofer IFAM dienen der Steigerung von Effektivität und Effizienz von Fertigungs- sowie Reparaturprozessen, der Verbesserung von Ergonomie und Arbeitssicherheit in der Produktion, der Optimierung des Produktlebenszyklus durch Qualitäts- und Zustandsüberwachung, der Verbesserung der Produktqualität sowie der Reduzierung von Prozesskosten.

Schnelle, qualitätsgesicherte Prozesse sind unerlässlich für die Serienproduktion. Das Fraunhofer IFAM bietet Automatisierungslösungen an, die auch bei sehr großen, wenig maßhaltigen Leichtbaustrukturen sowohl Bauteile als auch Toleranzen erkennen und sich individuell sowie mit hoher Präzision darauf einstellen. Unter dem Motto »Präzision durch Messtechnik und Sensorik anstatt durch schweren Stahlbau« legt das Fraunhofer IFAM besonderen Wert auf leichte, mobile und modular kombinierbare Systemkomponenten, die über Industrie 4.0-Architekturen zu hochgradig wandlungsfähigen Produktionssystemen verknüpft werden können.

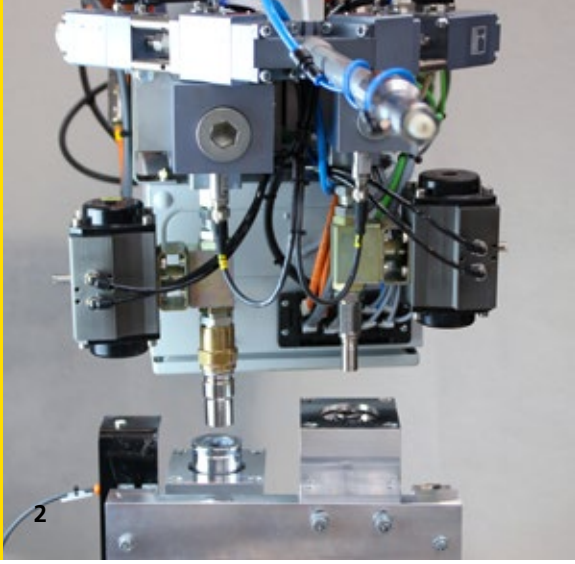
Ein übergreifender Kompetenzbaustein ist die Qualitätssicherung – bei der Herstellung, der Montage sowie bei der Reparatur von Bauteilen und Strukturen. Die durchgängige Überwachung des Zustands von Bauteiloberflächen durch maßgeschneiderte Inspektionsverfahren ist hier beispielsweise ein wesentliches Ziel zur Optimierung anwendungsspezifischer Fertigungsprozesse. Dies wird durch ein umfassendes, branchen- sowie produktübergreifendes und gleichzeitig personalzertifizierendes 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/automatisierung-digitalisierung**

1 *Mobiler Fraunhofer IFAM-Roboter als Symbol der Digitalisierung auf der Hannover Messe 2018.*



1



2

AUTOMATISIERTE APPLIKATION KOMPRESSIBLER 2K-DICHTSTOFFE

Bei der Flugzeugproduktion ist neben der Montage die Bauteilversiegelung einer der zeitintensivsten Arbeitsschritte. Von Bauteilübergängen samt Fügestellen über Druckkabinen und Tanks bis hin zu Nietköpfen gilt es, die Struktur abzudichten und zugleich der Korrosionsprävention sowie aerodynamischen Anforderungen gerecht zu werden. Neben dem eigentlichen Abdichten, das bisher überwiegend manuell erfolgt und im Resultat eine große Streuung hinsichtlich Form und Position aufweist, sind die vor- und nachbereitenden Tätigkeiten, wie Maskieren oder Formgebung, sehr zeit- und damit kostenaufwendig.

Hieraus ergab sich für das Fraunhofer IFAM in Stade die Herausforderung, die prozessgesicherte Verarbeitung solcher Zwei-Komponenten-(2K-)Dichtstoffe unter Verzicht einer Bauteilmaskierung zu automatisieren.

Flexibles Mix-on-Demand

Es galt, den heutigen Einsatz von vorgemischten Kartuschen durch ein robotergeführtes Dosier- und Mischwerkzeug für eine Mix-on-Demand-Anwendung auf Basis von Großgebinden zu ersetzen. Die Eigenschaften der einzelnen Dichtstoffkomponenten waren besonders relevant, da sie bei Verarbeitung und Förderung sehr empfindlich auf Drücke und Scherbeanspruchungen reagieren. Um der hohen Viskosität der Grundmasse, die bei einem Transport des Materials durch einen Schlauch aufgrund der Rohrreibung zu erheblichen Drücken führt, zu entsprechen, war ein neuer Ansatz zur Materialversorgung nötig: eine volumetrische Dosierung beider Komponenten mittels Kolbendosierer. Hierbei stellte die Einhaltung des korrekten Mischungsverhältnisses aufgrund der stark unterschiedlichen Kompressibilitäten beider Dichtstoffkomponenten eine steuerungstechnische Herausforderung dar.

Stationäre Nachfüllstation

Aufgrund der immensen Bauteilgrößen wären zur Versorgung der Roboter sehr lange Zuführungsschläuche für beide Dichtstoffkomponenten nötig, die zudem eine flexible, materialschonende und chargenreine Versorgung des Roboters ausschließen. Deshalb wurde anstelle der Integration einer Schlauchversorgung über das Robotersystem eine stationäre Nachfüllstation entwickelt. Die Dosierkolben des Roboter-Endeffektors dienen zugleich als Dosierpumpe und Materialvorrat. Sobald die Einzelkomponenten verbraucht sind, wird das Dosierwerkzeug per Roboter zur Nachfüllstation gebracht, dort über ein Kupplungssystem mit der fasspumpenbasierten Materialversorgung verbunden und wieder befüllt.

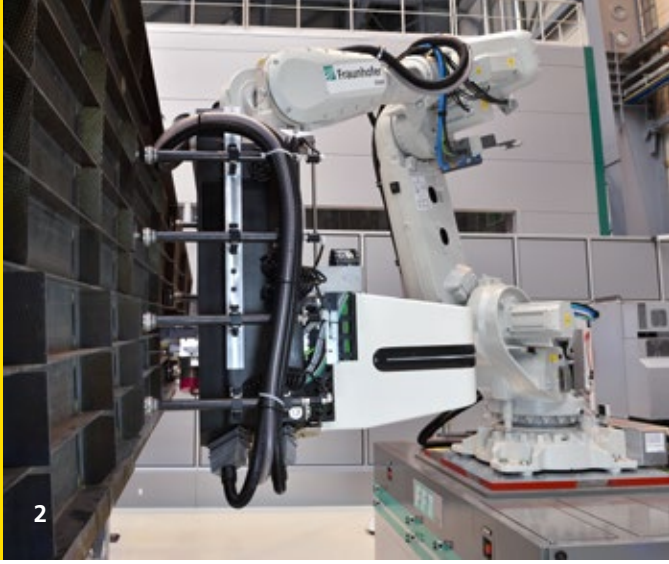
Präzise Applikation ohne Maskierung

Ein Statikmischer durchmischt beide Komponenten, die sich dann per kontaktloser Auftragsdüsenführung und ohne vorherige Bauteilmaskierung präzise applizieren lassen. Beim eigentlichen Materialauftrag ermöglicht das exakte Zusammenspiel von Prozessparametern wie Vordruck, Schließzeiten, Abstand und Geschwindigkeiten unterschiedliche Applikationsprofile über ein anwendungsspezifisches Düsendesign, in das auch die Formgebung integriert ist. Sogar der Effekt der Materialdekompression beim Düsenaustritt ist durch einen möglichst geringen Systemdruck so weit reduziert, dass dieser Einfluss keine Auswirkungen auf das Applikationsbild zeigt.

1 *Prototypischer Dosier-Endeffektor innerhalb einer CFK-Flugzeugrumpfschale in der Überkopfanwendung.*

2 *Dosier-Endeffektor-Prototyp über Materialnachfüllstation.*

1


2

ROBOTER POSITIONIERT 5-ACHS-FRÄS-MASCHINE – MOBIL, FLEXIBEL, SIMULTAN

Im Verbundprojekt »Mobile Bearbeitung von Faserverbundstrukturen 2018« (»MBFast18«) entstand im Fraunhofer IFAM in Stade ein System aus Roboter, Mehrachs-Bearbeitungseinheit und selbstständig navigierendem Flurförderfahrzeug, das Herausforderungen steigender Produktionsraten beim Bau von Passagierflugzeugen beantwortet. Insbesondere die mechanische Nachbearbeitung großer Schalen für Rumpf-, Seitenleitwerk- oder Flügelstrukturen aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) stellt aktuell einen Engpass in der Produktion dar, weil konventionelle Großbearbeitungszentren bezüglich Wirtschaftlichkeit, Produktivität und Layoutflexibilität an ihre Grenzen stoßen.

Der Lösungsansatz des Projektkonsortiums aus Fraunhofer IFAM, FFT Produktionssysteme GmbH & Co. KG, BCT GmbH, Sick AG sowie Sauer GmbH – DMG Mori gemeinsam mit den assoziierten Partnern Airbus Operations GmbH und ABB Group besteht in dem Ersatz von herkömmlichen stationären Bearbeitungszentren durch teilautonome Fahrzeuge mit geeigneten Handhabungseinheiten, von denen mehrere gleichzeitig das Bauteil abschnittsweise fräsen und bohren. So bestimmt nicht mehr die Bauteilgröße die Auslegung der Anlage, sondern die eigentliche Bearbeitungsaufgabe. Weitere Vorteile liegen in der flexiblen Anpassung an alle Arten von Großbauteilen, in einem verringerten Bedarf an fundamentbewährter Hallenfläche sowie in kürzeren Produktionszeiten.

Bei der Realisierung wurde soweit möglich auf bereits verfügbare und erprobte Technik gesetzt. Allerdings ergab sich Entwicklungsbedarf, um die Genauigkeit der Positionierung und der Bearbeitung sowie die Personensicherheit bei der Navigation zu gewährleisten. FuE-Schwerpunkte waren zudem das Energiemanagement und eine möglichst vollständige Absaugung der feinen, elektrisch leitfähigen Bearbeitungsstäube.

Im Ergebnis besteht das modulare, zentral steuerbare System aus einem Standard-Industrieroboter auf einem selbstständig navigierenden Logistikfahrzeug (AGV, Autonomous Guided Vehicle), mobiler Messtechnik und, als Endeffektor, einer 5-Achs-Bearbeitungseinheit mit Leichtbauspindel zur optimierten CFK-Zerspanung. Für hohe Verlässlichkeit und Flexibilität in dem großflächigen, gering strukturierten Produktionsumfeld navigiert das System mithilfe einer kombinierten Reflektor- und Konturlokalisierung.

Da die Maschine jedes Großbauteil in Teil-Arbeitsräume gliedert (Sub-Scale-Machining), erfolgt eine Referenzierung zum globalen Bauteilsystem mit einem selbstfahrenden Lasertracker. In die Mehrachs-Bearbeitungseinheit integrierte Linienscanner nehmen die lokale 3D-Vermessung der Bauteile mit ihren oft dreidimensional gekrümmten Oberflächen vor. In einer beispielhaften Anwendung wurde die ermittelte Position von Stringern auf einer Seitenleitwerksschale genutzt, um die Solllage von Bearbeitungsfeldern zu bestimmen, die bezüglich dieser lokalen Merkmale definiert ist.

Abgerundet wird das Leistungsspektrum durch die hocheffiziente Staubabsaugung, die Energiebereitstellung anhand mitgeführter Speicher und örtlicher Versorgung sowie die Überwachung aller kritischen Prozessparameter.

1 *MBFast18-Gesamtanlage mit Mehrachs-Bearbeitungseinheit, Roboter, AGV und mobilem Lasertracker an einer Flugzeugseitenleitwerksschale im Technikum des Fraunhofer IFAM in Stade.*
2 *Mehrachs-Bearbeitungseinheit »MobileBlock« an einer Seitenleitwerksschale im Technikum des Fraunhofer IFAM in Stade.*

1

2

FRAUNHOFER IFAM FEIERT 50 JAHRE ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG

Mit einem Senatsempfang beging das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM am 13. Juni 2018 das Jubiläum seines 50-jährigen Bestehens. Rund 400 Gäste folgten der Einladung des Bremer Bürgermeisters, Dr. Carsten Sieling, in das historische Rathaus und erlebten einen Nachmittag, der ganz im Zeichen des Fortschritts stand.

Als Präsident des Senats der Freien Hansestadt Bremen gratulierte Carsten Sieling zum Jubiläum und betonte die Bedeutung des Fraunhofer IFAM für das Land: »Die Materialwissenschaften gehören zu einem der fünf Wissenschaftsschwerpunkte in Bremen. Das Fraunhofer IFAM ist unbestritten ein Leuchtturminstitut in Bremen und hat an dem prominenten wissenschaftlichen Profil dieser Stadt einen großen Anteil. In seinem Feld zählt es zu den bedeutendsten Playern.« Daneben unterstrich Sieling die starken Kooperationen zwischen den führenden Einrichtungen des Standortes, die Bremen auch international zu einem angesehenen, exzellenten Wissenschaftsstandort machen.

»Ein Blick zurück nach vorn«

»Als 1968 mit der Gründung der Arbeitsgruppe für angewandte Materialforschung AFAM, aus dem Institut für Werkstoffkunde der Technischen Universität Hannover, die Weichen für die erfolgreiche Entwicklung des heutigen Fraunhofer IFAM gestellt wurden, war unsere Welt eine andere«, begann Andreas Meuer, Vorstandsmitglied der Fraunhofer-Gesellschaft, seine Festrede. »Waren die letzten 50 Jahre eher von kontinuierlichen Fortschritten geprägt, so scheint die Gegenwart und noch mehr die Zukunft von Sprunginnovationen gezeichnet zu werden. Die Kombination von intelligenten Maschinen, moderner IuK-Technologien, Big Data und Cloud Computing führt zu einer disruptiven Veränderung in der industriellen Produktion. Dieses neue Technologieparadigma wird die Dynamik und die Regeln des globalen Wettbewerbs nachhaltig verändern«, ist sich Andreas Meuer sicher. »Das Fraunhofer IFAM zählt, ergänzend zu seinen vielfältigen werkstoffwissenschaftlichen und verfahrenstechnischen Forschungsaktivitäten, die Schlüsseltechnologien Automatisierung und Digitalisierung zu seinem Kompetenzspektrum. Dieser vorausschauende Aufbau von digitalisierungsrelevanten Kompetenzen ist strategisch richtig und hält uns wettbewerbsfähig«, schließt Meuer seine Vorschau in die Zukunft ab.

Forschungs- und Entwicklungstransfer für Schlüsselbranchen

Dr. André Walter, Vice President Werk- und Standortleiter von Airbus Bremen, unterstreicht in seiner Rede die fortschrittbringende gemeinsame Entwicklungsarbeit über vier Jahrzehnte hinweg: »Durch unsere fast 40-jährige erfolgreiche und enge Zusammenarbeit ist das Fraunhofer IFAM für Airbus ein sehr geschätzter und attraktiver Partner. Im zukunftsweisenden Bereich der Materialforschung ist diese erstklassige Kooperation für beide Seiten seit jeher der Schlüssel zum Erfolg. Die gemeinsame Arbeit hat schon viele innovative Technologien hervorgebracht, die heute in der Airbus-Fertigung angewendet werden, darunter umweltfreundliche Klebeprozesse, Farben und Dichtmassen.«

Die beiden Institutsleiter des Fraunhofer IFAM, Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse und Prof. Dr. Bernd Mayer, gaben während der Festveranstaltung einen Einblick in die Historie und einen spannenden Ausblick in die Forschungszukunft des Instituts.

Mit einer kleinen Gruppe von nur 25 Mitarbeitern gestartet, kann das Institut heute über 650 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine Forschungsheimat geben. Die Entwicklungsthemen haben sich ständig weiterentwickelt, ohne aber ihre Wurzeln zu verlieren. Ausgehend von der reinen Werkstoffforschung wurden die Arbeitsgebiete im Laufe der Jahre systematisch um die Fertigungstechnik ergänzt. Etwa ab Beginn der achtziger Jahre beschäftigten sich die Wissenschaftler zunehmend mit Fragestellungen zum Kleben und zu geklebten Verbindungen, zur Oberflächenbehandlung und zur Beschichtung von Metallen und deren Qualitätssicherung. Es gab erste Klebtechnik-Lehrgänge zur Fertigung von Metall- und Holzklebungen. Mit der Erzeugung von metallischen Pulvern unter extremen Randbedingungen wurden zudem neue Ansätze verfolgt; die Basis für die moderne Pulvertechnologie war damit geschaffen.

Einige der am Fraunhofer IFAM entwickelten Technologien konnten inzwischen den weltweiten Transfer verbuchen: Die Forscherinnen und Forscher wirkten mit, als das Kleben geölter Bleche entwickelt wurde. Dieser Prozess ist zu einer Kerntechnologie im weltweiten automobilen Rohbau geworden. Auch bei der Atmosphärendruck-Plasmatechnologie gehören die Wissenschaftler des IFAM zu den Pionieren; und die am Institut entwickelten pulver- und gießtechnologischen Fertigungsverfahren haben die Herstellung endformnaher metallischer Bauteile revolutioniert.

Ausbau von neuen Kooperationsformen

»Um sich den Herausforderungen der Zukunft zu stellen und vor allem dafür richtig aufgestellt zu sein, sind Netzwerke und Kooperationen aus den unterschiedlichsten Kompetenzen unabdingbar«, sind sich die Institutsleiter des Fraunhofer IFAM sicher. An der Erforschung und Sicherung des technischen Fortschritts ist das Zusammenspiel verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen notwendig. Die Nachwuchs- und Brückenprofessuren zwischen der Universität Bremen und dem Fraunhofer IFAM geben die Möglichkeit, die Schnittstellen zwischen den Disziplinen und Einrichtungen in diesem Sinne zu gestalten.

Bremer Kompetenz ist auch über die Landesgrenzen hinweg gefragt. »Das Fraunhofer IFAM ist Impulsgeber und einer der Koordinatoren von zwei neuartigen Fraunhofer-Projektzentren – für Elektromobilität und Leichtbau innerhalb der Open Hybrid LabFactory in Wolfsburg sowie für Energiespeicher und Systeme in Braunschweig«, stellt Matthias Busse die überregionalen Großprojekte vor. In diesen neuartigen Forschungskooperationen wird das Know-how mehrerer Fraunhofer-Institute in Netzwerken mit Forschungspartnern und Unternehmen gebündelt.

Im Anschluss an die Reden bedankten sich Matthias Busse und Bernd Mayer sehr herzlich bei allen früheren und heutigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Freunden, Wegbegleitern sowie Partnern des Fraunhofer IFAM für die erfolgreiche Zusammenarbeit – die eine spannende und aussichtsreiche Zukunft verspricht.

1 *Vor rund 400 Gästen eröffnete Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse die Festveranstaltung zum 50-jährigen Jubiläum des Fraunhofer IFAM in der oberen Rathaushalle in Bremen.*

2 *Die ehemaligen Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Kunze, Prof. Dr.-Ing. Dieter Steffens und Prof. Dr. Otto-Diedrich Hennemann (v.l.n.r.).*

3 *Prof. Dr. Bernd Mayer, Institutsleiter Fraunhofer IFAM, Dr. André Walter, Standortleiter Airbus Bremen, Bürgermeister Dr. Carsten Sieling, Fraunhofer-Vorstand Dipl.-Kfm. Andreas Meuer und Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse, Institutsleiter Fraunhofer IFAM (v.l.n.r.).*

1

2

ACADEMIC R&D AWARD FÜR GEDRUCKTE ELEKTRODEN ZUR GESTENERKENNUNG

Auf der 14. Ausstellung und Konferenz »IDTechEx Printed Electronics Europe 2018« am 11. und 12. April 2018 in Berlin wurden Unternehmen und Instituten für ihre Ergebnisse in Entwicklung und Kommerzialisierung von gedruckter Elektronik Auszeichnungen in drei unterschiedlichen Kategorien verliehen. Dabei hat Marc-Oliver Becker und damit die Abteilung Smart Systems des Fraunhofer IFAM mit dem Forschungsprojekt »Gedruckte kundenspezifische Elektroden zur Gestenerkennung« die Auszeichnung »Best Institute/Academic R&D Award« erhalten.

Die Juroren der Auszeichnungen waren Dr. Natasha Conway, Manager-Technology Networking and R&D, Beko, und Dr. Alexander Mityashin, Program Manager Thin Film Electronics, IMEC. Die Juroren begründeten die Auszeichnung damit, dass eine großartige Entwicklung gelungen sei, die die wichtige Rolle der gedruckten Elektronik im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion verdeutliche.

Das Ziel des Fraunhofer IFAM-Projektes »Gedruckte kundenspezifische Elektroden zur Gestenerkennung« war es, Elektroden aus leitfähigen Materialien auf Oberflächen zur dreidimensionalen Gestenerkennung, Bewegungsverfolgung und Annäherungserkennung mit verschiedenen Drucktechnologien wie z. B. Inkjet-Druck, Aerosol-Jet-Druck, Tampondruck oder Siebdruck zu applizieren.

Dabei wurden Untersuchungen zur Bedruckbarkeit verschiedener Substrate durchgeführt. Darüber hinaus wurden Leitfähigkeit der gedruckten Elektroden und die daraus resultierenden Kapazitäten in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien wie z. B. Silber, Kupfer oder Graphen untersucht.

Ein solches System ermöglicht die Eingabe von Benutzerbefehlen mit natürlichen Hand- und Fingerbewegungen. Es besteht aus einem Mikrocontroller, der die Grundlagen der elektromagnetischen Feldlinien nutzt. Dieser Chip ist mit den gedruckten Elektroden verbunden, erfasst die Änderungen elektromagnetischer Feldlinien und rechnet die Handbewegungen des Benutzers in Gesten um.

Zur Veranschaulichung der Gestensteuerung wurde ein Demonstrator gefertigt, bei dem mittels gängiger Handbewegungen Lichteffekte gesteuert werden können. Die Elektroden bestehen aus einer Silberpaste, die mittels Siebdrucker ohne Vorbehandlung direkt auf Polycarbonat gedruckt wurden. Das Layout der Elektroden ist weitgehend individuell anpassbar und lässt sich auch auf komplexeren 3D-Oberflächen applizieren, um diese »intelligent« zu machen.

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist integraler Bestandteil eines Elektronikprodukts. Nur Geräte mit einem benutzerfreundlichen Eingabesystem werden langfristig erfolgreich sein. Neben mechanischen Tasten oder berührungsempfindlichen Displays gibt es eine neue Form der Eingabe, die Gestensteuerung. Beleuchtungssteuerung, elektronische Lesegeräte, Fernbedienungen, Gamecontroller, Displays, Mobiltelefone und Tablets sind z. B. Geräte, die sich hervorragend für eine Gestensteuerung eignen. Gerade im medizinischen und industriellen Umfeld ist diese Form von Steuerung und Eingabe sehr nützlich. So kann beispielsweise eine Armatur in einer sterilen Umgebung mit Gesten gesteuert werden, ohne sie zu berühren. Die Geräte können auch mit Operationshandschuhen bedient werden und sind resistent gegen Feuchtigkeit, Blut und andere Verunreinigungen.

1 *Demonstrator für gedruckte Elektroden zur Gestensteuerung.*

2 *Marc-Oliver Becker (r.) bekam auf der IDTechEx Printed Electronics Europe 2018 den »Academic R&D Award« überreicht.*

1

2

PARTH RAWAL MIT »MT AEROSPACE INNOVATIONSPREIS« AUSGEZEICHNET

Am 4. September 2018 erhielt der Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Stade, und ehemalige Masterstudent des Instituts für Produktionsmanagement und -technik (IPMT) der Technischen Universität Hamburg Parth Rawal, M.Sc. Mechatronics, für seine Masterarbeit »Sensorbasiertes Online-Qualitätsüberwachungssystem zur Detektion von Schäden an CFK-Fräskanten« den »MT Aerospace Innovationspreis«.

Die Preisverleihung fand im Beisein von etwa 400 führenden Vertretern aus der Luftfahrtindustrie und -forschung im Rahmen des Jahreskongresses der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) in Friedrichshafen statt, auf dem Parth Rawal seine Masterarbeit mit einem Vortrag präsentierte.

Die Entstehung von Kantenschäden durch gekapselte Großmaschinen des Flugzeugbaus beim Fräsen von Großbauteilen aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) ist derzeit nur schwer erkennbar. Werden solche Schädigungen – z. B. durch Werkzeugverschleiß bedingt – zu spät detektiert, ist eine sehr aufwendige Nachbearbeitung der extrem teuren CFK-Großbauteile nötig. Im äußersten Fall muss das Großbauteil als Ausschuss verworfen werden und verursacht dadurch nicht nur erheblichen finanziellen Schaden, sondern auch Zeitverlust.

Online-Monitoring-System gegen CFK-Kantenschädigung

Um diese Schädigungen zu vermeiden, entwickelte Parth Rawal unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Hintze am IPMT der Technischen Universität Hamburg im Rahmen seiner Masterarbeit ein ganzheitliches, sensorbasiertes Online-Qualitätsüberwachungssystem zur optischen Detektion solcher Kantenschädigungen, das inline im Produktionsprozess einsetzbar ist.

Das System arbeitet mit einem Laser-Triangulations-Liniensensor, der unmittelbar hinter der Frässpindel montiert ist und nicht nur Faserüberstände, sondern auch kantennahe Delaminationen mit hoher Auflösung erkennt. Weil sowohl die Aufnahme als auch die automatisierte Auswertung der Messwerte mittels verschiedener Algorithmen in Echtzeit (online) ablaufen, eignet sich das Verfahren hervorragend, um die Parameter des Fräsprozesses kontinuierlich nachzuführen und den Prozess im Extremfall zu unterbrechen, bevor das Bauteil durch ein zu stark verschlissenes Fräswerkzeug geschädigt wird.

Den prototypischen Aufbau und die erfolgreiche Erprobung des Systems in anwendungsnaher Produktionsumgebung realisierte Parth Rawal in enger Zusammenarbeit mit dem Bereich Automatisierung und Produktionstechnik des Fraunhofer IFAM im Forschungszentrum CFK NORD in Stade unter der Leitung von Dr. Dirk Niermann.

Die Arbeit von Parth Rawal liefert der deutschen Flugzeugindustrie einen wertvollen Beitrag zum qualitätsgesicherten Zerspanen von CFK-Bauteilen, vor allem unter dem Aspekt der Kostenreduzierung. Als Technologiebaustein fügt sie sich ausgezeichnet in die Strategie des Fraunhofer IFAM ein, autonome, durch Sensorik hochpräzise arbeitende Industrieroboter für möglichst viele Prozesse zu befähigen, um die von der Industrie gewünschte Wandlungsfähigkeit der Luftfahrtproduktion im Rahmen von Industrie 4.0 weiter voranzubringen.

1 *Parth Rawal – »MT Aerospace Innovationspreis« 2018. (© DGLR)*

2 *Versuchsaufbau mit Roboter, Fräs-Endeffektor und integriertem Laser-Triangulations-Liniensensor im Technikum des Fraunhofer IFAM in Stade.*

1

SIEMENS AG UND FRAUNHOFER IFAM KOOPERIEREN IM FLUGZEUGBAU

Im Zuge von Industrie 4.0 startete die Luftfahrtbranche eine Automatisierungsoffensive, im Rahmen derer u. a. universell einsetzbare mobile Roboter teure, schwere Sonderportalmaschinen ersetzen, die zurzeit im Flugzeugbau für die Bearbeitung von Großstrukturen Standard sind. Die Siemens AG, das Fraunhofer IFAM in Stade und weitere Partner entwickelten gemeinsam ein Robotersystem, das Flugzeugteile mit höchster Präzision bearbeitet.

Der mobile 6-Achs-Industrieroboter erfüllt als einziger weltweit die Genauigkeitsanforderungen der Luftfahrtbranche. Siemens und Fraunhofer, die seit Jahren in vielen Bereichen strategisch kooperieren, präsentierten den mit dem ROBOTICS AWARD 2018 (siehe S. 71) prämierten Originalroboter in digitaler Umgebung auf der Hannover Messe 2018 als Highlight Showcase auf dem Siemens-Stand.

Auf der Messe sprachen Fraunhofer und Siemens AG im Kontext Digitalisierung und Automatisierung für den Flugzeugbau auch über Synergien, gemeinsame Arbeitsfelder, Kernthemen und Perspektiven. Der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Reimund Neugebauer, ließ verlauten, dass durch die langfristig angelegte, strategische Kooperation zwischen Fraunhofer und Siemens im Bereich Aerospace ein neuer Benchmark hinsichtlich der Präzision mobiler 6-Achs-Industrieroboter gesetzt worden sei. Dieses System stelle einen wichtigen Baustein im Digitalisierungs- und Automatisierungsportfolio der Luftfahrtbranche dar. Die intensive Zusammenarbeit, die die Fraunhofer-Gesellschaft auch in anderen Themenfeldern ausbauen wolle, werde sowohl eine gemeinsame Vorlaufforschung als auch die Entwicklung von Prototypen umfassen, um weitere Impulse für den Ausbau der Digitalisierung und Automation für den Wirtschaftsstandort Deutschland zu geben.

Klaus Helmrich, Mitglied des Vorstands der Siemens AG, bekräftigte, dass Siemens und Fraunhofer IFAM ihre traditionell gute Zusammenarbeit auch in Zukunft weiter ausbauen wollen. Ein hervorragendes Beispiel dafür sei die produktionsanaloge Forschungsumgebung für die Flugzeugmontage im Forschungszentrum CFK NORD in Stade. Zu einer konventionellen Flugzeugproduktion komme dort eine Vielzahl automatisierter Prozessketten hinzu, die speziell im Hinblick auf Vernetzung für Industrie 4.0 konzipiert und aufgebaut wurde. In dieser Modellfabrik werden Prozesse sowohl real als auch als digitaler Zwilling auf Basis von Siemens-Technologien umgesetzt.

Auf der Messe zeigte Siemens anhand vieler Beispiele, wie Anwender und Verbraucher mit dem »digitalen Zwilling« das Potenzial von Industrie 4.0 nutzen können. Der Fokus lag dabei auf der branchenspezifischen Umsetzung von Digital-Enterprise-Lösungen über den gesamten Lebenszyklus, darunter ein Highlight Showcase aus dem Bereich Aerospace, der den mobilen Roboter und seinen digitalen Zwilling im Einsatz zeigte. Klaus Helmrich wies darauf hin, dass das mobile, hochpräzise Robotersystem, das von Siemens auf der Hannover Messe 2018 im Zentrum des Standes präsentiert wurde, das volle Potenzial des Digital Enterprise im Zusammenspiel mit den Siemens Software-, Automatisierungs- und Antriebsportfolios zeige.

1 *Highlight Showcase des Messestands der Siemens AG: Der weltweit genaueste mobile 6-Achs-Industrieroboter interagierend in digitaler Umgebung – das Ergebnis einer Kooperation von Fraunhofer IFAM, Siemens AG und weiteren Projektpartnern.*

1

2

»ROBOTICS AWARD 2018«

Mit dem weltweit genauesten 6-Achs-Industrieroboter auf einem AGV (Autonomous Guided Vehicle) konnten sich die Experten für Automatisierung und Produktionstechnik des Fraunhofer IFAM in Stade stellvertretend für alle Projektpartner den ROBOTICS AWARD 2018 sichern. Der niedersächsische Minister für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung Dr. Bernd Althusmann prämierte sie mit dem Preis für angewandte Roboterlösungen am 24. April auf der Hannover Messe 2018.

Das System zum Fräsen von Großbauteilen, mit dessen Hilfe Standard-Industrieroboter zu mobilen CNC-Fräsrobotern aufrüstbar sind, beeindruckte die Jury durch seinen modularen Aufbau auf einer hochsteifen fahrbaren Plattform sowie durch die Integration von Technologien zur Genauigkeitssteigerung. Das mobile und flexible System ermöglicht eine hochproduktive Präzisionszerspanung und kann so platzraubende Portalanlagen ersetzen. Das geringe Investitionsvolumen und die gesteigerte Produktivität lassen sich vor allem in der Großbauteilfertigung oder im industriellen Formenbau nutzen. Der neue Roboter fährt Bauteile selbstständig an und kann dort neben dem Fräsen alle notwendigen Arbeiten ausführen: Messen, Kleben und Bohren. Er ist universell einsetzbar und in der Lage, sich schnell sowie flexibel auf Formabweichungen, Produkt- und Typveränderungen einzustellen.

Die Herausforderungen für die Automatisierung der Bearbeitung bestanden in der variablen Größe sowie in den Formabweichungen der extrem leichten und biegeschlaffen Rohbauteile aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen. Zudem galt es, die höchsten Genauigkeitsanforderungen der Luftfahrt zu erfüllen. Erzielt wurde, dass die Abweichungen bei der Bearbeitung weniger als einen halben Millimeter betragen.

Durch die Integration speziell entwickelter abtriebsseitiger Messsysteme ist es gelungen, die Bearbeitungsgenauigkeit erheblich zu erhöhen: Während bei herkömmlichen Industrierobotern die Messtechnik am Motor befestigt ist, befindet sie sich bei dem neuen Roboter direkt an den Achsen. Weitere Genauigkeitssteigerungen ermöglichen die steuerungsseitige Kompensation von Haftreibeffekten der Getriebe sowie eine verfeinerte Kalibrierung des Roboters, die durch einmalige Messungen die reale Robotergeometrie ermittelt und diese bei der Berechnung der Bewegung berücksichtigt.

Die Mobilität des Roboters ist eine wichtige Voraussetzung für die Bearbeitung großer Bauteile, die z. B. in der Luftfahrt bis zu 20 Meter erreichen. Er kann sich mithilfe einer eigens entwickelten steifen Plattform mit drei Antriebsrädern frei in der Produktionshalle bewegen. Nach Erreichen der jeweiligen Zielposition zieht er die Räder ein und steht stabil.

Gemeinsam mit anderen modular aufgebauten robotischen Produktionssystemen des Fraunhofer IFAM in Stade ermöglicht der mobile Bearbeitungsroboter eine wandlungsfähige Fertigung, die nicht mehr statisch bestimmte Stationen durchläuft, sondern sich flexibel, schnell und kostengünstig an unterschiedliche Anforderungen anpasst.

1 *Stellvertretend für das Team des Fraunhofer IFAM in Stade und die Projektpartner nahm Christian Böhlmann, Gruppenleiter Integrierte Produktionssysteme am Fraunhofer IFAM, die Urkunde des ROBOTICS AWARD 2018 auf der Hannover Messe entgegen. (© Mirko Krenzel)*

2 *Der weltweit genaueste 6-Achs-Industrieroboter auf AGV bearbeitet das Seitenleitwerk eines Airbus 320 im Technikum des Fraunhofer IFAM in Stade.*

DR. THOMAS WEISSGÄRBER MIT SKAUPY-PREIS 2018 GEEHRT

Der Dresdner Werkstoffwissenschaftler Dr. Thomas Weißgärber wurde im Rahmen des 37. Hagener Symposiums mit dem Skaupy-Preis 2018 geehrt, dem wichtigsten Preis auf dem Gebiet der Pulvermetallurgie im deutschsprachigen Raum. Damit werden seine bisherigen Verdienste und Aktivitäten auf dem Gebiet der Pulvermetallurgie gewürdigt.

In seinem Vortrag anlässlich der Preisverleihung am 29. November 2018 ging Dr. Thomas Weißgärber unter dem Titel »Pulvermetallurgische Herstellung von metallischen Verbundwerkstoffen mit funktionellen Eigenschaften« auf die Vorteile eben dieser Werkstoffgruppe ein. Er richtete sein Augenmerk auf Verbundwerkstoffe mit metallischer Matrix, deren Eigenschaftskombinationen einzigartig und weder bei metallischen noch keramischen Werkstoffen anzutreffen sind. Sie bieten damit die Möglichkeit, gezielt Werkstoffeigenschaften auf eine Anwendung hin maßzuschneidern und sind so konventionellen Werkstoffen in vielen Anwendungen überlegen.

Dr. Weißgärber, stellvertretender Leiter des Institutsteils Dresden des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM sowie Abteilungsleiter für Sinter- und Verbundwerkstoffe, hat während seiner Laufbahn auf verschiedenen Gebieten der Pulvermetallurgie geforscht. Nach seinem Studium der Werkstofftechnik und der Promotion mit dem pulvermetallurgischen Thema »Herstellung, Gefüge und Eigenschaften dispersionsverfestigter Kupferlegierungen« begann er seine Laufbahn als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IFAM in Dresden, wo er sich bereits mit metallischen Verbundwerkstoffen beschäftigte. Hauptthema waren hier Kupferverbundwerkstoffe für passive Kühlkörper.

Als Leiter der Arbeitsgruppe »Verbundwerkstoffe« kamen u. a. Werkstoffe für tribologische Beanspruchungen sowie Hochtemperaturwerkstoffe zu seinen Kernthemen hinzu. In der Folge baute er als Abteilungsleiter beispielsweise die Themen Thermoelektrik, Spark-Plasma-Sintern sowie Elektronenstrahlschmelzen am Institut auf. Damit legte er einen Grundstein für die jetzige Vorreiterstellung des Fraunhofer IFAM auf dem Gebiet der generativen Fertigung, die mit der Neueröffnung des »Innovation Center Additive Manufacturing ICAM« am Standort Dresden im März 2019 weiter untermauert wurde.

Auch trägt er in der Lehre mit Vorlesungen zu den Themengebieten Werkstoffe der Energietechnik, Sinterwerkstoffe sowie thermophysikalische Eigenschaften und Hochtemperaturverhalten an der TU Dresden zur Förderung und Motivation zukünftiger Generationen von Werkstoffwissenschaftlern bei.

Daneben engagiert sich der Skaupy-Preisträger 2018 in verschiedenen pulvermetallurgischen Expertenkreisen und gestaltet durch die Organisation von wissenschaftlichen Veranstaltungen international, aber auch am Standort Dresden selbst die Weitervermittlung von Wissen und die generelle Wahrnehmung der Pulvermetallurgie mit.

Der Skaupy-Preisträger 2018 sieht seine Ehrung nicht nur als Anerkennung seiner bisherigen Leistungen, sondern vielmehr als Motivation, den Bereich Pulvermetallurgie auch zukünftig mitzugestalten und sowohl in angewandter Forschung als auch Lehre voranzubringen.

1 *Dr. Thomas Weißgärber erhält den Skaupy-Preis 2018 von Prof. Herbert Danninger (Technische Universität Wien).*

ZEHNTAUSENDSTER TEILNEHMER DES WEITERBILDUNGSZENTRUMS KLEBTECHNIK

Seit 1994 leitet Prof. Dr. Andreas Groß den Bereich Weiterbildung und Technologietransfer, in den das Klebtechnische Zentrum als akkreditierte Bildungseinrichtung integriert ist. Weltweit werden inzwischen über 1000 Fachangestellte im Jahr berufsbegleitend weitergebildet. Im Rahmen der 17. Bremer Klebtage konnte Andreas Groß nun gemeinsam mit Dr. Erik Meiß, Leiter Weiterbildungszentrum Klebtechnik, den zehntausendsten Teilnehmer ehren.

Der angehende European Adhesive Engineer, Marco Molisse, kann sich freuen – nicht nur über eine fundierte klebtechnische Weiterbildung, sondern auch über die zugedachte Ehre als zehntausendster Kursteilnehmer. Am Ende der Weiterbildung wird der Mitarbeiter der BSH Hausgeräte GmbH ein DVS®/EWF-Abschlusszeugnis in den Händen halten. »Ziel der Firma ist es, weltweit an jedem Standort der BSH-Produktgruppe Kochen zwei nach DVS®/EWF-Richtlinien ausgebildete Mitarbeiter vorzuhalten und so die Anforderungen einer Zertifizierung nach der Kleb-Qualitätsnorm DIN 2304 schnellstmöglich zu erfüllen«, erläutert Molisse. Er selbst ist nach der Weiterbildung als stellvertretende Klebaufsichtsperson für Klebungen mit höchster Sicherheitsanforderung zuständig.

Auch Unternehmen anderer Industriebereiche ziehen ihren Nutzen aus dem Potenzial des umfangreichen Weiterbildungsangebots des Fraunhofer IFAM. Für Lars Engel, Geschäftsführer GL Yachtverglasung GmbH, war die Entscheidung, sein Personal umfassend klebtechnisch in den modernen Schulungsräumen des Instituts in Bremen zu qualifizieren, »goldrichtig«: »Meine Firma ist weltweit die erste, die nach der Kleb-Qualitätsnorm DIN 2304 zertifiziert wurde. Mitentscheidend dafür war, dass wir der Zertifizierungsstelle klebtechnisch qualifiziertes Personal nachweisen konnten. Ohne hätten wir erst gar nicht zur Zertifizierung antreten brauchen.« Für ihn und seine Firma ist inzwischen die DIN 2304-Zertifizierung – und damit der Nachweis klebtechnisch kompetenten Personals – häufig Grundvoraussetzung für Vertragsabschlüsse.

Aber auch für die Klebstoffhersteller ist die klebtechnische Weiterbildung nur vorteilhaft. So hat beispielsweise die WEICON GmbH & Co. KG, mittelständischer Klebstoffhersteller aus Münster, inzwischen mehr als die Hälfte seiner Mitarbeiter am Fraunhofer IFAM weitergebildet – und das weltweit. WEICON Geschäftsführer Ralph Weidling erklärt: »Durch unsere Spezialisten im Bereich der Klebtechnik und letztendlich auch durch die Weiterbildung haben wir uns über alle Branchen hinweg ein sehr gutes Renommee aufgebaut, das sich sehr positiv auf unseren Unternehmenserfolg auswirkt. Durch die Weiterbildungen beugen wir aktiv dem drohenden Mangel an Fachkräften vor und sorgen für die gesicherte Zukunft unseres Unternehmens.«

Das Fraunhofer IFAM bietet verschiedene Möglichkeiten des Wissenstransfers an. Für den fachgerechten Einsatz der Klebtechnik sowie der Faserverbundtechnologie ist die Weiterbildung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Unternehmen eine wichtige Voraussetzung. Die Kurse sind individuell auf die Bedürfnisse der unterschiedlichen Zielgruppen ausgerichtet. Alle Lehrgänge umfassen einen umfangreichen praktischen Anteil zur Vertiefung des vermittelten Wissens.

1 *Prof. Dr. Andreas Groß (l.) und Dr. Erik Meiß (r.) ehren Marco Molisse als zehntausendsten Kursteilnehmer des Weiterbildungszentrums Klebtechnik während der 17. Bremer Klebtage.*

KOOPERATIONEN UND WISSENSCHAFTLICHES

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 sowie die Technische Universitäten in Dresden und Hamburg. Forscher und Forscherinnen des Fraunhofer IFAM waren im Sommersemester 2018 und im Wintersemester 2018/2019 wieder mit zahlreichen Lehrveranstaltungen u. a. an der Universität Bremen, der Technischen Universität Dresden, der Hochschule Bremen und der Hochschule Bremerhaven aktiv.

Eine Übersicht über die Vorlesungen und Seminare, die von Mitarbeitern an den verschiedenen Institutionen gehalten werden, finden Sie unter:

> **www.ifam.fraunhofer.de/vorlesungen**

Wissenschaftliche Vernetzungen

Etwa 200 Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Publikationen dokumentieren die am Fraunhofer IFAM erzielten Forschungsergebnisse und bestätigen die starke Position des Instituts im akademischen Netzwerk. Ehrungen und Preise für Angehörige des Instituts unterstreichen das. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IFAM waren 2018 wieder intensiv beteiligt an Konferenzen, Tagungen und Messen. Neben der aktiven Teilnahme an Veranstaltungen, die in Deutschland, dem europäischen Ausland sowie weltweit stattfinden, tritt das IFAM selbst als Veranstalter auf.

Die detaillierte Aufstellung wissenschaftlicher Veröffentlichungen findet sich im Internet:

> **www.ifam.fraunhofer.de/veroeffentlichungen**

Patente

Das Fraunhofer IFAM konnte im letzten Jahr insgesamt 26 Patente anmelden und veröffentlichen. 16 Patente wurden im Jahr 2018 erteilt. Eine Übersicht finden Sie unter:

> **www.ifam.fraunhofer.de/patente**

FRAUNHOFER-VERBUND WERKSTOFFE, BAUTEILE – MATERIALS

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS bündelt seit nunmehr 20 Jahren die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Mit über 2500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und einem Gesamthaushalt von jährlich ca. 500 Millionen Euro im Leistungsbereich Vertragsforschung ist er der größte Verbund innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik umfassen bei Fraunhofer die gesamte Wertschöpfungskette, von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien und Werkstoffe über die passenden Fertigungsverfahren im quasi-industriellen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Werkstoffen hergestellten Bauteile und Produkte und deren Verhalten in den jeweiligen Anwendungssystemen. In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors, Technika und Pilotanlagen stets gleichrangig Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt, dies über alle Skalen, vom Molekül über das Bauteil bis hin zum komplexen System und zur Prozesssimulation. Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund MATERIALS den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe sowie Halbleitermaterialien ab. Eine große Bedeutung haben in den letzten Jahren hybride Materialien und Verbundwerkstoffe gewonnen.

Mit der 2015 gegründeten Initiative Materials Data Space® (MDS) legt der Verbund eine Roadmap zu industrie-4.0-tauglichen Werkstoffen vor. In der Digitalisierung von Werkstoffen entlang ihrer gesamten Wertschöpfungskette sieht der Verbund eine wesentliche Voraussetzung für den nachhaltigen Erfolg von Industrie 4.0.

Ziele des Verbunds sind:

- Unterstützung beschleunigter Innovationen in den Märkten unserer Kunden und Partner
- Erfolgssteigerung von Industrie 4.0 durch passende Werkstoffkonzepte (digitale Zwillinge, Materials Data Space®)
- Erhöhung der Integrationsdichte und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Bauteilen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik
- Verbesserung der Nutzung von Rohstoffen und Qualitätsverbesserung der daraus hergestellten Produkte, Recyclingkonzepte
- Erhöhung von Sicherheit und Komfort sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in den Bereichen Verkehrstechnik, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen und Wohnen
- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energieerzeugung, Energiewandlung, Energiespeicherung und -verteilung
- Verbesserung von Biokompatibilität und Funktion von medizin- oder biotechnisch eingesetzten Materialien, Verbesserung von Materialsystemen für medizinische Diagnose, Prävention und Therapie
- Verbesserung des Schutzes von Menschen, Gebäuden und Infrastruktur durch leistungsfähige Werkstoffe in spezifischen Schutzkonzepten

Vorsitzender des Verbundes: Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn
Stellvertretender Vorsitzender: Prof. Dr. Bernd Mayer
Ansprechpartner am Fraunhofer IFAM
Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse | matthias.busse@ifam.fraunhofer.de
Prof. Dr. Bernd Mayer | bernd.mayer@ifam.fraunhofer.de

→ **www.materials.fraunhofer.de**

1

2

RALF WEHRSPOHN IST NEUER VORSITZENDER DES VERBUNDS MATERIALS - BERND MAYER WIRD SEIN STELLVERTRETER

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS hat einen neuen Vorsitzenden: Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, übernahm das Amt am 1. Oktober 2018. Neuer Stellvertreter wird Prof. Bernd Mayer, Institutsleiter am Fraunhofer IFAM.

Prof. Ralf B. Wehrspohn, seit 2006 Leiter des Fraunhofer IMWS in Halle (Saale), war bisher stellvertretender Verbund-Vorsitzender. Mit einer Amtszeit von drei Jahren tritt er die Nachfolge von Prof. Peter Elsner, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT in Pfinztal, an. Neuer stellvertretender Vorsitzender des Verbunds ist Prof. Bernd Mayer, einer der beiden Institutsleiter des Fraunhofer IFAM in Bremen.

Einen Schwerpunkt möchte Ralf Wehrspohn in seiner Amtszeit auf die Digitalisierung von Werkstoffen legen und sich für eine bessere Sichtbarkeit der Bedeutung von Materialwissenschaft und Werkstofftechnik einsetzen. »Der Materialkostenanteil im verarbeitenden Gewerbe liegt in Deutschland bei 35 bis 55 Prozent. Wir können hier durch Forschung und Entwicklung beträchtliche Effizienzgewinne erzielen. Das hat enorme Vorteile für den Industriestandort und trägt zugleich dazu bei, begrenzte Ressourcen sinnvoller und nachhaltiger zu nutzen«, sagt der Physiker.

Das Thema Digitalisierung treibt der Verbund MATERIALS etwa über die Initiative Materials Data Space® (MDS) voran. Deren Ziel ist es, Werkstoffe bzw. werkstoffintensive Wertschöpfungsketten industrie-4.0-fähig zu machen. Im gleichnamigen Eckpunktepapier legt der Verbund dar, wie mit dem Konzept der digitalen Werkstoffzwillinge auf einer im Idealfall unternehmensübergreifenden, digitalen Plattform die Grundlage für Werkstoffentwicklung, -herstellung und -verarbeitung innerhalb von Industrie 4.0 geschaffen werden kann. Damit werden kürzere Entwicklungszeiten, lernende Fertigungsverfahren und ganz neue Geschäftsmodelle möglich.

Prof. Bernd Mayer, der seit 2010 den Institutsbereich Klebtechnik und Oberflächen des Fraunhofer IFAM leitet, unterstreicht die Bedeutung der intensiven Zusammenarbeit innerhalb des Verbunds. Sie ermögliche eine große Breite an Fachkompetenzen und zugleich eine beachtliche Tiefe der Expertisen. Dies komme Kunden und Partnern des Verbunds zugute. »Die Digitalisierung etwa birgt große Chancen, bringt aber auch noch einen hohen Forschungsbedarf mit sich; etwa wenn es um die Entwicklung sogenannter programmierbarer Materialien geht oder um das Bestreben nach mehr Ressourceneffizienz, um Wohlstand und Lebensqualität auch für künftige Generationen zu sichern. Wir wollen dabei als Verbund nicht nur Berater und Dienstleister sein, sondern auch Motor dieser Entwicklungen.«

1 *Ralf Wehrspohn, Institutsleiter des Fraunhofer IMWS in Halle (Saale). (© Fraunhofer IMWS)*

2 *Bernd Mayer, Institutsleiter des Bereichs Klebtechnik und Oberflächen am Fraunhofer IFAM in Bremen.*

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
franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de
Dr.-Ing. Heinrich Kordy
heinrich.kordy@ifam.fraunhofer.de

> **www.automobil.fraunhofer.de**

FRAUNHOFER-ALLIANZ LEICHTBAU

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Dr. Markus Brede
markus.brede@ifam.fraunhofer.de
Dr.-Ing. Olaf Andersen
olaf.andersen@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
Dr. Volker Zöllmer
volker.zoellmer@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 SPACE

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

> **www.space.fraunhofer.de**

FRAUNHOFER-ALLIANZ REINIGUNGSTECHNIK

Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Dr. Jörg Ihde
joerg.ihde@ifam.fraunhofer.de

> **www.allianz-reinigungstechnik.de**

FRAUNHOFER-ALLIANZ VERKEHR

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

> **www.verkehr.fraunhofer.de**

FRAUNHOFER-ALLIANZ NUMERISCHE SIMULATION VON PRODUKTEN, PROZESSEN

Sprecher der Allianz/Ansprechpartner Fraunhofer IFAM
Andreas Burblies
andreas.burblies@ifam.fraunhofer.de

> **www.simulation.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.faserverbund-in-bremen.de**

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

> **www.qualifizierung.ifam.fraunhofer.de**
> **www.zertifikatskurs.ifam.fraunhofer.de**

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 2246-401
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

Institutsteil 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

Externe Dienstleister

Satz und Layout
Jens Oertel Design, Bremen
Druck und Verarbeitung
BerlinDruck GmbH + Co KG

Bildquellen

Alle Abbildungen © Fraunhofer IFAM oder Quellenangaben.

Folgen Sie uns auf

Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM

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