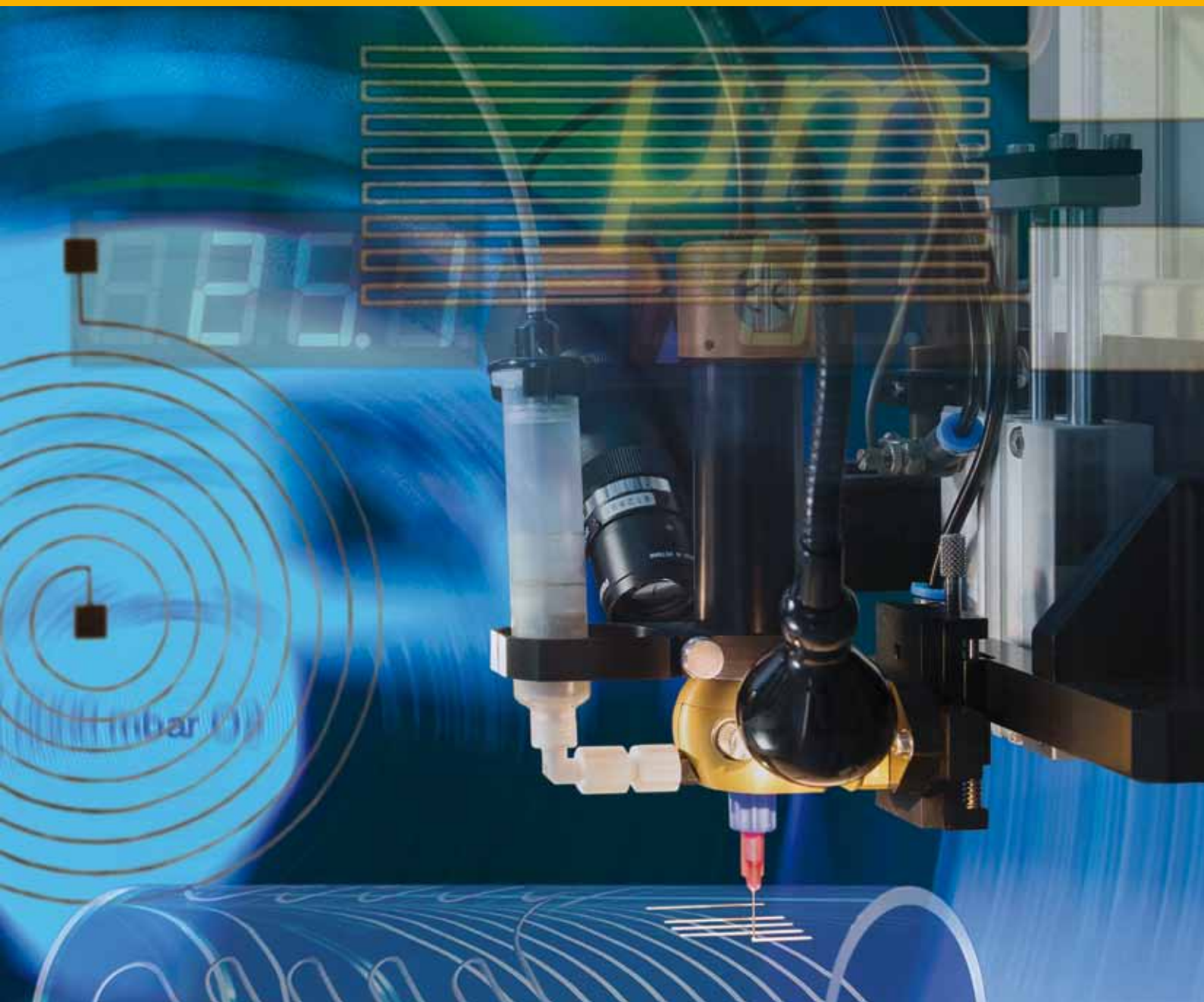


# FUNCTIONAL PRINTING

ENERGIEEFFIZIENT FUNKTIONEN INTEGRIEREN



## INHALT

FUNCTIONAL PRINTING	3
FUNKTIONSWERKSTOFFE UND KOMPOSITE	5
EFFIZIENTE FERTIGUNG	7
GEDRUCKTE ELEKTRONIK – VON DER TINTE BIS ZUR SERIE	8
ENERGY HARVESTING	9
UNSER ANGEBOT	10

# WIR VERSTEHEN WERKSTOFFE

## DIE FRAUNHOFER-GESSELLSCHAFT

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 66 Institute mit über 24 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung.

## FORMGEBUNG UND FUNKTIONSWERKSTOFFE

Der Institutsbereich Formgebung und Funktionswerkstoffe konzentriert sich an den Standorten Bremen, Dresden, Oldenburg und Wolfsburg 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 Luftfahrt sowie der Umwelt- und Energietechnik nachgefragt werden.

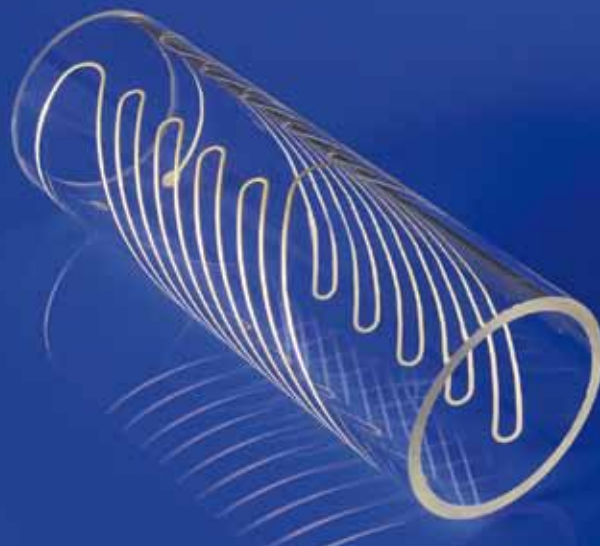
Zum Thema Elektromobilität wird ein ganzheitliches Konzept mit drei Säulen verfolgt. Die Bereiche Energiespeicher und elektrische Antriebstechnik sowie Prüfen, Bewerten und Optimieren des Gesamtsystems stehen im Fokus der Arbeiten. In der Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg wird die Basis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

Die Energiesystemanalyse adressiert darüber hinaus die Themen Erneuerbare Energien, Kraft-Wärme-Kopplung, energieeffiziente Gebäude sowie Wärme- und Stromnetze. Ein vor kurzem aufgebautes Angebot für technische Weiterbildung vermittelt industriellen Anwendern zudem neueste Forschungsergebnisse und praktisches Wissen zur Elektromobilität.

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

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

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



## FUNCTIONAL PRINTING

In der industriellen Fertigung besteht ein großer Bedarf an funktionalen Strukturen zur Optimierung der Bauteileigenschaften verschiedenster Komponenten. Zur gezielten Funktionalisierung können Strukturen mit Druckverfahren passgenau an den erforderlichen Bauteilstellen aufgebracht werden. Sensoren oder elektronische Komponenten können so in bestehende Produkte integriert werden.

1 Mittels Dispensverfahren funktionalisierter Zylinder.

### Intelligente Funktionalisierung

Flügel von Windkraftanlagen sowie Komponenten im Auto oder Flugzeug sollen leichter, gleichzeitig aber auch sicherer werden. Eine Möglichkeit, beiden Anforderungen gerecht zu werden, besteht in der Sensorisierung zur Belastungsüberwachung der Bauteile. Smartphones, Tablets oder Navigationssysteme müssen immer mehr Funktionen mobil bereitstellen, hierzu aber nach Möglichkeit weniger Energie verbrauchen. Mehr Funktionen und damit mehr Leistung in Produkte zu bringen heißt auch, Lösungen den individuellen Anforderungen des Produkts anzupassen. Idealerweise sind die erweiterten Funktionen zur Bauteilüberwachung oder die Elektronikintegration an den Herstellungsprozess des Bauteils angepasst, um die zusätzliche Wertschöpfung möglichst effizient umsetzen zu können.

Maßgeschneiderte Funktionswerkstoffe ermöglichen dabei eine optimale Integration von funktionalen Strukturen. So können beispielsweise Sensoren direkt in Verbundwerkstoffe eingebunden werden. Ein mögliches Versagen der Materialien lässt sich frühzeitig anzeigen. Auch eine energieautarke Fernüberwachung ist möglich: Durch integrierte Sensornetzwerke mit Thermogeneratoren sind elektronische Bausteine in der Lage, aus ihrer Umgebung heraus Energie zu gewinnen und diese für eine drahtlose Übertragung von Messwerten zu nutzen.

Das Kompetenzfeld Functional Printing am Fraunhofer IFAM nutzt hierzu nano- und mikrostrukturierte Funktionswerkstoffe, die für die Sensorapplikation, die Integration elektronischer Baugruppen oder für die Energiegewinnung in Bauteilen und auf Oberflächen eingesetzt werden. Dabei wird neben der konzeptionellen Lösung stets die effiziente, (teil-) automatisierte Integration in Produkte berücksichtigt. Mit unseren Technologien wie 3D-Printing, Inkjet- und Aerosol-Printing, Sieb- und Tampondruck sowie Sputter- und Kompoundier- bzw. Extrudier-techniken bieten sich breite Anwendungschancen.

Kontakt

Dr. Volker Zöllmer

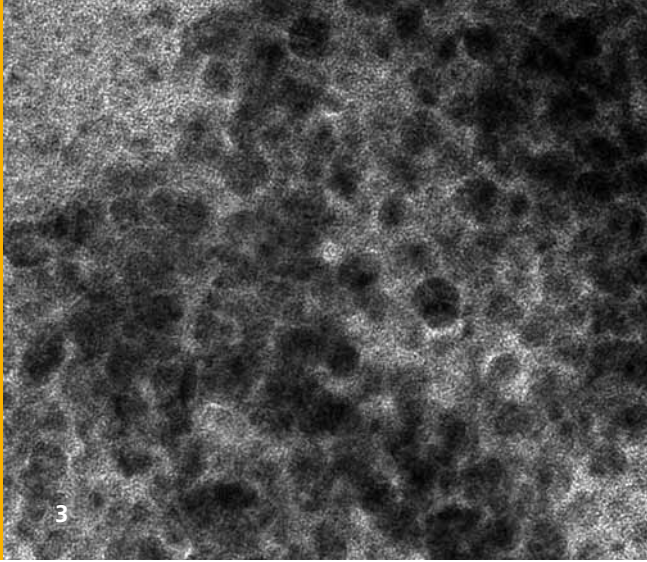
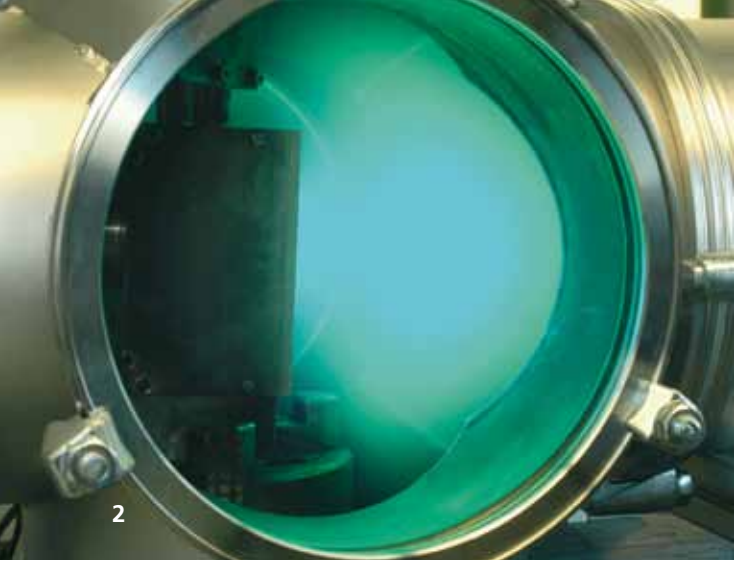
Telefon +49 421 2246-114

volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de



TEACH-LINE® ZK 25T





## FUNKTIONSWERKSTOFFE UND KOMPOSITE

Ob nanostrukturierte Werkstoffe oder Metall-Polymer-Komposite: Das Kompetenzfeld Functional Printing des Fraunhofer IFAM entwickelt maßgeschneiderte Werkstoffe für nahezu jede Anwendung.

### Nano-/Mikroskalige Werkstoffe und Materialien

Die Eigenschaften des Werkstoffs bestimmen die Anwendungen. Die Vielfalt von Metallen, Keramiken und Polymeren kann durch die Verwendung von partikelbasierten Materialien anhand modernster, additiver Druckverfahren appliziert werden. Wir formulieren und verwenden neben niedrigviskosen Nanotinten für Aerosol- oder Tintenstrahldruck auch hochviskose Pasten zum Dispensieren sowie für den Tampon- und Siebdruck für folgende Anwendungen:

- Gedruckte Elektronik und gedruckte Heizstrukturen
- Dehnungs- oder Temperatursensoren aus Widerstandslegierungen sowie Gas-, Klima- und Biosensoren
- Energy Harvester (z. B. thermoelektrische Generatoren) und Energiespeicher

Dieselbe Materialvielfalt kann auch über physikalische Abscheidungsprozesse im Vakuum, wie Magnetron- oder Gasflusssputtern mit Prozessvarianten des Co- oder Reaktivsputterns, direkt appliziert werden. Maßgeschneiderte, hochporöse Dünnschichten finden Verwendung in:

- selektiven Beschichtungen von Filtern oder Mikroreaktoren
- (foto-)katalytisch aktiven Beschichtungen zum Abbau von Schad- und Schmutzstoffen – auch auf strukturierten Oberflächen
- Funktionsschichten für Solarzellen und Elektroden für Brennstoffzellen

**1** *Zweiwellen-Kompounder zur Herstellung funktionaler Polymer-Metallfaser-Komposite.*

**2** *Plasma in einer Sonderanlage für hochporöse Dünnschichten.*

**3** *TEM-Aufnahme einer nano-partikulären CuNiMn-Dispersion.*

### Kontakt

*Dipl.-Ing. (FH) Arne Haberkorn*

*Telefon +49 421 2246-270*

*arne.haberkorn@ifam.fraunhofer.de*

*Dr. Ingo Wirth*

*Telefon +49 421 2246-232*

*ingo.wirth@ifam.fraunhofer.de*





## EFFIZIENTE FERTIGUNG

Druckverfahren ermöglichen flexible Fertigungskonzepte. Eine Herausforderung stellt dabei die Integration des Prozesses in bestehende Produktionsanlagen dar. Das Fraunhofer IFAM qualifiziert diese Fertigungsprozesse bis zur Pilotserie.

### Druckverfahren wirtschaftlich kombiniert

Moderne Druckverfahren mit Funktionsmaterialien können eine »smarte« Alternative zu konventionellen Herstellungsprozessen oder für die Entwicklung neuer Produkte sein. Ihre Verwendung erlaubt in vielen Bereichen einen anforderungsgerechten Materialeinsatz, höchste Designfreiheit und eine ressourceneffiziente Fertigung. Mit unserer Ausstattung vom Labortischdrucker bis zur ausgereiften Industrieanlage evaluieren wir technische Fragestellungen und ökonomische Herausforderungen für die geforderten Anwendungen. Die Auswahl des verwendeten Druckverfahrens richtet sich nach den Anforderungen an die gedruckten Schichten, den Materialeigenschaften sowie technischen und wirtschaftlichen Entscheidungen hinsichtlich der hergestellten Produkte. Dabei können durch die Kombination verschiedener Druckverfahren/ Fertigungsverfahren optimale Lösungen entwickelt werden.

### Flexibilität durch modulare Fertigungskonzepte

Aus fertigungstechnischer Sicht ist folglich die Integration komplexer Funktionsstrukturen im Mehrlagenaufbau in ein Bauteil bei einer bestehenden Prozesskette von größter Bedeutung. In der robotergestützten Fertigungsstraße am Fraunhofer IFAM sind exemplarisch und systematisch durchdacht Siebdruck, Inkjet, Aerosol Jet und Dispensverfahren modular in einer Produktionseinheit vereint, um verschiedenste Materialien und Prozesse nach Kundenanforderungen zu kombinieren. Damit können automatisiert und seriennah die unterschiedlichsten Ansprüche an eine Funktionalisierung zwei- und dreidimensionaler Oberflächen gleichzeitig erfüllt werden. Mit der Fertigungsstraße werden nicht nur technologierelevante, sondern insbesondere auch produktionsrelevante FuE-Themen wie Reproduzierbarkeit und Wirtschaftlichkeit unter industriennahen Bedingungen evaluiert.

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

**1** *Blick in die Fertigungsstraße zur drucktechnischen Funktionalisierung von Oberflächen und Bauteilen.*

**2** *Dispensen funktionaler Strukturen.*

**3** *Inkjet-Druck von Dünnschichtstrukturen.*

#### Kontakt

*Dr.-Ing. Dirk Godlinski*

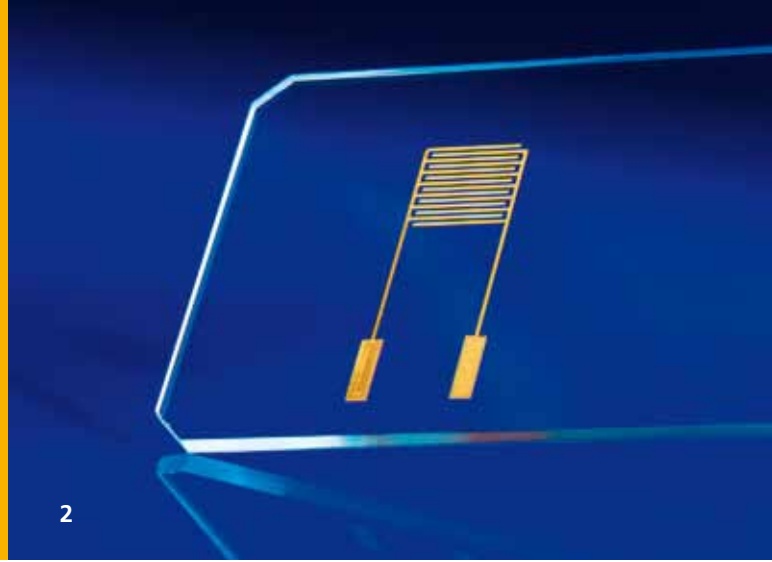
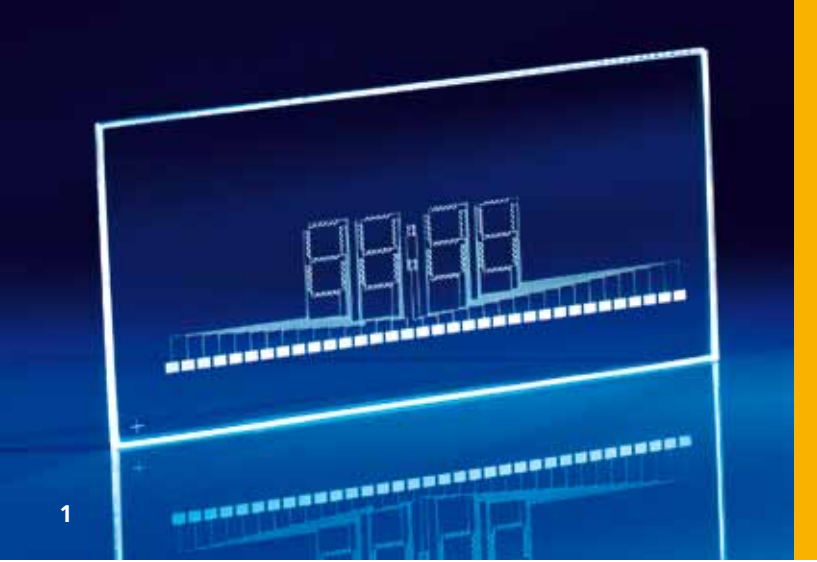
*Telefon +49 421 2246-230*

*dirk.godlinski@ifam.fraunhofer.de*

*Dipl.-Ing. (FH) Arne Haberkorn*

*Telefon +49 421 2246-270*

*arne.haberkorn@ifam.fraunhofer.de*



## GEDRUCKTE ELEKTRONIK – VON DER TINTE BIS ZUR SERIE

- 1 *Aerosolgedruckte 7-Segment-Anzeige auf Glassubstrat.*
- 2 *Inkjet-gedruckte Gold-Interdigitalstruktur auf Glassubstrat.*

Neue industrielle Entwicklungen sind durch die »gedruckte Elektronik« möglich geworden. Weitere Anwendungsfelder werden durch die Verwendung unterschiedlichster Substrate und Materialien für die Industrie entwickelt.

### **Know-how für gedruckte Schaltungen**

Wir vereinbaren Materialfunktionalität mit Substratkompatibilität und Verdruckbarkeit. Je nach Gegebenheiten passen wir das zu verdruckende Material auf einen bestimmten Druckprozess oder für ein spezielles Substrat an. Dabei können sowohl starre Flachmaterialien als auch flexible Folien oder Bauteile verwendet werden, deren Oberflächen für die Druckprozesse konditioniert werden können. Für eine gewählte Drucktechnologie wird die passende verdruckbare Tinte oder Paste formuliert. Die oft notwendige thermische Aktivierung zur Funktionalisierung der gedruckten Struktur erfolgt im Ofen, mit einem Laser, in der Mikrowelle oder mittels UV-Härtung. Durch selektiv wirkende Prozesse sind auch temperaturempfindliche Materialien verwendbar.

### **Sensorintegration sowie Aufbau- und Verbindungstechnik**

Neben dem eigentlichen Druck von Funktionsstrukturen wie Leiterbahnen, Antennen, Heizleitern oder Sensorschichten spielt die Integration von gedruckten Strukturen zu funktionsfähigen »intelligenten« Bauteilen bzw. Modulen eine essentielle Rolle. Ein Sensorbauteil benötigt beispielsweise neben der sensitiven Funktionsstruktur an sich noch eine Energieversorgung, evtl. einen Zwischenspeicher und eine Datenanbindung, teilweise auch drahtlos. Dazu nutzen wir die Möglichkeiten der Aufbau- und Verbindungstechnik in der Kombination konventioneller Module mit modernen Druckverfahren oder mit generativen Fertigungsprozessen für Bauteile.

#### *Kontakt*

*Dr. Ingo Wirth*

*Telefon +49 421 2246-232*

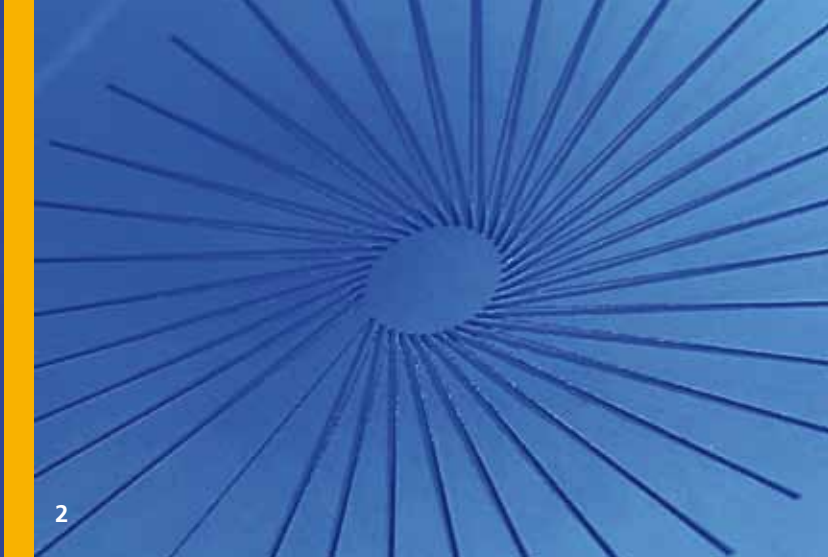
*ingo.wirth@ifam.fraunhofer.de*

*Dipl.-Ing. Mario Kohl*

*Telefon +49 421 2246-174*

*mario.kohl@ifam.fraunhofer.de*





## ENERGY HARVESTING

Der Wunsch, mehr Funktionen mit autarken Systemen zu gewährleisten, wird durch lokale »Energieernte« Realität: Aus Wind, Sonne, mechanischen Schwingungen und Wärmegradienten kann ausreichend Energie für den Betrieb bestimmter Bauteilgruppen gewonnen werden.

### Energie aus dem Drucker

Mittels Druckverfahren lassen sich Thermogeneratoren oder Strukturen für Solarzellen direkt auf Oberflächen aufbringen. Möglich wird dies einerseits durch ein auf das Produkt zugeschnittenes Design und andererseits durch an die Druckverfahren angepasste Funktionswerkstoffe, welche Sonnenlicht oder Temperaturdifferenzen direkt in elektrische Energie umwandeln können. Darüber hinaus können aus piezoelektrischen Kompositen hergestellte Funktionsstrukturen Energie auch aus mechanischen Schwingungen erzeugen.

Die Lösungen für das Energy Harvesting werden dabei so gewählt, dass sie ausreichend Energie für den Prozess bereitstellen und gleichzeitig hochintegriert umgesetzt werden können.

Die gewonnene Energie kann dann entweder direkt für den Betrieb von elektronischen Bauteilen verwendet oder aber durch ebenfalls gedruckte Batterien oder Kondensatoren zwischengespeichert werden, um z. B. gemessene Daten wie Temperatur, Feuchtigkeit oder Abnutzung zu einem bestimmten Zeitpunkt drahtlos übertragen zu können. Das erlaubt Rückschlüsse auf den Zustand der Bauteile auch aus der Ferne – etwa ob Wartungsarbeiten oder Reparaturen anstehen.

**1** Gedruckter thermoelektrischer Generator auf Glassubstrat zur elektrischen Energiewandlung aus geringen Temperaturgradienten.

**2** Gedruckter thermoelektrischer Generator zur elektrischen Energiewandlung auf polymeren Oberflächen.

### Kontakt

Dr. Volker Zöllmer

Telefon +49 421 2246-114

volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de

Dr. Ingo Wirth

Telefon +49 421 2246-232

ingo.wirth@ifam.fraunhofer.de



1



2

## UNSER ANGEBOT

**1** *Aufbereitung von Funktionswerkstoffen zu verdruckbaren Tinten und Pasten.*

**2** *Herstellung von Dickschichtstrukturen mittels Siebdruck.*

### Experimentelle FuE-Dienstleistungen

- Machbarkeitsstudien zur gedruckten Elektronik und Sensorik
- Machbarkeitsstudien zur Funktionsintegration sowie Integration der Prozessabläufe in bestehende Fertigungsketten
- Auswahl und Anpassung geeigneter Druckprozesse für bestehende Fertigungslinien
- Demonstrator/Prototypen- und Kleinserienfertigung
- Fertigung geometrisch komplexer Bauteile aus pulverförmigen Materialien über 3D-Printing

### Materialentwicklung und Qualitätskontrolle

- Entwicklung von (Nano-)Kompositen, z. B. für Medizin-, Elektro- und Energietechnik
- Bemusterung und Charakterisierung funktionaler Komposite (elektrisch und thermisch leitfähiger Polymere)
- Entwicklung und Bemusterung funktioneller Tinten und Pasten für Druckprozesse
- Tinten- und Pastencharakterisierung (Viskosität, Oberflächenspannung etc.)
- Charakterisierung von nanoskaligen Pulvern und Suspensionen (Größenverteilung, technologische und chemische Eigenschaften, Rheologie)
- Elektrische und optische Charakterisierung funktionaler Strukturen
- Sensorcharakterisierung, z. B. Untersuchungen der Zuverlässigkeit gedruckter Strukturen
- Umfassende Materialographie und Schichtcharakterisierung mittels REM, TEM und XRD im akkreditierten Labor

### Beratung und Know-how-Transfer

- Marktstudien zu Themen der »gedruckten Elektronik«
- Beratung zur Auswahl und zum Einsatz von Druckverfahren und Funktionswerkstoffen
- Wissenschaftliche Projektbegleitung und -beratung
- Personalschulung
- Technischer/wirtschaftlicher Vergleich der additiven Fertigung mit konventionellen Verfahren
- Konzeption und Aufbau von Anlagen zur Herstellung nanoskaliger Funktionswerkstoffe
- Know-how- und Technologietransfer

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 und effiziente Funktionalisierung Ihrer Produkte.

## Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse

Prof. Dr. Bernd Mayer

## 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

Winterbergstraße 28

01277 Dresden

Telefon +49 351 2537-300

info@ifam-dd.fraunhofer.de

Marie-Curie-Straße 1–3

26129 Oldenburg

Telefon +49 441 36116-262

info@ifam.fraunhofer.de

Ottenbecker Damm 12

21684 Stade

Telefon +49 4141 78707-101

info@ifam.fraunhofer.de

Hermann-Münch-Straße 1

38440 Wolfsburg

Telefon +49 421 2246-126

info@ifam.fraunhofer.de

## STANDORTE UND ABTEILUNGEN

### BREMEN

- Adhäsions- und Grenzflächenforschung
- Betriebsprüfung nach DIN 6701 | Klebtechnik
- Business Development
- Elektrische Antriebe
- Energiesystemanalyse
- Functional Printing
- Gießereitechnologie
- Klebstoffe und Polymerchemie
- Klebtechnische Fertigung
- Lacktechnik
- Materialographie und Analytik
- Plasmatechnik und Oberflächen
- Pulvertechnologie
- Technische Qualifizierung und Beratung
- Weiterbildung und Technologietransfer
- Werkstoffe und Bauweisen

### DRESDEN

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

### OLDENBURG

- Elektrische Energiespeicher

### STADE

- Automatisierung und Produktionstechnik

### WOLFSBURG

- Leichtbau und Elektromobilität

Folgen Sie uns auf





[WWW.IFAM.FRAUNHOFER.DE](http://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](mailto:info@ifam.fraunhofer.de)

**Functional Printing**

Dr. Volker Zöllmer

Telefon +49 421 2246-114

[volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de](mailto:volker.zoellmer@ifam.fraunhofer.de)