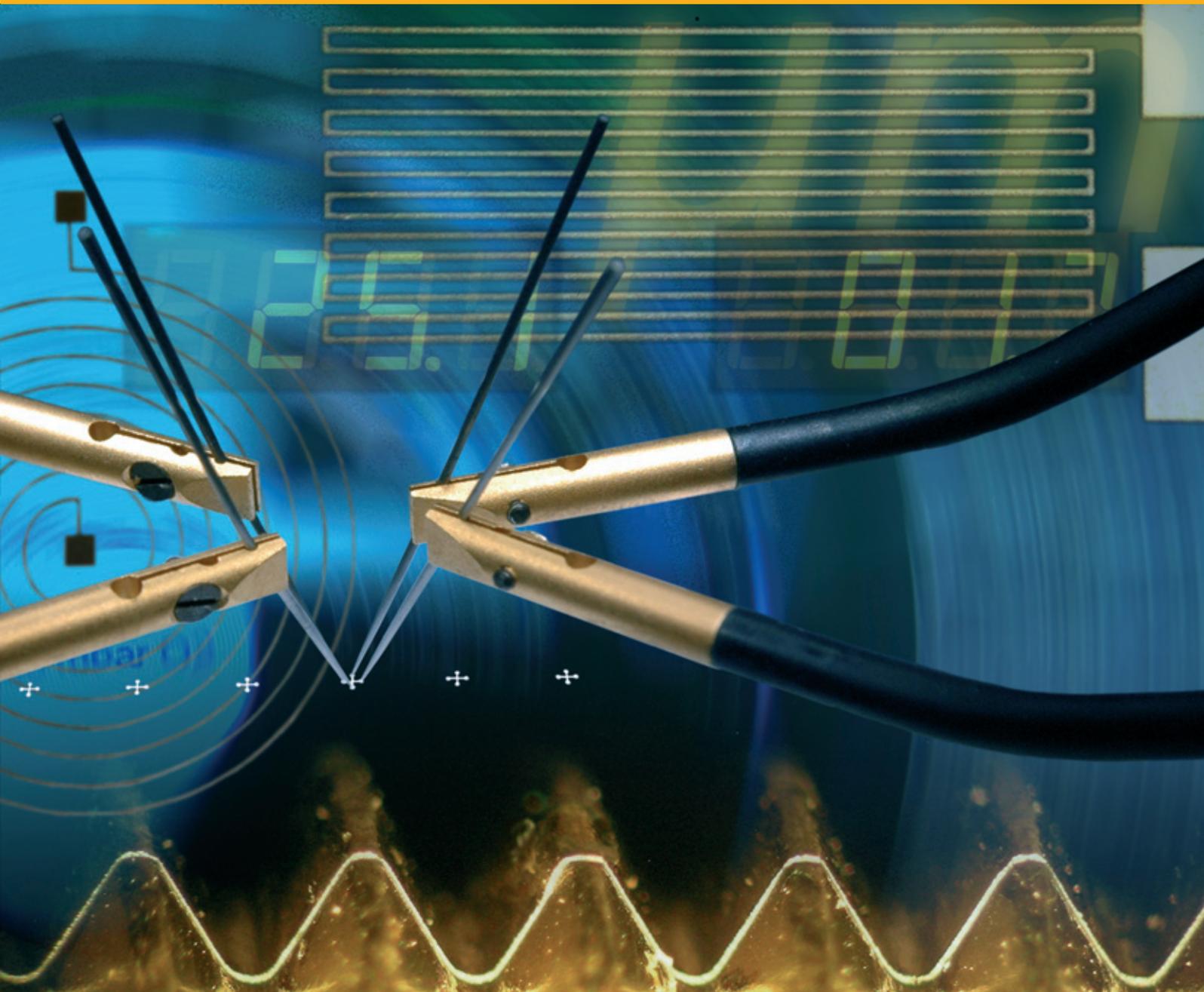


FUNKTIONSSTRUKTUREN

VORTEILE STRUKTURIEREN – FUNKTIONEN INTEGRIEREN



INHALT

FUNKTIONSSTRUKTUREN	3
GEDRUCKTE ELEKTRONIK UND SENSORIK – INKTELLIGENT PRINTING®	5
SIMULATION UND DESIGN	6
HYBRIDMATERIALIEN UND NANOKOMPOSITE	7
NANOPORÖSE FUNKTIONALITÄT FÜR MODERNE ENERGIEANWENDUNGEN	9
UNSER ANGEBOT	10

WIR VERSTEHEN WERKSTOFFE

DIE FRAUNHOFER-GESellschaft

Forschen und entwickeln 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 60 Institute mit über 17 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung.

FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

Der Institutsteil Formgebung und Funktionswerkstoffe des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM konzentriert sich an den Standorten Bremen und Dresden auf maßgeschneiderte Werkstofflösungen mit optimierten Fertigungsverfahren und Prozessen.

Das Spektrum der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten reicht vom Werkstoff über Formgebung bis hin zur Funktionalisierung von Bauteilen und Systemen. Wir erarbeiten kundenspezifische Lösungen, die von so unterschiedlichen Branchen wie der Automobilindustrie, der Medizintechnik, der Luft- und Raumfahrt, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Umwelt- und Energietechnik oder der Elektronikindustrie nachgefragt werden.

Im Themenfeld **Formgebung** stehen Entwicklungen zur wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Fertigung von immer komplexer werdenden, teilweise miniaturisierten, Präzisionsbauteilen im Fokus des Interesses. Mit modernsten pulver-

und gießtechnologischen Verfahren wird daran gearbeitet, die Funktionsdichte in Bauteilen zu steigern. Unser Angebot umfasst neben der Auslegung der Bauteile und der Simulation der Formgebungsprozesse die fertigungstechnische Umsetzung und die zugehörige Schulung des Personals der Unternehmen.

Im Themenfeld **Funktionswerkstoffe** stehen Entwicklungen zur Verbesserung bzw. Erweiterung von Materialeigenschaften und der Verarbeitung der Werkstoffe im Mittelpunkt. Die Funktionswerkstoffe können sowohl im Fertigungsprozess direkt in das Bauteil integriert als auch durch Druck- oder Sputterprozesse auf Oberflächen appliziert werden. Sie verleihen dem Bauteil zusätzliche oder ganz neue Eigenschaften, wie beispielsweise elektronische oder sensorische Funktionen. Auch die spezifischen Eigenschaften zellulärer Werkstoffe werden genutzt, um verschiedenste Funktionen in Anwendungen im Bereich der Energieabsorption, der Schallabsorption oder des Wärme- und Stofftransports zu realisieren. Einen weiteren Forschungsschwerpunkt bilden Biomaterialien aus Metall, Keramik oder Polymeren und deren biologische Wechselwirkung mit ihrer Umgebung.

Basierend auf diesen beiden Themenfeldern wird als neues Anwendungsfeld die Elektromobilität, insbesondere mit den Bereichen Energiespeicher und elektrische Antriebstechnik, bearbeitet. Prüfen, Testen, Bewerten und Optimieren des Gesamtsystems stehen im Fokus der Arbeiten.

© Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
Formgebung und Funktionswerkstoffe



FUNKTIONSSTRUKTUREN

Neben der Formgebung ist die Funktionalisierung eines Bauteils das entscheidende Kriterium für seine zukünftige Aufgabe. Funktionswerkstoffe, wie Suspensionen, Komposite oder poröse Schichten verleihen dem Bauteil zusätzliche oder ganz neue Eigenschaften.

Intelligente Funktionalisierung

Je nach Anwendung werden die Funktionswerkstoffe maßgeschneidert strukturiert und in das Bauteil integriert oder auf die Oberfläche appliziert.

Die zahlreichen Strukturierungsmöglichkeiten von Funktionswerkstoffen machen es Unternehmen aber oft schwer, die optimale Entscheidung für eine Innovation zu treffen. Neue oder verbesserte Verfahren, eine breite Anwendungspalette und die große Zahl an Werkstoffen erfordern umfassende Kenntnisse sowie eine sichere Beherrschung der entsprechenden Technologien.

Der Bereich Funktionsstrukturen des Fraunhofer IFAM hat auf diesem Gebiet langjährige Erfahrung mit den Schwerpunkten (Nano-)Komposite, nanoporöse Schichten, gedruckte Elektronik und Sensorik. Für die Funktionsintegration entwickeln wir im interdisziplinären Team gemeinsam mit den Kunden die Konzepte, Materialien und Fertigungsprozesse. Für die fertigungstechnische Realisierung der Funktionsintegration stehen verschiedene Technologien wie 3D-Printing, Ink-Jet-Printing, Aerosol-Printing, Siebdruck sowie Sputter- und Compoundier- bzw. Extrudiertechniken zur Verfügung.

Know-how und Technologietransfer

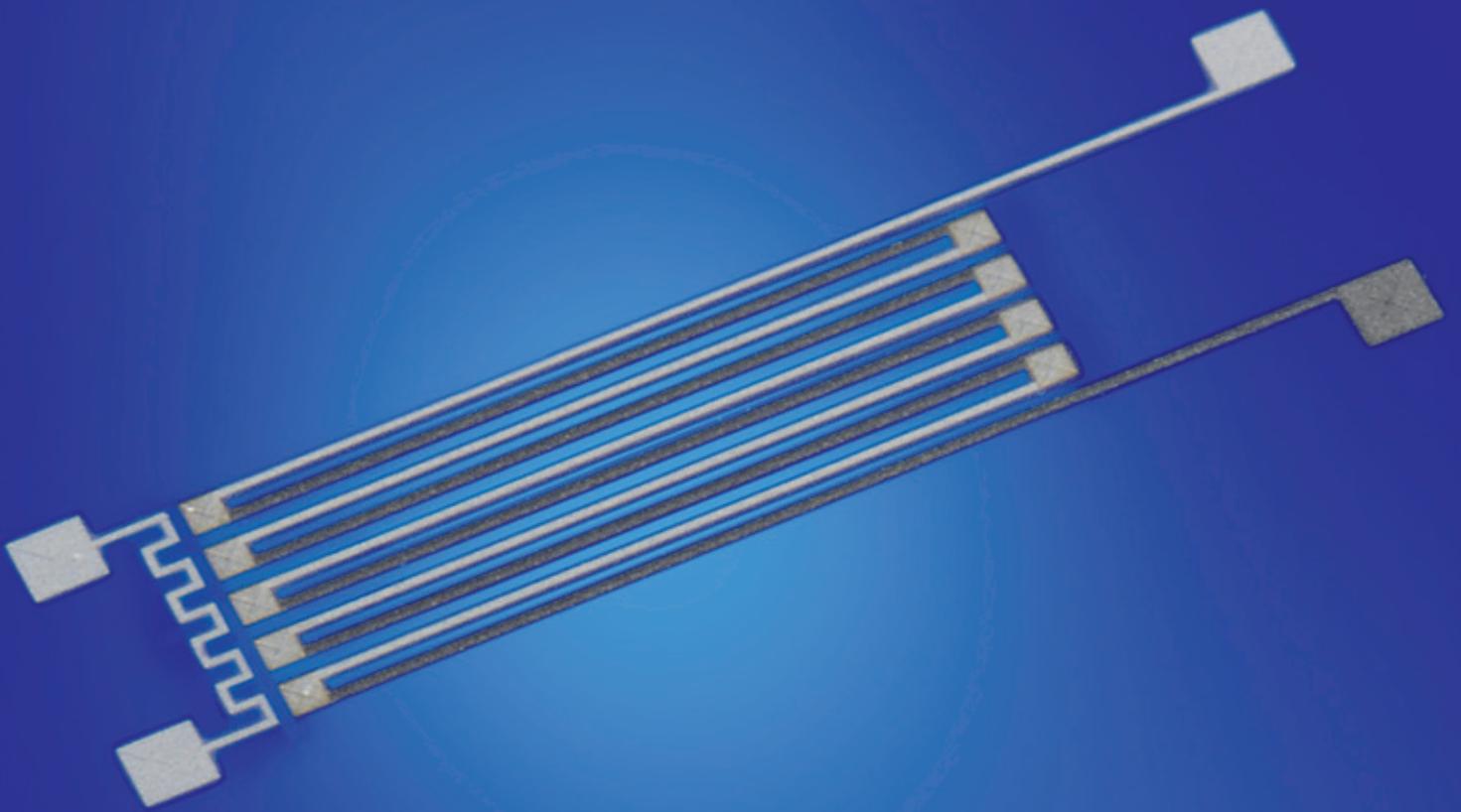
Die auf der Basis von Machbarkeitsstudien mit dem Kunden entwickelten Ergebnisse und Technologien werden transferiert und in industrielle Fertigungsprozesse integriert. Das schließt auch die Entwicklung anwendungsoptimierter Sonderanlagen im Labor- oder Pilotmaßstab ein.

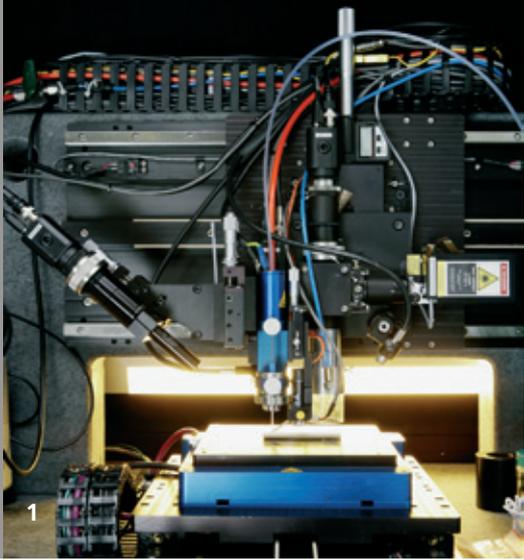
Ansprechpartner:

Dr. Volker Zöllmer

Telefon +49 421 2246-114

volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de





GEDRUCKTE ELEKTRONIK UND SENSORIK – INKTELLIGENT PRINTING®

Funktionsintegration durch gedruckte Strukturen: Potenziale in der Aufbau- und Verbindungstechnik sowie für »intelligente Bauteile«.

Flexibilität durch INKtelligent printing®

Die Technologieplattform INKtelligent printing® zielt darauf ab, Druckprozesse und verdruckbare Funktionswerkstoffe sowie funktionelle Strukturen für industrielle Anwendungen zu entwickeln. Das Fraunhofer IFAM kann auf eine Vielzahl an Druckprozessen zurückgreifen, um die Kundenanforderungen hinsichtlich gewünschter Funktion, Material, Substrat, Strukturgröße oder Losgröße zu gewährleisten. Dabei kann je nach Wunsch entweder das zu verdruckende Material auf einen bestimmten Druckprozess oder für ein spezielles Substrat angepasst werden. Für die gewählte Drucktechnologie wird die passende verdruckbare »Tinte« formuliert. Dazu steht die entsprechende Aufbereitungstechnologie und Qualitätsüberwachung am Fraunhofer IFAM zur Verfügung. Grundsätzlich können alle Materialklassen – Polymere, Keramiken oder Metalle – verwendet werden. Die oft notwendige thermische Aktivierung zur Funktionalisierung der gedruckten Struktur erfolgt in Öfen, mittels Laser, in der Mikrowelle oder durch UV-Härtung.

Anwendungsbeispiele für das INKtelligent printing® sind:

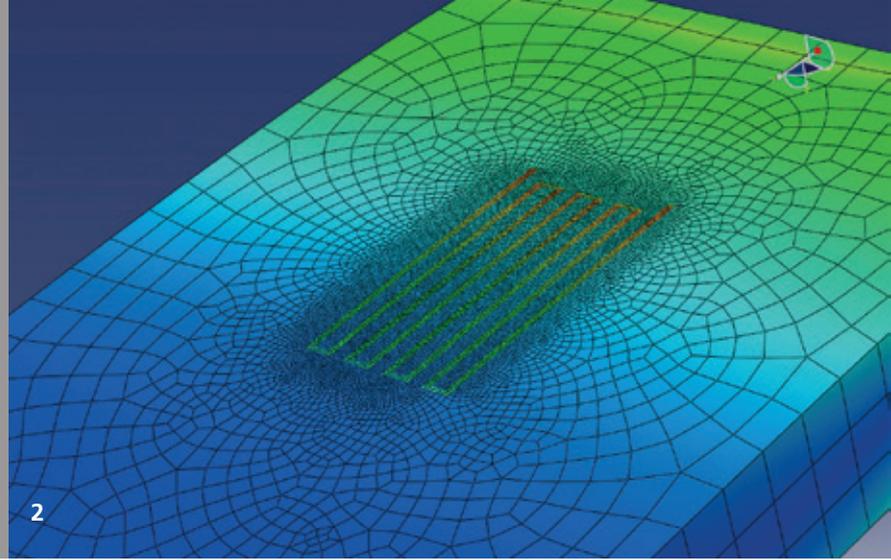
- Kontaktierungen und 3D-Leiterbahnen für die Aufbau- und Verbindungstechnik
- metallische Temperatur- oder Füllstandsensoren sowie Dehnungsmessstreifen
- Gassensoren auf Basis von verdruckten Metalloxid-Halbleitermaterialien
- gedruckte OLED bzw. Solarzellen
- »unsichtbare« und thermisch stabile Kennzeichnungen als Plagiatschutz
- Bio-Sensoren durch Kombination von gedruckter Elektronik mit biologisch aktiven Substanzen
- 3D-Printing von metallischen Bauteilen oder individuellen Implantaten

Großes Bild: Miniaturisierter, gedruckter Temperatursensor.

Bild 1: Das Herzstück eines Aerosol-druckers – auch für »schwierige« Tinten.

Bild 2: Tests der Verdruckbarkeit von Funktionsmaterialien und der Be-druckbarkeit von Substraten mittels Ink-Jet-Technologie.

*Ansprechpartner
INKtelligent printing®:
Dr. -Ing. Dirk Godlinski
Telefon +49 421 2246-230
dirk.godlinski@ifam.fraunhofer.de*



SIMULATION UND DESIGN

Bild 1: Beratung und Demonstration der Simulationsergebnisse.

Nicht nur die individuelle Geometrie eines gedruckten Sensors, sondern auch seine Platzierung auf dem Bauteil lässt sich optimieren.

Bild 2: Numerische Spannungssimulation eines Dehnungsmessstreifens.

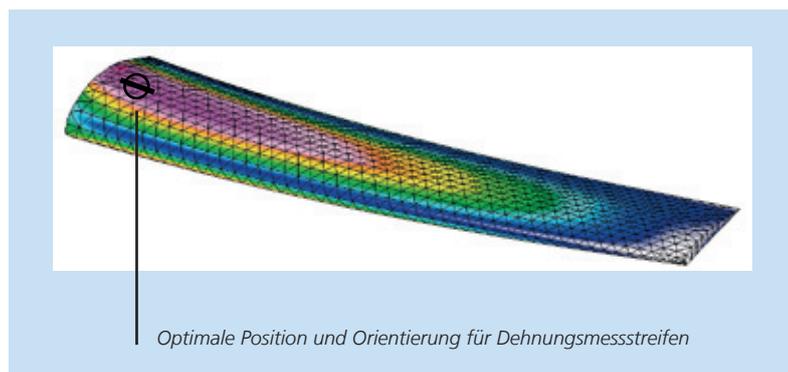
Simulation und Design gedruckter Sensorik

Das Potenzial gedruckter Sensoren wird erst im Zusammenspiel mit Simulationen richtig ausgeschöpft. Am Fraunhofer IFAM werden die Sensorstrukturen gemäß den Anforderungen und Randbedingungen der geplanten Anwendung ausgelegt. Des Weiteren wird für den Einsatz gedruckter Sensoren z. B. in der Strukturüberwachung auch die optimale Position eines Sensors auf der Bauteiloberfläche bestimmt. Dazu werden neben der klassischen numerischen Simulation mittels finiten Elementen (FEM) auch Optimierungsmethoden, zum Beispiel Design of Experiments (DOE), Response Surface Modeling (RSM) und Robust Design angewandt. Durch die Flexibilität maskenfrier Applikationsverfahren können die Ergebnisse aus Simulation und Design direkt auf die Bauteile übertragen werden.

Einsatzbeispiele für die Simulation für gedruckte Sensoren sind:

- Sensorauslegung im Hinblick auf zu detektierende mechanische Bauteilbelastungen
- Sensorintegration auf temperatursensitive Oberflächen oder Hybridmaterialien
- Optimierung von Signal-Rauschverhalten
- Positionierung von Sensoren auf einem Bauteil mittels Simulation der Bauteilbelastungen und Robust Design

Ansprechpartner:
Ass. Andreas Burbliès
Telefon +49 421 2246-183
andreas.burbliès@ifam.fraunhofer.de





1



2

HYBRIDMATERIALIEN UND NANOKOMPOSITE

Komposite oder Hybridmaterialien verknüpfen unterschiedlichste Werkstoffeigenschaften wie beispielsweise hohe Leitfähigkeit und Flexibilität.

Polymer-Metall-Hybridmaterialien

Solche Materialien weisen die Vorteile beider Werkstoffklassen auf: Sie lassen sich als Granulat auf handelsüblichen Maschinen und Anlagen der Kunststoffindustrie verarbeiten, haben aber eine metallische Leitfähigkeit. Mittels Hotmelt-Technologie können Leiterbahnen auf Oberflächen appliziert werden. Im Spritzgussverfahren werden leitfähige Formteile hergestellt; im 2-Komponenten-Spritzguss auch formschlüssig mit anderen Materialien.

Anwendungsbeispiele für Polymer-Metall-Hybride sind:

- Dichtungen, elektrische Verbindungen und Kontaktierungen
- Ausrüstung von Kunststoff-Bauteilen gegen statische Aufladung bzw. Blitzschutz

Nanoskalige Füllstoffe und Nanokomposite

Die Erzeugung und Verarbeitung feinsten Metallpulver im Größenbereich unter $0,1 \mu\text{m}$ stellt eine der Schlüsselkompetenzen des Fraunhofer IFAM dar. Um die physikalischen und technischen Eigenschaften optimal zu nutzen, werden hochreine, langzeitstabile Nanosuspensionen formuliert. Die Dispergierung von Nanopartikeln und Suspensionen in Polymeren und deren anschließende Compoundierung eröffnet die Möglichkeit, die Nanomaterialien in einfach zu handhabende Komposite zu überführen, die dann mit etablierten Fertigungsverfahren wie z. B. dem Spritzguss weiterverarbeitet werden können.

Anwendungsbeispiele für solche Nanosuspensionen und –komposite sind:

- Metall- und Legierungstinten für gedruckte Elektronik
- Elektrolyte auf Basis ionischer Flüssigkeiten
- Antibakteriell ausgestattete Life-Science oder medizinische Produkte
- korrosionsfeste Metall-Polymer-Komposite für Wärmetauscher

Bild 1: Antibakteriell ausgestattetes Kunststoffgranulat für den Spritzguss.

Bild 2: Ein neues Hybridmaterial: Flexibel wie Gummi, leitfähig wie Metall.

Ansprechpartner Hybridmaterialien:

Dipl. -Ing. (FH) Arne Haberkorn

Telefon +49 421 2246-270

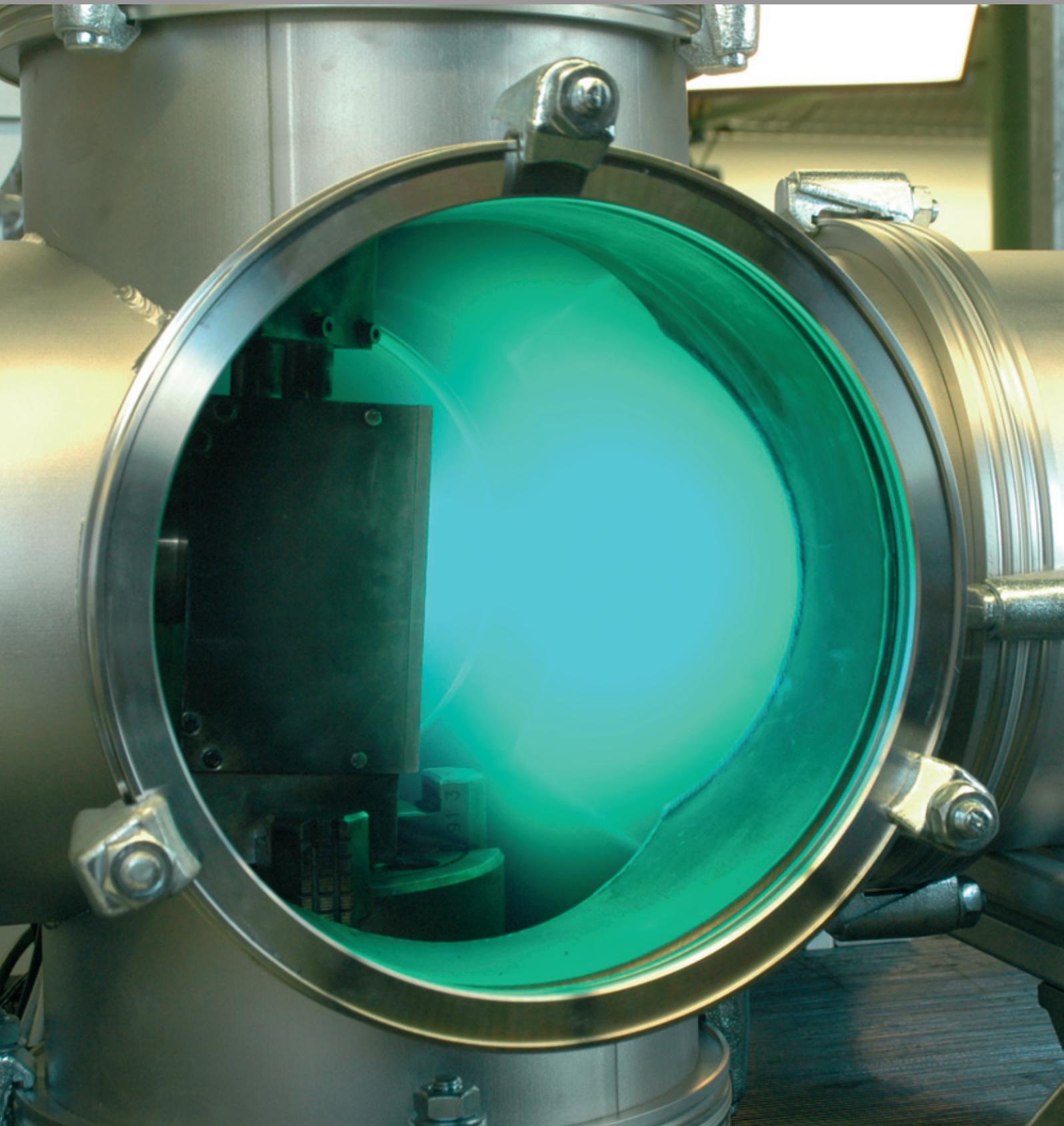
arne.haberkorn@ifam.fraunhofer.de

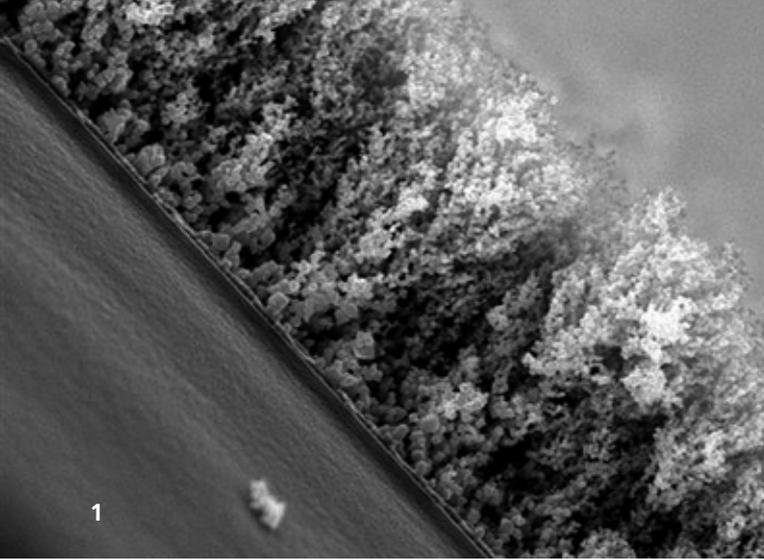
Ansprechpartner Nanokomposite:

Prof. Dr. Bernd Günther

Telefon +49 421 2246-172

bernd.guenther@ifam.fraunhofer.de





NANOPORÖSE FUNKTIONALITÄT FÜR MODERNE ENERGIEANWENDUNGEN

Maßgeschneiderte Strukturen nanoporöser Dünnschichten ermöglichen katalytische Reaktionen mit hoher Selektivität und Aktivität.

Maßgeschneiderte Porositäten

Die für diese Anwendungen benötigten homogenen nanoporösen Beschichtungen auf planaren oder strukturierten Oberflächen können durch physikalische Abscheidungsprozesse im Vakuum (Physical vapor deposition: wie Magnetronspputtern, Gasflusssputtern) appliziert werden. Das Fraunhofer IFAM hat jahrelange Erfahrung in der Abscheidung maßgeschneiderter hochporöser Dünnschichten hochreiner Metalle, Metalllegierungen oder Keramiken. Durch Prozessvarianten, wie das Co-Sputtern, bei dem zwei Materialien gleichzeitig verarbeitet werden, und das Reaktivsputtern, bei dem eine Materialumwandlung durch Zugabe eines Reaktivgases erfolgt, wird das Spektrum der Werkstoffe und Anwendungsmöglichkeiten nochmals erheblich erweitert.

Anwendungsbeispiele für poröse Funktionsschichten sind:

- großflächig katalytisch aktive Beschichtungen – auch auf strukturierten Oberflächen
- selektive Beschichtungen in Kanälen von Filtern oder Mikroreaktoren
- fotokatalytisch aktive Schichten zum Abbau von Schad- und Schmutzstoffen
- Funktionsschichten für Solarzellen
- Elektroden für Brennstoffzellen

Sonderanlagen

Der Transfer der am Fraunhofer IFAM entwickelten Prozesse wird auch durch die Entwicklung anwendungsoptimierter Sonderanlagen unterstützt. Wir entwickeln und bauen schlüsselfertige Anlagen im Labor- oder Pilotmaßstab, die auf spezielle Werkstoffe, Halbzeuge und Beschichtungen abgestimmt sind.

Großes Bild: Plasma in einer Sonderanlage für hochporöse Dünnschichten.

Bild 1: Detail einer hochporösen Katalysatorschicht.

Bild 2: Nanostrukturierte gesputterte Dünnschichten auf Siliziumwafer.

*Ansprechpartner Sputtern:
Dipl.-Ing. Torben Seemann
Telefon +49 421 2246-126
torben.seemann@ifam.fraunhofer.de*



UNSER ANGEBOT

Bild 1: Aufbereitung von Funktionswerkstoffen zu verdruckbaren Tinten mittels Rührwerksmühle.

Bild 2: Schlüsselfertige Pilotanlage zum Sputtern von Funktionsmaterialien in Flüssigkeiten.

Das Fraunhofer IFAM bietet Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen sowie Know-how Transfer in folgenden Technologiefeldern an:

- Konzeption und Aufbau von Anlagen zur Herstellung, Abscheidung und Verarbeitung nanoskaliger Pulver und Suspensionen
- Charakterisierung von nanoskaligen Pulvern und Suspensionen (Größenverteilung, technologische und chemische Eigenschaften, Rheologie)
- Entwicklung funktioneller Tinten für verschiedene Druckprozesse
- Entwicklung von speziellen Nanokompositen (Medizintechnik, Elektrotechnik, Energietechnik)
- Machbarkeitsstudien zur Funktionsintegration in Serienbauteile sowie Integration der entsprechenden Prozessabläufe in bestehende Fertigungsketten
- Auswahl und Anpassung des geeigneten Druckprozesses
- Entwicklung neuer Printing-Prozesse für maßgeschneiderte Bauteile und zur Funktionsintegration
- Fertigung geometrisch komplexer Bauteile aus pulverförmigen Materialien über 3D-Printing
- Umfassende Materialographie und Schichtcharakterisierung mittels REM, TEM und XRD im akkreditierten Labor

Wir sind ein interdisziplinär ausgerichtetes Team von Wissenschaftlern und Technikern, in denen Sie Ansprechpartner für die Lösung vieler Fragestellungen finden. Wir entwickeln gerne – selbstverständlich auf vertraulicher Basis – Konzepte und Ideen für die Fertigung Ihrer Produkte und Komponenten.

KOMPETENZEN FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

WWW.IFAM.FRAUNHOFER.DE

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Institutsleitung

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

Biomaterial-Technologie

Prof. Dr.-Ing. Kurosch Rezwán, Dr.-Ing. Philipp Imgrund
Telefon +49 421 2246-216
philipp.imgrund@ifam.fraunhofer.de
Verarbeitung und Charakterisierung von Biomaterialien;
Spritzguss, Extrusion und Mikrostrukturierung von Metallen,
Biokeramiken, Polymeren und Nanokompositen.

Elektrische Systeme

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

Funktionsstrukturen

Dr. rer. nat. Volker Zöllmer
Telefon + 49 421 2246-114
volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de
Nanokomposite; Nanosuspensionen; nanoporöse Schichten;
Funktionsintegration; INKtelligent printing®: Ink-Jet-Printing
und Aerosol-Printing; Hybridmaterialien; Sonderanlagen.

Gießereitechnologie

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann
Telefon +49 421 2246-225
franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de
Zink-, Aluminium-, Magnesium-Druckguss; Gusseisen und
Stahlguss; Funktionsintegrierte Gussteile (CAST^{TRONICS}®);
Lost Foam Verfahren; Simulation; Rapid Prototyping.

Materialographie und Analytik

Dr.-Ing. Andrea Berg
Telefon +49 421 2246-146
andrea.berg@ifam.fraunhofer.de
Schadensanalyse; metallografische Schliiffuntersuchung;
Pulvermesstechnik; Rasterelektronenmikroskopie mit EDX-
Analyse; Thermische Analyse; Dilatometrie; Spurenanalyse;
Emissionsspektrometrie.

Pulvertechnologie

Dr.-Ing. Frank Petzoldt
Telefon +49 421 2246-134
frank.petzoldt@ifam.fraunhofer.de
Pulvermetallurgische Formgebung; Metallpulverspritzguss;
Prozess- und Materialentwicklung; Rapid Manufacturing;
Lasersintern; Siebdruck; Produktionsverfahren für Metall-
schaumbauteile (FOAMINAL®); Simulation.

STANDORT DRESDEN

Pulvermetallurgie und Verbundwerkstoffe

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

Zellulare metallische Werkstoffe

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

Sinter- und Verbundwerkstoffe

Dr.-Ing. Thomas Weißgärber
Telefon +49 351 2537-305
thomas.weissgaerber@ifam-dd.fraunhofer.de
Hochtemperaturwerkstoffe; nanokristalline Werkstoffe; Werk-
stoffe für tribologische Beanspruchungen; Sputtertargets;
Werkstoffe für die Wasserstoffspeicherung.

WWW.IFAM.FRAUNHOFER.DE

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

Wiener Straße 12
28359 Bremen
Telefon +49 421 2246-0
Fax +49 421 2246-300

info@ifam.fraunhofer.de

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse

Funktionsstrukturen

Dr. rer. nat. Volker Zöllmer
Telefon + 49 421 2246-114
volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de