



# Jahresbericht 2021/22

# Inhalt

---

Grußwort .....	5
Ansprechpartner/innen .....	7
Kuratorium .....	9
Organigramm .....	10
Das Institut in Zahlen .....	11
Geschäftsfelder .....	15
Beschichtung von Bauteilen .....	17
Beschichtung von metallischen Platten und Bändern, Energietechnik .....	19
Entwicklung von Elektronenstrahlsystemen und -technologien .....	21
Flexible Organische Elektronik .....	23
Flexible Produkte .....	25
Medizinisch-Biotechnologische Applikationen .....	27
Mikrodisplays und Sensorik .....	29
Präzisionsbeschichtung .....	31
Systeme .....	33
Werkstoffkunde / Analytik .....	35
Die Fraunhofer-Gesellschaft .....	39
Fraunhofer Verbund Light & Surfaces .....	40
Mitgliedschaften .....	41
Abschlussarbeiten .....	42
Veröffentlichungen .....	43
Schutzrechte .....	45







*Prof. Dr. Elizabeth von Hauff,  
Institutisleiterin Fraunhofer FEP*

## Grußwort

---

### **Werte Partner des Fraunhofer FEP, werte Leserinnen und Leser,**

das Jahr 2021 war für das Fraunhofer FEP ein Jahr des Aufbruchs und hielt trotz der anhaltenden Pandemielage viele Höhepunkte bereit.

Im Mai wurde das Forscherteam der Fraunhofer-Institute IZI, IPA und des FEP mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis für die Entwicklung eines effizienteren, schnelleren und umweltfreundlicheren Herstellungsverfahrens von Impfstoffen ausgezeichnet. Außerdem erhielt Philipp Wartenberg, Abteilungsleiter IC- und Systemdesign, die Exzellenzprämie des Fraunhofer-Vorstandes für seine hervorragenden Arbeiten im attraktiven Forschungsgebiet der OLED-Mikrodisplays. Es ist ihm gelungen, neben innovativen technologischen Ansätzen einige komplexe Industrieprojekte in Millionenhöhe zu akquirieren und damit unsere Vernetzung mit internationalen sowie auch nationalen Partnern signifikant zu stärken und das Institut in diesem Bereich auf internationales Spitzenniveau zu stellen.

Im Juni 2021 übernahm Prof. Elizabeth von Hauff gemeinsam mit Prof. Kirchhoff die Institutsleitung des Fraunhofer FEP.

Nach halbjähriger Übergangszeit verabschiedete sich Professor Volker Kirchhoff, nach über 25 Jahren als Leiter des Institutes, in den Ruhestand. Wir danken ihm für seine geleistete Arbeit, das Fraunhofer FEP zu einem gut funktionierenden und effizienten Institut aufzubauen und über viele Jahre zu führen. Zudem wurde Prof. von Hauff an die Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Beschichtungstechnologien für die Elektronik, berufen. Mit der Berufung von Gösta Mattausch zum Honorarprofessor für Elektronenstrahltechnik an die Westsächsische Hochschule Zwickau wurde die Vernetzung des Institutes in der sächsischen Hochschullandschaft weiter gestärkt.

Die langjährige Expertise des Instituts in der Elektronenstrahltechnik führte zur Gründung des gemeinsamen Joint Ventures »E-VITA GmbH« mit der Ceravis AG. Die Ausgründung widmet sich der chemiefreien, nachhaltigen Behandlung von Saatgut und Futtermitteln, um sie von krankheitserregenden Pilzen, Bakterien und Viren zu befreien. Von der E-VITA GmbH bekamen wir bereits einen Großauftrag, der sogar die beste Kundenakquise der Fraunhofer-Gesellschaft im Oktober wurde.



**Ich freue mich auf meine neuen Aufgaben als Institutsleiterin des Fraunhofer FEP und Hochschullehrerin an der TU Dresden. Mir geht es darum, die Zusammenarbeit zwischen beiden Einrichtungen, aber auch mit weiteren Instituten und Industriepartnern zu stärken. Ich erhoffe mir daraus neue Impulse – nicht zuletzt auch für den Standort Dresden und Sachsen.«**

**Prof. Dr. Elizabeth von Hauff,**  
Institutsleiterin Fraunhofer FEP

Auch in allen anderen Geschäftsbereichen des Institutes erarbeiteten die Mitarbeitenden in zahlreichen regionalen, nationalen oder EU-Projekten z. B. ausgefeilte Beschichtungsprozesse für neue Speicherkonzepte mit Zeolith-Granulat oder entwickelten industrietaugliche, echtzeit- und in-line-fähige Technologien zur Charakterisierung von Nanomaterialien. Im Bereich der medizinischen und biotechnologischen Applikationen wurde mit der breiten Basis an Kompetenzen und Technologien u. a. an Lösungen zur Inaktivierung von Pathogenen für sterile Touchscreens mittels UV-C-Licht gearbeitet.

Die zahlreichen Arbeiten zur anwendungsnahen Lösung industrieller Problemstellungen mit unseren Technologien gehen seit Jahren einher mit dem kontinuierlichen, strukturellen Ausbau des Institutes. So erfolgt seit 2019 die Errichtung eines Neubaus zur Erweiterung des Hauses (u. a. für künftige Laborkapazitäten, Technikum und Reinraum) auf der Bodenbacher Straße, in Dresden, dessen Fertigstellung und Inbetriebnahme für 2022 erwartet wird. Außerdem sind wir

stolz, in diesem Jahr 34 neue Mitarbeitende gewonnen zu haben, darunter auch viele junge Menschen, wie zum Beispiel Auszubildende.

Auch unter der anhaltend unübersichtlichen Corona-Lage im Jahr 2021 konnten wir eine positive Bilanz sowie ein sehr gutes Jahresergebnis erzielen und zahlreiche neue Projekte akquirieren. Mit diesen positiven Nachrichten blicken wir zuversichtlich in die Zukunft des Institutes. An dieser Stelle gebührt unser besonderer Dank all unseren Mitarbeitenden sowie unseren Fördergebern und Partnern aus der Industrie für das fortgesetzt große Vertrauen!

Einige der genannten Projekte und Themen haben wir im vorliegenden Jahresbericht für Sie zusammengestellt und hoffen, Sie finden darin Anregungen für neue, gewinnbringende gemeinsame Projekte.

Viel Freude beim Lesen und auf weiterhin gute Zusammenarbeit!

# Ansprechpartner/innen

---



**Prof. Dr. Elizabeth von Hauff**

---

Institutsleiterin

Telefon +49 351 2586-0  
elizabeth.von.hauff@fep.fraunhofer.de



**Veit Mittag**

---

Verwaltungsleiter

Telefon +49 351 2586-405  
veit.mittag@fep.fraunhofer.de



**Ines Schedwill**

---

Marketing

Telefon +49 351 8832-238  
ines.schedwill@fep.fraunhofer.de



**Annett Arnold**

---

Unternehmenskommunikation

Telefon +49 351 2586-452  
annett.arnold@fep.fraunhofer.de





**Dr. Burkhard Zimmermann**

Bereich Elektronenstrahl  
Quellen – Prozesse – Anwendungen

Telefon +49 351 2586-386  
burkhard.zimmermann@  
fep.fraunhofer.de



**Dr. Ulla König**

Bereich Medizinische und  
biotechnologische Applikationen

Telefon +49 351 2586-360  
ulla.koenig@fep.fraunhofer.de



**Dr. Nicolas Schiller**

Bereich Plasmatechnik

Telefon +49 351 2586-131  
nicolas.schiller@fep.fraunhofer.de



**Dr. Christian May**

Bereich Flexible organische  
Elektronik

Telefon +49 351 2586-220  
christian.may@fep.fraunhofer.de



**Dr. Uwe Vogel**

Bereich Mikrodisplays und Sensorik

Telefon +49 351 2586-160  
uwe.vogel@fep.fraunhofer.de



**Dr. Michiel Top**

Bereich Systeme

Telefon +49 351 2586-355  
michiel.top@fep.fraunhofer.de

# Kuratorium

## Kuratoriumsvorsitz

### **Prof. Dr. Herwig Buchholz**

Merck KGaA, Global Head of Group Corporate Sustainability  
Kuratoriumsvorsitzender

### **Dipl.-Ing. Ralf Kretzschmar**

Belimed Life Science AG, Chief Executive Officer  
Stellvertretender Kuratoriumsvorsitzender

## Kuratoriumsmitglieder/innen

### **MRin Dr. Annerose Beck**

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus, Referatsleiterin  
Bund-Länder-Forschungseinrichtungen

### **Dr. Gunter Erfurt**

Meyer Burger (Germany) AG, Chief Executive Officer

### **Dr. Bernd Fischer**

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, Leiter Anlagenbau  
Teilungen

### **Prof. Dr.-Ing. habil. Gerald Gerlach**

TU Dresden, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Festkörperelektronik, Direktor

### **Dr. Ulrike Helmstedt**

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e. V.

### **Dipl.-Ing. Peter G. Nothnagel**

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Referatsleiter Strukturentwicklung, wirtschaftsrelevante Umwelt- und Energiefragen

### **Dipl.-Ing. Tino Petsch**

3D-Micromac AG, Vorstandsvorsitzender



*Foto der 30. Kuratoriumssitzung am 14. Mai 2019. Im Jahr 2020 und 2021 fand die Sitzung virtuell statt.*

### **Dipl.-Ing. Michael Protzmann**

ALD Vacuum Technologies GmbH, Technischer Geschäftsführer

### **Prof. Dr. Michaela Schulz-Siegmund**

Universität Leipzig, Medizinische Fakultät, Institut für Pharmazie, Lehrstuhl für Pharmazeutische Technologie

### **Pia von Ardenne-Lichtenberg**

VON ARDENNE GmbH, Member of Executive Management

### **MR Christoph Zimmer-Conrad**

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr  
Referatsleiter Technologiepolitik, Technologieförderung

## Kuratoriumsgäste

### **Dr. Ulrich Engel**

ehem. Kuratoriumsvorsitzender

### **Dr. Patrick Hoyer**

Fraunhofer-Gesellschaft, Institutsbetreuer

### **Dr. Hans-Ulrich Wiese**

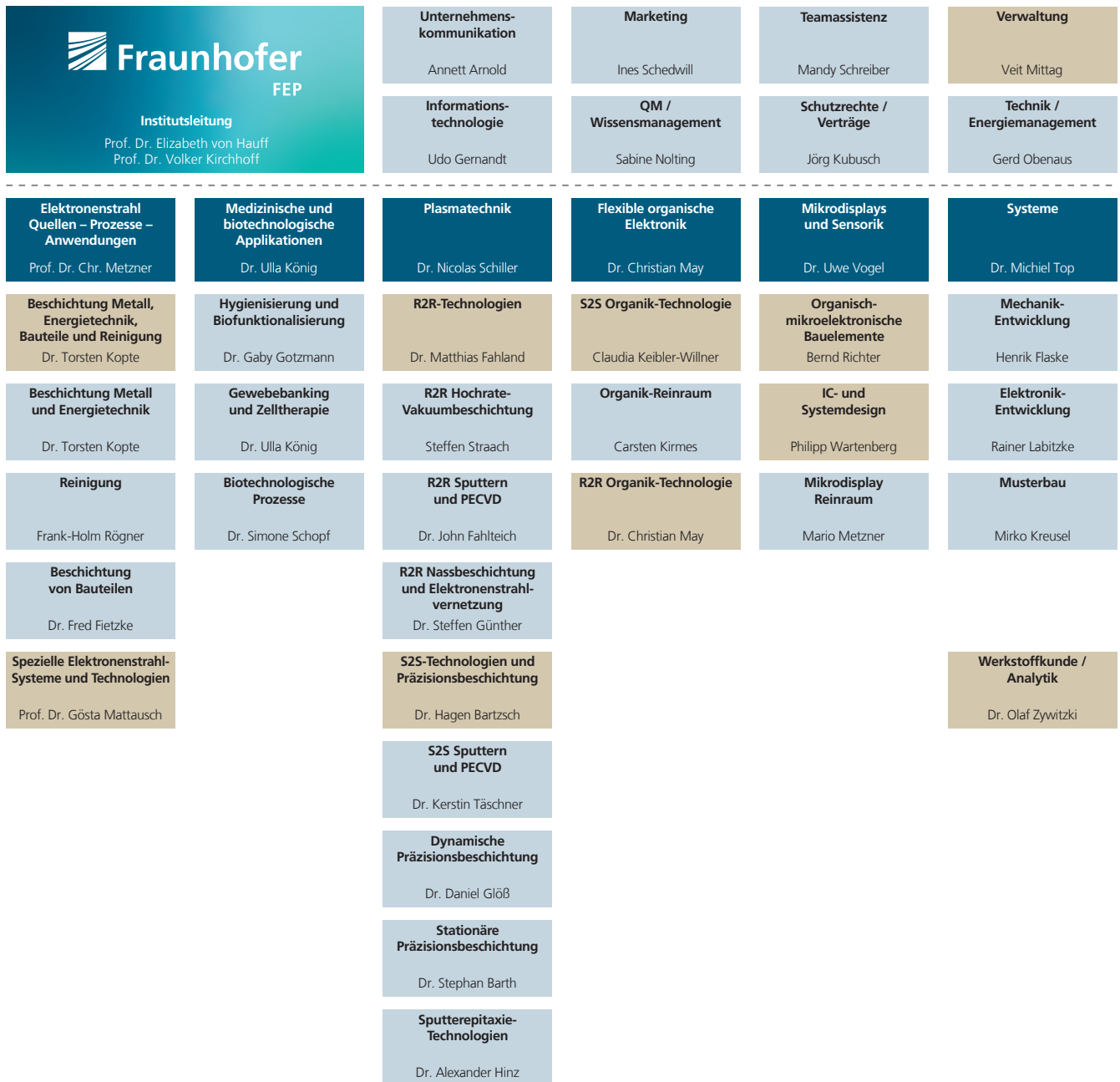
ehem. Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft

Diese Liste stellt den Stand zum Jahresende 2021 dar. Für eine aktuelle Version besuchen Sie bitte unsere Webseite unter:

 <https://s.fhg.de/D83>



# Organigramm



Bereich
  Abteilung
  Gruppe

Das abgebildete Organigramm stellt den Stand von 08/2021 dar. Eine aktuelle Fassung finden Sie auf unserer Webseite unter:

 <https://s.fhg.de/mw9>

# Das Institut in Zahlen

## Finanzierung

Das Fraunhofer FEP konnte durch direkte Aufträge aus der Industrie 11,5 Mio. € erwirtschaften. Aus öffentlichen Projekten, gefördert von EU, Bund und Ländern, wurden Erträge in Höhe von 9,8 Mio. € erzielt. Davon konnte ein Anteil in Höhe von 4,6 Mio. € durch öffentlich geförderte Projekte gemeinsam mit mittelständigen Unternehmen eingeworben werden. Der Grundfinanzungsverbrauch lag bei 7,6 Mio. € im Betriebshaushalt.

## Investitionsaufwand

Der Gesamtaufwand aus Betriebs- und Investitionsaufwand betrug 28,8 Mio. €. Im Betrachtungszeitraum wurden 1,3 Mio. € in Gerätetechnik, Bau und Infrastruktur investiert.

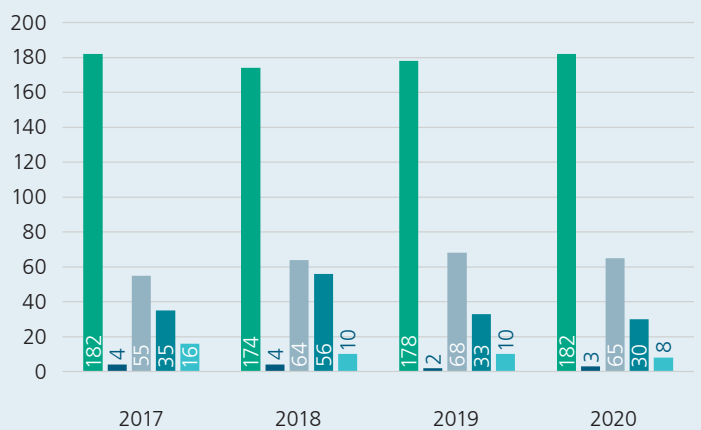
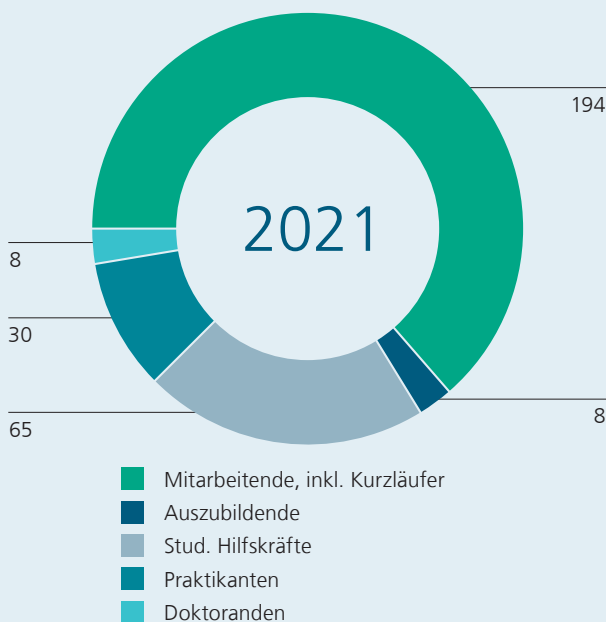
## Personal- und Sachaufwand

Der Anteil der Personalaufwendungen belief sich auf 13,9 Mio. €, dies entspricht 50,5 Prozent des Betriebshaushalts in Höhe von 27,5 Mio. €. Der Sachaufwand betrug 11,5 Mio. €.

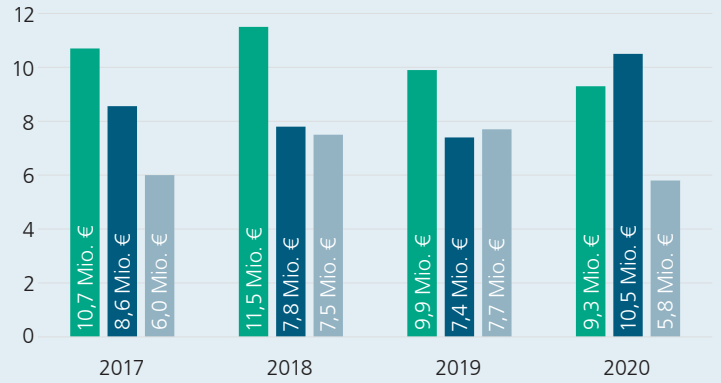
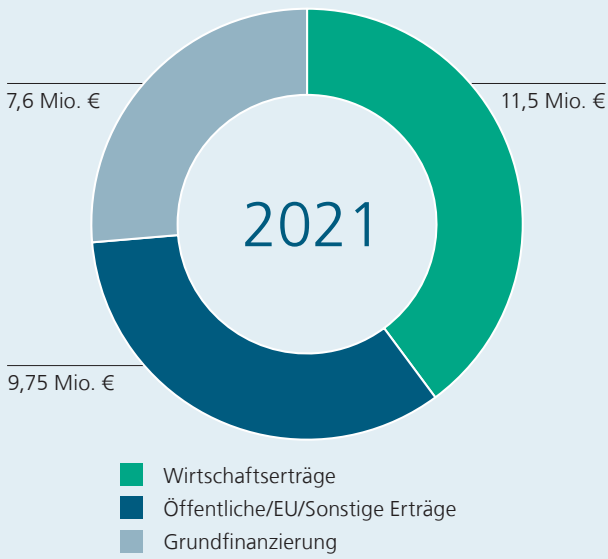
## Personalentwicklung

Im vergangenen Jahr waren 194 Mitarbeitende, davon 8 Auszubildende, und zusätzlich 30 Praktikanten sowie 65 wissenschaftliche Hilfskräfte im Institut tätig. Von den 72 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die als Wissenschaftler beschäftigt waren, arbeiteten 15 Mitarbeitende zusätzlich an ihren Promotionsthemen. Der Frauenanteil im Wissenschaftsbereich betrug 23 Prozent.

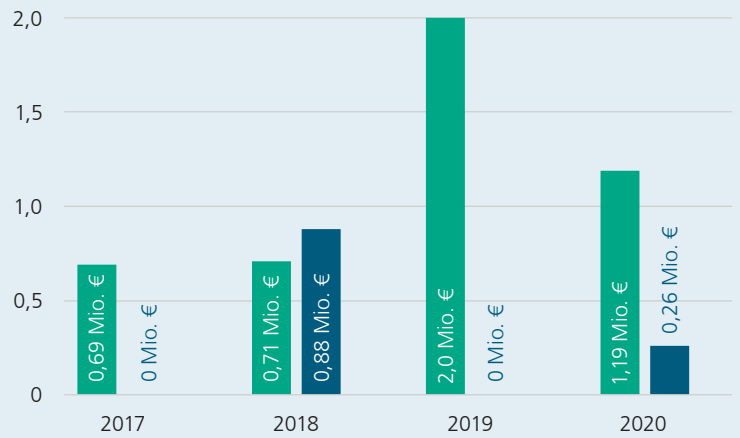
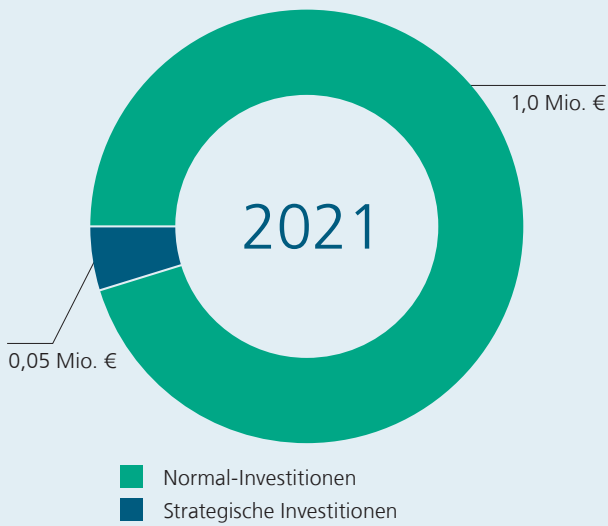
## Personalentwicklung



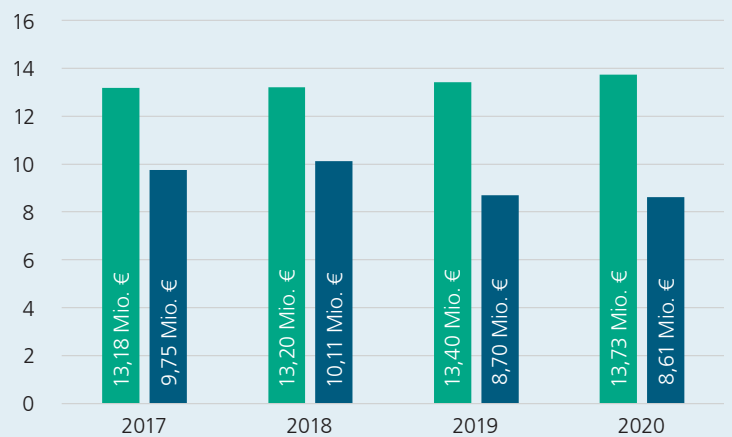
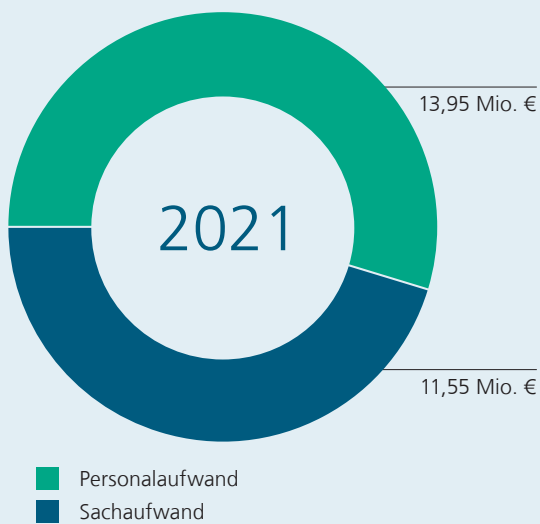
### Finanzierung



### Investitionsaufwand



### Personal- und Sachaufwand





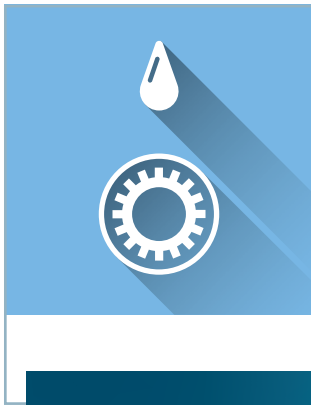
# Aus der Forschung

---

Geschäftsfelder .....	15
Beschichtung von Bauteilen .....	17
Beschichtung von metallischen Platten und Bändern, Energietechnik .....	19
Entwicklung von Elektronenstrahlssystemen und -technologien .....	21
Flexible Organische Elektronik .....	23
Flexible Produkte .....	25
Medizinisch-Biotechnologische Applikationen .....	27
Mikrodisplays und Sensorik .....	29
Präzisionsbeschichtung .....	31
Systeme .....	33
Werkstoffkunde/Analytik .....	35



# Geschäftsfelder



**Dr. Fred Fietzke**

Beschichtung von Bauteilen

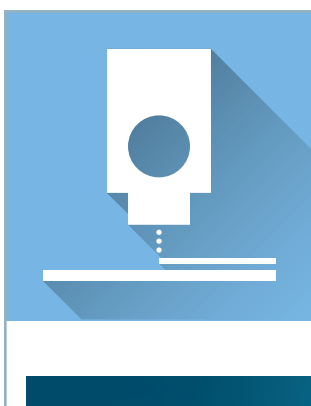
Telefon +49 351 2586-366  
fred.fietzke@fep.fraunhofer.de



**Dr. Torsten Kopte**

Beschichtung von metallischen Platten  
und Bändern, Energietechnik

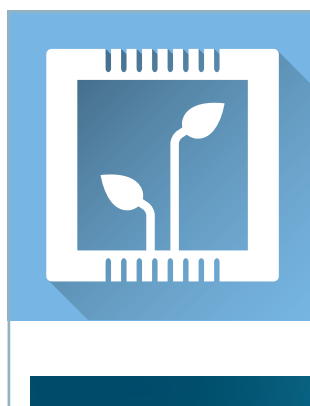
Telefon +49 351 2586-120  
torsten.kopte@fep.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Gösta Mattausch**

Entwicklung von Elektronenstrahlssystemen und  
-technologien

Telefon +49 351 2586-202  
goesta.mattausch@fep.fraunhofer.de

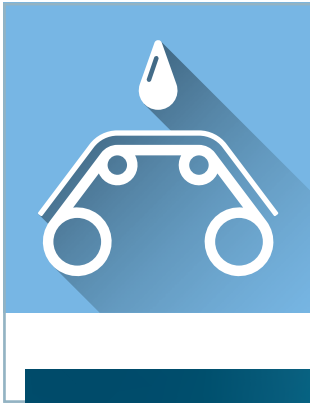


**Dr. Christian May**

Flexible Organische Elektronik

Telefon +49 351 2586-220  
christian.may@fep.fraunhofer.de





**Dr. Matthias Fahland**

Flexible Produkte

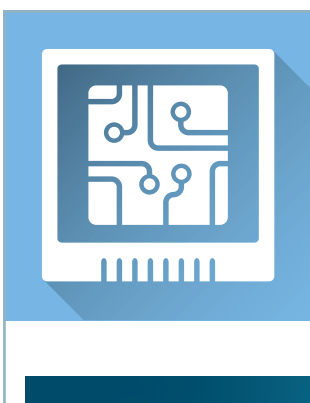
Telefon +49 351 2586-135  
matthias.fahland@fep.fraunhofer.de



**Dr. Ulla König**

Medizinisch-biotechnologische Applikationen

Telefon +49 351 2586-360  
ulla.koenig@fep.fraunhofer.de



**Dr. Uwe Vogel**

Mikrodisplays und Sensorik

Telefon +49 351 2586-160  
uwe.vogel@fep.fraunhofer.de



**Dr. Hagen Bartzsch**

Präzisionsbeschichtung

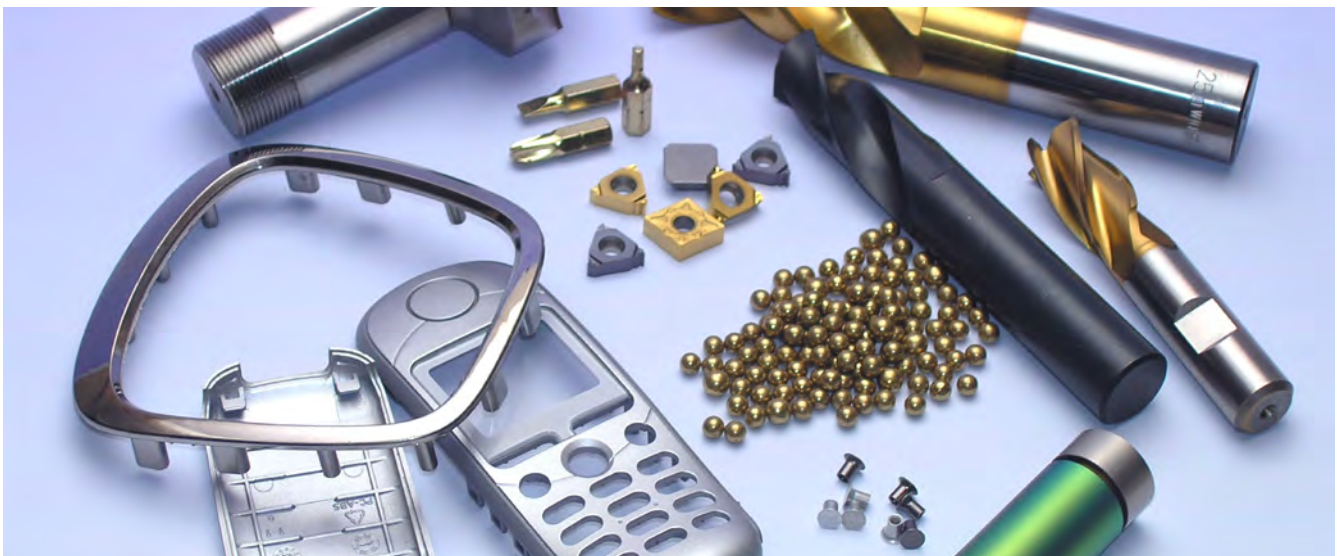
Telefon +49 351 2586-390  
hagen.bartzsch@fep.fraunhofer.de

# Beschichtung von Bauteilen

Die PVD-Beschichtung von Werkzeugen und Bauteilen mit reibungs- und verschleißmindernden Schichten sowie zum Zwecke des Korrosionsschutzes hat eine lange Tradition am Fraunhofer FEP. Für Anwendungen in der Gebrauchsgüterindustrie sowie der Energie- und Medizintechnik werden zudem Schichten mit spezifischen optischen und elektrischen Eigenschaften, Biokompatibilität sowie Kratz- und Abriebbeständigkeit abgeschieden.

Überall werden hohe Anforderungen an die Schicht- und Prozessentwicklung gestellt, wobei stets Randbedingungen wie die thermische Belastbarkeit der Substratmaterialien, die komplexe Struktur mancher Teile oder die Rauheit additiv gefertigter Strukturen zu berücksichtigen sind. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Beschichtung von Kleinteilen als Schüttgut, z. B. für den Korrosionsschutz von Fügelementen oder die Funktionalisierung von metallischen, keramischen oder glasartigen Granulaten und Pulvern.

Als Beschichtungstechnologien kommen neben dem Puls-Magnetron-Sputtern in Einzel-, Doppel- und Mehrquellenanordnung vor allem die Hochrate-Elektronenstrahl- sowie die thermische Verdampfung zum Einsatz. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Entwicklung und Applikation von Plasmaquellen für die Substratvorbehandlung sowie die physikalische und chemische Dampfabscheidung.



# Aluminium-basierter Korrosionsschutz für die Luftfahrt

**Kontakt:** Dr. Fred Fietzke | Tel. +49 351 2586-366 | fred.fietzke@fep.fraunhofer.de

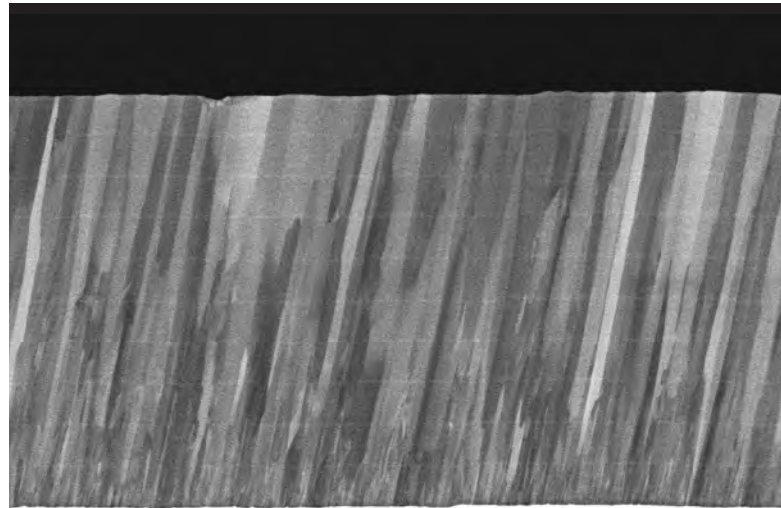
Im Projekt »ProAlu« haben sich Forschungseinrichtungen und Unternehmen zusammengeschlossen, um aluminiumbasierte Korrosionsschutzschichten für die Luftfahrt zu entwickeln. Das Fraunhofer FEP ist mit aufgedampften und gesputterten Mehrlagenschichten beteiligt.

Korrosion ist nach wie vor ein branchenübergreifendes Problem und verursacht allein in Deutschland einen volkswirtschaftlichen Schaden von jährlich mehr als 100 Milliarden Euro. Gestiegene Anforderungen aus Umwelt- und Gesundheitsschutz (Leichtbau, alternative Antriebe, REACH-Verordnung) führen dazu, dass jahrzehntelang eingesetzte Materialien wie Cadmium und sechswertiges Chrom substituiert und durch möglichst noch wirksamere Schutzkonzepte ersetzt werden müssen.

In der Luftfahrtindustrie, wo überwiegend aluminiumbasierte Werkstoffe, aber auch hochfeste Konstruktions- und Verbindungselemente aus Stahl oder Titan eingesetzt werden, stehen deshalb Korrosionsschutzschichten aus Aluminium in Kombination mit geeigneten Legierungselementen im Fokus der Entwicklung.

Im Förderprojekt »ProAlu« wird untersucht, inwieweit die Selbstpassivierung des Aluminiums durch Zugabe geringer Mengen eines edleren Metalls unterdrückt und dem Aluminium dadurch eine kathodische Schutzwirkung, d. h. eine langsame Selbstaflösung zugunsten des darunterliegenden Konstruktionswerkstoffs – analog zu Zinkschichten, verliehen werden kann. Hierbei konzentrieren sich die Anstrengungen auf eine Beimengung von Zinn, welches nicht nur aus elektrochemischer, sondern auch aus werkstofftechnischer Sicht vorteilhaft ist, weil es mit Aluminium keine Mischphasen ausbildet. Allerdings stellen die geringe Schmelztemperatur und die hohe Diffusionsneigung des Zinns Herausforderungen für die eingesetzten PVD-Verfahren dar, denen nur mit einer speziell angepassten Prozessführung begegnet werden kann.

Als besonders vorteilhaft haben sich Mehrlagenschichten aus plasmaaktiviert aufgedampftem Rein-Aluminium



SU8000 5.0kV 8.4mm x5.00k PDBSE(CP) 10.0um

*Querschnitt einer Mehrlagen-Korrosionsschutzschicht aus Aluminium und Zinn*

© Fraunhofer FEP

und dünnen Zwischenschichten aus einer gesputterten Aluminium-Zinn-Legierung erwiesen. Nachdem deren Entwicklungspotential in elektrochemischen Untersuchungen bei beteiligten Projektpartnern nachgewiesen werden konnte, stehen nun Langzeittests der Korrosionsschutzwirkung sowie die Übertragung der an Flachproben gewonnenen Erkenntnisse auf Bauteile sowie als Schüttgut beschichtbare Verbindungselemente auf der Tagesordnung.

Das Projekt wird fortgesetzt und läuft noch bis September 2023.

Gefördert durch:



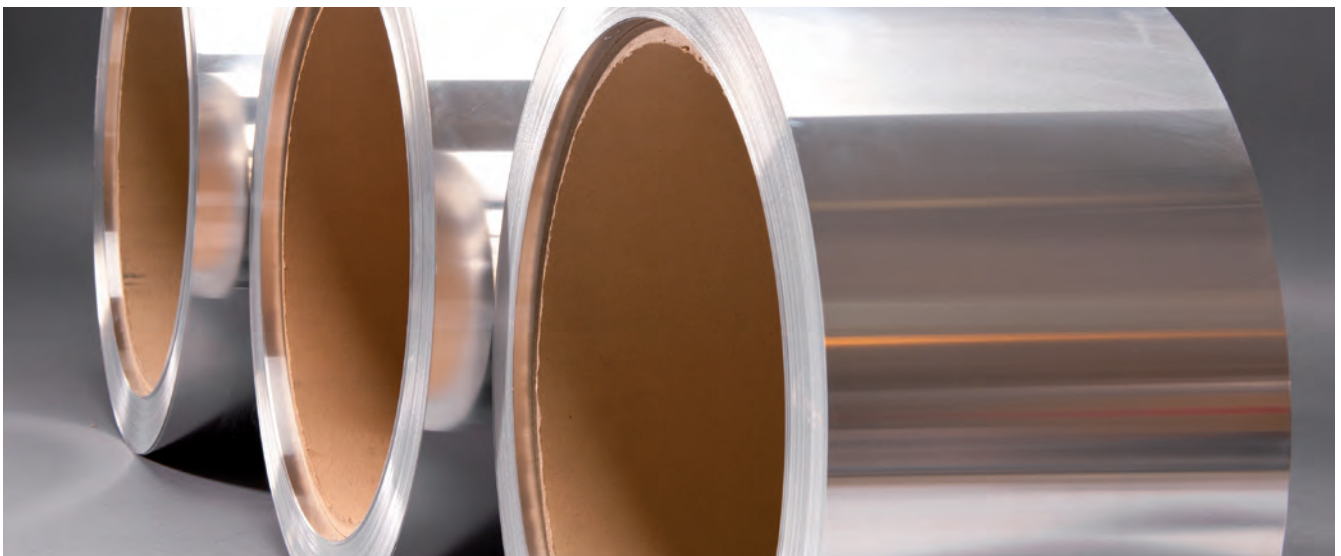
*Gefördert im Rahmen des  
Luftfahrtforschungsprogramms  
des Bundes (LuFo).  
Förderkennzeichen: 20W1921F*



# Beschichtung von metallischen Platten und Bändern, Energietechnik

Das Geschäftsfeld umfasst die Vakuumbeschichtung von Platten und metallischen Bändern für die verschiedensten Anwendungen in den Feldern Maschinenbau, Architektur, Verpackung, Transport, Beleuchtung und Umwelt. Korrosionsschutzschichten auf der Basis von Zink, Zinn oder Aluminium stellen hierbei eines unserer klassischen Tätigkeitsfelder im Bereich der Stahlbandbeschichtung dar. Auf dem Gebiet der Energietechnik beschäftigen wir uns mit verschiedenen Themen wie zum Beispiel der Photovoltaik, dem Transport und der Speicherung elektrischer Energie. Wir entwickeln Technologien zur Abscheidung dünner funktionaler Schichten für Hochleistungssolarzellen, verlustarme Kabel oder elektrische Energiespeicher.

Im Geschäftsfeld werden überwiegend Vakuum-Bedampfungsprozesse eingesetzt, da für die Beschichtung von Platten und metallischen Bändern meist ein hoher Flächendurchsatz und sehr wirtschaftliche Verfahren mit hoher Abscheiderate gefragt sind. Zur Verbesserung der Schichteigenschaften wurden spezielle Plasmaaktivierungsverfahren für die Bedampfung entwickelt, die für die Beschichtung großer Flächen mit hoher Abscheiderate angepasst wurden. Als Versuchs- und Pilotanlage steht die Inline-Vakuumbeschichtungsanlage für Platten und Metallbänder „MAXI“ zur Verfügung.



# Ressourceneffiziente Produktionsprozesse für Batterieanoden der nächsten Generation – nextBatt

**Kontakt:** Dr. Torsten Kopte | Tel. +49 351 2586-120 | torsten.kopte@fep.fraunhofer.de

Das Projekt nextBatt wurde durch ein Konsortium aus den Fraunhofer-Instituten FEP, IWS, ISE und IST initiiert und bearbeitet.

Ziel war es, technologische Grundlagen für neue ressourceneffiziente Produktionsprozesse für Batterieanoden zu schaffen.

Das Projekt nextBatt umfasste eine Reihe von Arbeitspaketen rund um das Thema Batterieanoden der nächsten Generation. Mitarbeitende des Geschäftsfeldes »Beschichtung von metallischen Platten und Bändern, Energietechnik« widmeten sich hierbei der Thematik der physikalischen Dampfabscheidung von reinen metallischen Lithium-Schichten. Ziel war die Durchführung grundlegender Untersuchungen zur Anwendbarkeit der thermischen Verdampfung zur Abscheidung von Lithium mit hoher Rate und großem Flächendurchsatz.

Eine sehr große Herausforderung beim Umgang mit Lithium besteht in seiner extrem hohen Reaktivität. Lithium reagiert nicht nur mit dem Sauerstoff in der Luft, sondern auch mit Stickstoff. Mit Wasser verbindet sich Lithium zu stark basischem Lithiumhydroxid unter Freisetzung von Wasserstoff. Diese Reaktion verläuft stark exotherm. Es wird deutlich, dass beim Arbeiten mit Lithium hohe Anforderungen an die Arbeitssicherheit zu stellen sind. Weiterhin kann Lithium nur unter einer inerten Atmosphäre gehandhabt werden. Hierfür wurde die an der Beschichtungsanlage vorhandene Glove-Box mit trockenem Argon gespült. So wurde die Anlage auch für Experimente mit luftempfindlichen Materialien, insbesondere Lithium, nutzbar gemacht. Die Expertise zum Handling dieser Materialien wurde ausgebaut.

Mit Blick auf eine industrielle Anwendung eines Verdampfungsprozesses ist eine möglichst einfache, quasi kontinuierliche Nachfütterung von Verdampfungsmaterial von Bedeutung. Da Lithium am Markt auch als Granulat verfügbar ist, wurde die Möglichkeit geschaffen, dieses Granulat mittels eines Transportsystems im Vakuum bei Bedarf dem Verdampfer zuzuführen.

Auf dieser Basis wurden Beschichtungsexperimente



*Tiegel mit Lithium-Granulat*  
© Fraunhofer FEP

durchgeführt und Lithium auf Metallplatten und dünnen Kupferfolien erfolgreich abgeschieden. Dabei konnte eine Beschichtungsrate bis zu 120 nm/s gezeigt werden, was in der verwendeten Anordnung einer dynamischen Abscheiderate von ca. 1  $\mu\text{m}$  m/min entspricht.

Die abgeschiedenen Lithiumschichten wurden an den Partnerinstituten Fraunhofer ISE und Fraunhofer IWS auf ihre Performance für Batterieanwendungen untersucht. Diese Untersuchungen lieferten vielversprechende Ergebnisse bzgl. Kapazität und Zyklenstabilität.

# Entwicklung von Elektronenstrahlsystemen und -technologien

Elektronenstrahlen sind äußerst vielseitige Werkzeuge für die Materialbearbeitung, Umwelttechnik, Oberflächenveredelung, medizinische wie technische Bildgebung, Prozesskontrolle und Analytik. Sie vereinen eine Fülle physikalischer, chemischer und biologischer Wirkungen mit hoher energetischer Effizienz, exzellenter Präzision und technologischer Flexibilität. Die intensive, lokal und zeitlich präzise kontrollierbare Erwärmung von Festkörpern durch fokussierte Elektronenstrahlen kann zum Schweißen, Mikrostrukturieren und Verdampfen (mit den höchsten technisch erzielbaren Raten) sowie für die Additive Fertigung und Bearbeitung komplexer Bauteile vorteilhaft genutzt werden. Chemische Effekte bewirken die energieeffiziente und hochproduktive Härtung von Lacken, Modifizierung von Kunststoffen, plasmachemische Synthesen sowie den Schadstoffabbau in Abwässern und Abgasen. Die biologischen Effekte umfassen einerseits antimikrobielle und fungizide Wirkungen. So lassen sich Medizinprodukte, wie Werkzeuge und Verpackungen, sicher sterilisieren. Die chemiefreie Desinfektion von Saatgut ist ein weiteres Anwendungsbeispiel mit hoher ökologischer Relevanz. Durch Elektronenbehandlung lassen sich aber auch Implantate biokompatibel funktionalisieren und biotechnologische Prozesse stimulieren.

In diesem breitgefächerten Geschäftsfeld entwickeln wir Elektronenstrahl-Quellen sowie deren für unterschiedliche Kundenanforderungen und Aufgaben optimierte Steuerungs- und Versorgungssysteme, qualifizieren aber auch neue Elektronenstrahl-Prozesse für innovative Anwendungen in Forschung und Produktion. Ziel sind anwendungsreife Gesamtlösungen für unsere Kunden – Technologien und Systeme aus einer Hand.





# Tandem-Hohlkathoden-Modul für die plasmaaktivierte Bedampfung von Turbinenschaufeln im SMART Coater

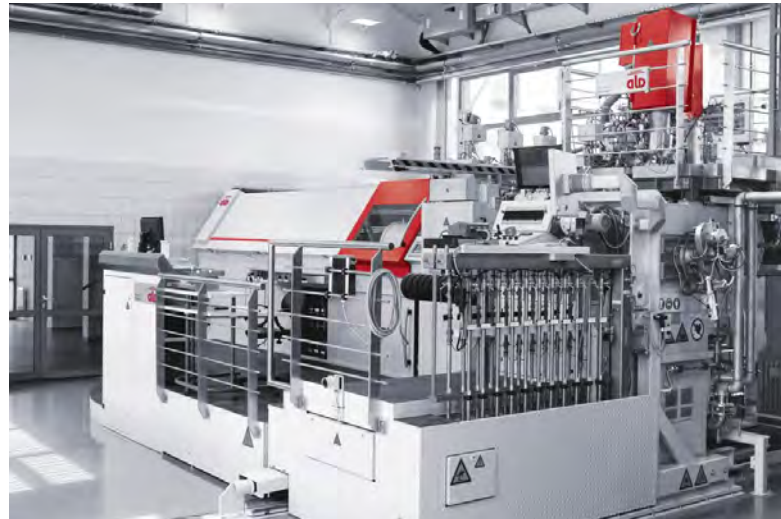
**Kontakt:** Prof. Dr. Gösta Mattausch | Tel. +49 351 2586-202 | goesta.mattausch@fep.fraunhofer.de

Durch Implementierung eines Hohlkathoden-Moduls in die Pilotanlage SMART Coater hat ALD Vacuum Technologies mit Fraunhofer FEP eine produktionsnahe Entwicklungsplattform für plasmaaktivierte EB-PVD-Technologien für Triebwerke der nächsten Generation realisiert.

Moderne Verkehrsflugzeuge haben den uralten Traum des Menschen vom Fliegen wahr werden lassen und verbinden heute in wenigen Stunden alle Kontinente der Erde. Gleichzeitig steht aber auch die Luftfahrt vor der Herausforderung, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen nachhaltig zu senken. Schlüssel dazu sind die weitere Steigerung des Wirkungsgrades und Kompatibilität neuer Triebwerksgenerationen mit „grünen“ Brennstoffen. Dazu kann Beschichtungstechnik wesentliche Beiträge leisten.

Seit mehr als 30 Jahren wird Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid (YSZ) als keramische Wärmedämmschicht (Thermal Barrier Coating, TBC) auf Turbinenschaufeln genutzt, um die Arbeitstemperaturen der Triebwerke zu steigern und den Treibstoffverbrauch zu reduzieren. Dabei hat sich die EB-PVD als das Vakuumbeschichtungsverfahren der ersten Wahl insbesondere für die Bauteile in den höchstbeanspruchten Sektionen der Turbinen etabliert. EB-PVD liefert bei hoher Aufwachsrate sehr gleichmäßige Schichten mit dendritischer Struktur und gut verankerten Fußpunkten sowie dichten und glatten Oberflächen.

Neue Triebwerkskonzepte und nichtfossile Brennstoffe zielen nun auf eine weitere Absenkung der Wärmeleitfähigkeit und erhöhte Lebensdauer der TBC-Schichten, gesteigerte chemische Beständigkeit (z. B. gegen Vulkanasche, CMAS) und den Schutz nichtmetallischer Leichtbauteile (Kohlenstoff-Matrix-Komposite, CMC) gegen Umwelteinflüsse (Environmental Barrier Coatings, EBC). Dies erfordert komplexere Schichtsysteme, wobei neben der Zusammensetzung immer auch deren definierte Morphologie eine entscheidende Rolle spielt, die aus wirtschaftlichen Gründen zudem bei gesteigerten Beschichtungsraten, höheren Drücken und reduzierten Substrattemperaturen erzielt werden soll.



*SMART Coater – Pilotproduktionsanlage und Plattform für die Entwicklung von EB-PVD-Technologien zur Beschichtung von Turbinenschaufeln an der Technischen Universität Rzeszow.  
© ALD Vacuum Technologies GmbH*

Die langjährigen Entwicklungen und Kompetenzen des Fraunhofer FEP auf diesem Arbeitsgebiet ließen erwarten, dass derartige Anforderungen durch Aktivierung des EB-PVD-Prozesses, also Ionisation und Anregung der schichtbildenden Spezies mittels dichter Bogenentladungsplasmen, erfüllbar sind. Aufgrund des großen Interesses auch seitens der Endanwender hat deshalb der Anlagenhersteller ALD Vacuum Technologies GmbH das Fraunhofer FEP mit der Entwicklung und Integration eines gepulsten Tandem-Hohlkathoden-Moduls beauftragt sowie eine Testplattform für technologische Versuche bereitgestellt. Die Wahl fiel auf die ALD-Pilotanlage SMART Coater, die in der Technischen Universität Rzeszow (Polen) betrieben und zur Qualifizierung neuer Prozesse und Schichtsysteme genutzt wird, wobei die spätere Übertragbarkeit der Technologie auf hochproduktive ALD-Großanlagen ein wichtiges Kriterium ist.

Überführung, Inbetriebnahme und Leistungsnachweis des neuen Plasmaaktivierungs-Moduls für den SMART Coater konnten trotz erschwelter Bedingungen aufgrund der COVID-Pandemie planmäßig absolviert werden. Dieser Erfolg wurde maßgeblich durch die nach nun schon fünfzehnjähriger Zusammenarbeit gut aufeinander eingespielten Teams von ALD und Fraunhofer FEP sowie der TU Rzeszow ermöglicht. Erste experimentelle Ergebnisse sollen im Juni 2022 auf der Konferenz Thermal Barrier Coatings in Irsee (Deutschland) vorgestellt werden.



# Flexible Organische Elektronik

Technologien, Prozesse und Applikationen für Bauelemente mit organischen Halbleitern stehen im Fokus der Entwicklungsarbeiten. Für kundenspezifische Forschungsprojekte bietet das Geschäftsfeld ein umfassendes Leistungsangebot entlang der gesamten Wertschöpfungskette für organische Leuchtdioden, organische Photodioden, organische Feldeffekttransistoren, organische und Perowskit-Solarzellen sowie degradierbare Elektronik, besonders auf größeren Flächen.

Es stehen dazu verschiedene Beschichtungstechnologien, wie die Vakuumverdampfung, die Atomlagenabscheidung als auch Druck-, Laminations- und Laserstrukturierungsverfahren zur Verfügung. Die Entwicklung findet sowohl mit Einzelsubstraten als auch in Rolle-zu-Rolle statt und betrifft die Herstellung von Demonstratoren als auch die Evaluierung von Materialien und Prozessen.

2021 nahm der EU-geförderte Innovationshub PhotonHub Europe seine Arbeit auf. Die beteiligten Institute zielen darauf ab, europäische Expertise, Technologie-Know-how und Ausstattung zu bündeln, um die Anwendung von Photonik-Technologien durch die europäische Industrie zu beschleunigen. Wir werden die Innovationsaktivitäten von PhotonHub Europe mit unserem Know-how entlang der gesamten Wertschöpfungskette für (großflächige) organisch-elektronische Bauelemente unterstützen.



# Biodegradierbare RFID-Antennen

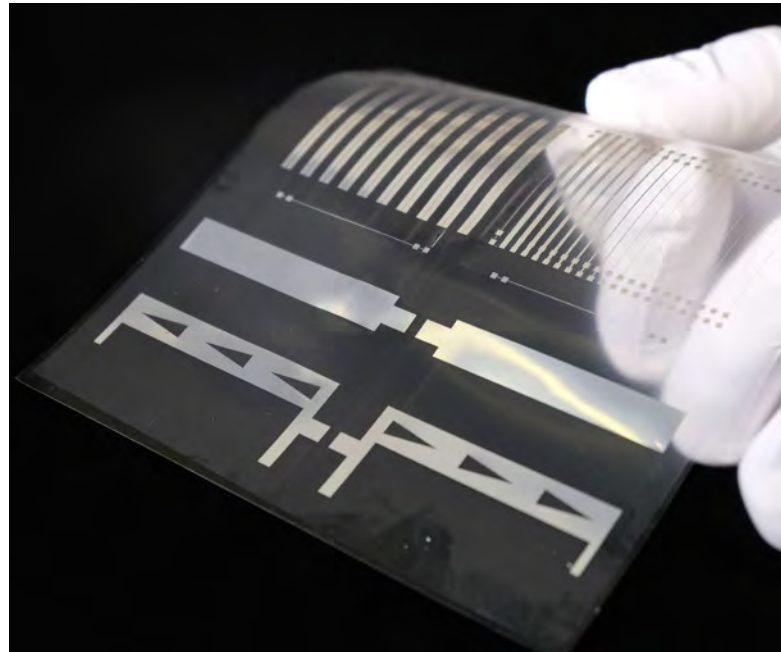
**Kontakt:** Dr. Christian May | Tel. +49 351 2586-220 | christian.may@fep.fraunhofer.de

Im Projekt »BiobasedTag« wurde die Machbarkeit von im Vakuum abgeschiedenen Antennenstrukturen aus Magnesium auf biobasierten und biodegradierbaren Trägermaterialien zum Einsatz für RFID-Transponder erfolgreich evaluiert.

Aktuelle Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten zielen darauf, nicht nur biobasierte, sondern auch biologisch abbaubare Verpackungsmöglichkeiten zu schaffen. Dabei wird jedoch noch nicht berücksichtigt, dass in der Warenwirtschaft verschiedene Mechanismen zur Warenkennzeichnung eingesetzt werden, wie beispielsweise passive RFID-Einweg-Transponder. Durch den steigenden Einsatz der Transponder steigt auch die Anzahl der nicht mehr genutzten und in den Müll gelangenden Transponder. Derzeit werden diese Transpondersysteme aus nicht biobasierten Polymerfolien als polymere Trägerfolien hergestellt, die zumeist mit einer galvanisch abgeschiedenen Aluminiumschicht versehen sind.

Ziel ist die Entwicklung eines RFID-Transponders, der im Vergleich zum Marktstand einen deutlich verringerten ökologischen Fußabdruck aufweist. Für die Ausgangsmaterialien wird der Anteil biobasierter Materialien substanziell erhöht und das Gesamtprodukt sowohl einfach rezyklierbar als auch biologisch abbaubar (biodegradierbar) sein. Unser Ansatz bezieht sich dabei auf die materialintensiven Komponenten Substrat und Leiterstrukturen, besonders der Antenne. Zentrales Element ist die Verwendung des schnell degradierbaren und biologisch unbedenklichen Metalls Magnesium an Stelle von Aluminium im konventionellen Produkt.

Untersuchungen zur technischen Machbarkeit haben gezeigt, dass mit dem am Fraunhofer FEP etablierten und skalierbaren Prozess der Vakuumabscheidung sich das angestrebte Antennenmaterial Magnesium auf verschiedenen kommerziellen biobasierten und biodegradierbaren Substratmaterialien abscheiden lässt. Die erreichten Leitfähigkeiten liegen in der Größenordnung der Bulk-Leitfähigkeiten und mit derzeitigen Schichtdicken von 200 nm werden Flächenwiderstände von



*Biodegradierbare Antennenstrukturen auf Mg-Basis*  
© Fraunhofer FEP

0,2–0,5 Ohm/sq erreicht. Eine Strukturierung des Antennenmaterials ist mit Schattenmasken möglich oder für potentiell beliebige Abscheideprozesse auch durch Laserstrukturierung.

Die Vakuumabscheidung der Antennenstrukturen ermöglicht eine verbesserte Ökobilanz für RFID-Transponder. Nächste Arbeiten werden sich mit der Aufskalierung in Rolle-zu-Rolle-Technologie beschäftigen.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

*Gefördert durch das Bundesministerium  
für Bildung und Forschung.  
Förderkennzeichen: 031B1031*

# Flexible Produkte

Flexible Materialien sind in vielen Anwendungen zu finden. Die entscheidenden Faktoren für den praktischen Einsatz sind neben der Freiheit in der Formgebung oft auch die geringe Dicke, damit verbunden das geringe Gewicht, oder eine hohe mechanische Robustheit der Materialien.

Der Kern des Geschäftsfeldes ist die Modifizierung der Oberflächeneigenschaften von flexiblen Materialien. Dafür stehen dem Fraunhofer FEP vielfältige Verfahren zur Verfügung. Eine herausragende Position nimmt die Rolle-zu-Rolle-Beschichtung ein. Dabei handelt es sich um ein hocheffizientes Fertigungsprinzip, das für die preiswerte Herstellung vieler Endprodukte unerlässlich ist. Beispiele dafür finden sich in verschiedenen Branchen. Stellvertretend seien die Lebensmittelverpackung oder die flexible organische Elektronik genannt.

Die Beschichtungen werden je nach Anwendung und Basistechnologie im Vakuum oder unter Atmosphärendruck aufgebracht. Sie zielen darauf ab, die Oberflächeneigenschaften den Einsatzbedingungen exakt anzupassen. Modifiziert werden die Leitfähigkeit der Oberfläche, die optischen Eigenschaften, die Diffusionseigenschaften für Gase und anderes mehr. Oft kommt es auch auf die richtige Kombination mehrerer Eigenschaften an.

Das Fraunhofer FEP ist in einzigartiger Weise in der Lage, Entwicklungsprojekte mit industriellen Kunden von der Konzeption über Machbarkeitsstudien bis hin zur Pilotfertigung und Prozessüberführung beim Projektpartner zu begleiten. Dafür stehen ein hochmotiviertes Team von Mitarbeitern und ein umfangreicher Anlagenpark für die Beschichtung und Charakterisierung der Materialien zur Verfügung.





# Rolle-zu-Rolle Fertigung von flexiblen OLED-Flächen- leuchten auf Ultradünnglas

**Kontakt:** Dr. Matthias Fahland | Tel. +49 351 2586-135 | matthias.fahland@fep.fraunhofer.de

Ziel im Projekt LAOLA war die Verwendung von Ultradünnglas als Substrat- und Verkapselungsmaterial. Das Beschichten, Laminieren und Vereinzeln wurde optimiert und in Form eines Demonstrators als Operationslampe veranschaulicht.

Die Rolle-zu-Rolle (RzR) Beschichtung organischer Elektronik bietet ein großes Potenzial für neuartige Produkte – speziell, wenn sie mit anderen Beschichtungstechnologien kombiniert wird.

Ein eindrucksvolles Beispiel dafür lieferte das 2021 abgeschlossene Projekt LAOLA (Large-area OLED lighting applications on thin flexible substrates). Ziel war es darin, blendfreie, homogene Lichtquellen zu entwickeln. Das erfolgte auf der Basis großflächig abgeschiedener Organischer Leuchtdioden (OLED), in Kombination mit transparenten, elektrisch leitfähigen Oxiden (TCO). Im Fokus der technologischen Entwicklung stand dabei die Verwendung von flexiblem Ultradünnglas. Aufgrund der hervorragenden Barriereigenschaften dieses Materials ergeben sich Vorteile gegenüber dem bisher üblichen Einsatz von Kunststoffen.

Im Projekt wurde eine am Fraunhofer FEP vorhandene Rolle-zu-Rolle Vakuum-Beschichtungsanlage von FHR Anlagenbau GmbH so umgebaut, dass das Handling, die Beschichtung und die Lamination von und mit Ultradünnglas (50 µm und 100 µm Dicke) im Vakuum realisiert werden konnte. Der Umbau des Metallverdampfers zur co-Verdampfung von Metallen wurde durch den Projektpartner CREAVAC-Creative Vakuumbeschichtung GmbH realisiert.

Es wurden Ca:Ag und Mg:Ag Mischschichten für die Anoden- oder Kathode mit unterschiedlichen Konzentrationen und Schichtdicken abgeschieden und optimiert. Ein wesentlicher Teil der Technologien wurde im Rahmen eines Internationalisierungsprojektes mit japanischen Einrichtungen (z. B. der Yamagata Universität, Nippon Electric Glass) bearbeitet. Das Sputtern von TCO Schichten



*Prototyp einer Operationsleuchte mit OLED auf ultradünnem Glas und LED*

© gpoinstudio / shutterstock & WOLFRAM Designer und Ingenieure

und die Siebdruck-Strukturierung sind Verfahren, die hohe Stabilitätsanforderungen an das Substratmaterial aufweisen. Das Tempern der Druckpasten bei Temperaturen von ~140 °C und die anschließende Reinigung zum Entfernen der Ätzsiebdruck Pasten Reste erfolgte alles im RzR Verfahren und konnte im Projekt optimiert werden. Neben den technologischen Entwicklungen wurden innerhalb von LAOLA auch passende Anwendungen betrachtet.

Der Partner Wolfram Designer und Ingenieure entwarf eine neuartige Operationstischbeleuchtung, die eine Kombination von hoch effizienten LED Strahlern in der Nabe der OP Leuchte mit blendfreien Flächen OLEDs (Größe: 200 × 80 mm<sup>2</sup>), verbaut in 6 Flügelementen kombiniert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

*Gefördert durch das Bundesministerium  
für Bildung und Forschung.*

*Förderkennzeichen: 03INT509AF*

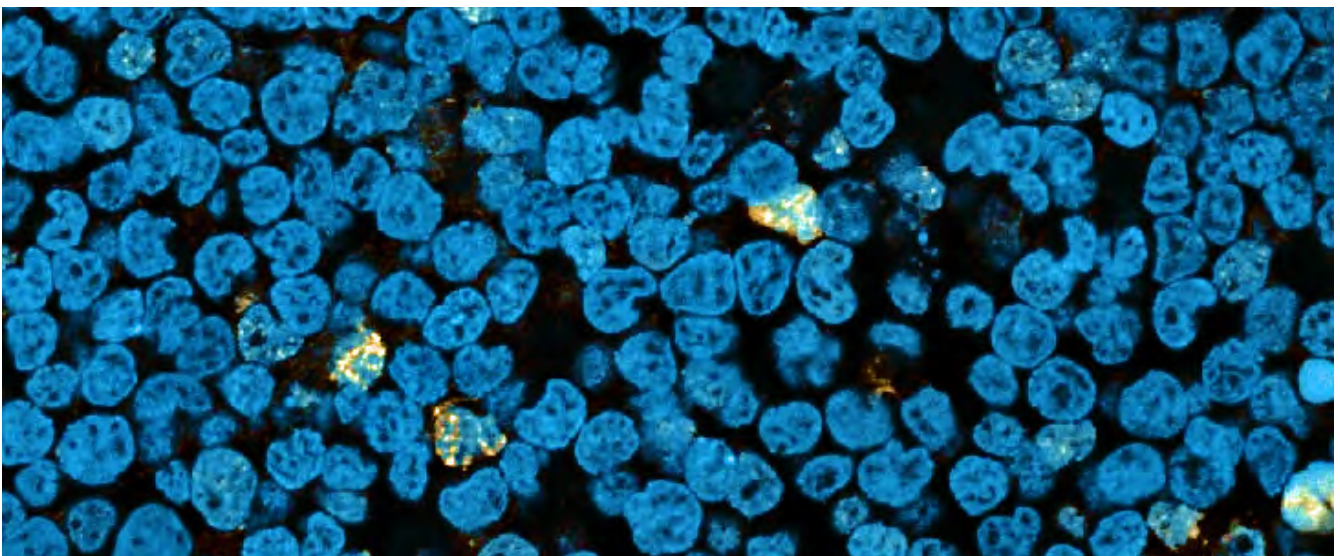


# Medizinisch-Biotechnologische Applikationen

Aufgrund der anhaltenden pandemischen Lage standen auch weiterhin Forschungsaktivitäten zur Hygienisierung und Impfstoffherstellung im Fokus. Eingebunden in zwei Fraunhofer-interne Anticorona-Clusterprojekte wurden einerseits neuartige antivirale Beschichtungen einschließlich umfassender biologischer Analytik entwickelt sowie innovative Desinfektionssysteme realisiert, die hinsichtlich ihrer Desinfektionswirkung verifiziert wurden.

Niederenergetische nichtthermische Elektronenstrahlprozesse können als alternative und schonende Technologie in diverse Life Science Bereiche integriert werden. Beschleunigte Elektronen sind nicht nur ein effektives Werkzeug zur selektiven Oberflächenmodifizierung und Sterilisation, sondern ein wegweisender Ersatz für eine chemikalienfreie Impfstoffherstellung. Für ein effizienteres und umweltfreundlicheres Herstellungsverfahren von Vakzinen wurde dem Kooperationsteam aus den Fraunhofer-Instituten IZI, IPA und FEP 2021 der Fraunhofer-Preis verliehen. Zusammen mit einem Industriepartner wird gegenwärtig der erste benutzerfreundliche Prototyp für die pharmazeutische Produktion konzipiert.

Die anlagenspezifische Weiterentwicklung der niederenergetischen Elektronenstrahltechnologie für wässrige Systeme schreitet mit der Miniaturisierung von Elektronenstrahlquellen voran, die für verschiedene biotechnologische Verfahren in Bioreaktoren einsetzbar sind. Neue Forschungsaktivitäten beschäftigen sich mit der biopositiven Wirkung beschleunigter Elektronen auf Mikroorganismen und Zellen, wodurch Prozesse wie das Bioleaching maßgeblich unterstützt werden können.



# Entwicklung und Bewertung autonomer Reinigungs- und Desinfektionstechnologien

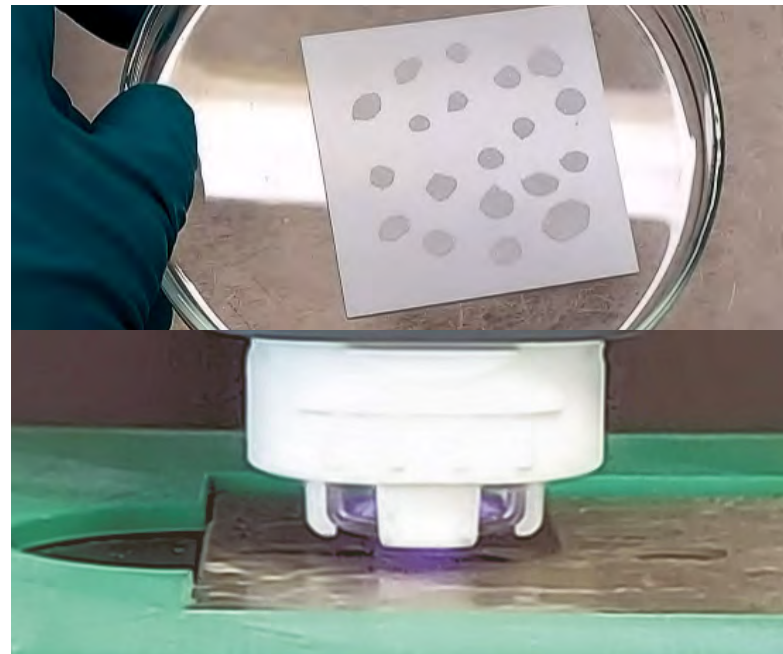
**Kontakt:** M. Sc. Linda Steinhäuser | Tel. +49 351 2586-357 | linda.steinhaeuser@fep.fraunhofer.de

Im Projekt MobDi wurden robotische Lösungen für die autonome, effiziente und schonende Reinigung und Desinfektion von Oberflächen in Gebäuden und im Personenverkehr sowie für den automatisierten und hygienegerechten Warentransport entwickelt.

Ein Schlüssel im Kampf gegen Krankheitserreger und der nach wie vor anhaltenden Pandemie besteht darin, die Ansteckungsgefahr zu minimieren. Etwa 80 Prozent der Infektionen werden durch Kontakt mit Händen und Gegenständen übertragen. Bei der Desinfektion von Oberflächen ist die richtige Durchführung der entscheidende Faktor. Reinigungsroboter können vor allem in Bereichen mit hoher Fluktuation und häufig berührten Oberflächen nützlich sein.

Dieser Herausforderung nahm sich das Fraunhofer-interne Anticorona-Clusterprojekt »Mobile Desinfektion« (MobDi) an, in dem die zwölf beteiligten Fraunhofer-Institute neue Hardware- und Softwarelösungen für mobile Serviceroboter entwickelten und bewerteten. Das Fraunhofer FEP fungierte als Schnittstelle zwischen Biologie und Technik und war für die anwendungsrelevante, mikrobiologische Bewertung des oberflächenspezifischen Kontaminationsgrades verantwortlich.

Das Ziel bei der Entwicklung der Desinfektionswerkzeuge des Roboters bestand darin, geeignete Parameter zur wirksamen Abtötung von Krankheitserregern zu finden, welche sowohl kosten- und zeiteffizient als auch materialschonend sind. Für den Einsatz auf dem Roboter wurden ein UV-LED-Strahler und ein Plasma-Jet entwickelt, sowie ein Trockendampfsauger modifiziert. Mit den etablierten Desinfektionswerkzeugen konnte ein Desinfektionsgrad bis zu 99,999 Prozent (5 log-Stufen) nachgewiesen werden. Die kombinierte UV-Plasma-Desinfektion bewirkte einen synergetischen Effekt. Eine gezielte und situationsspezifische Reinigung und Desinfektion ist aufgrund intelligenter Wahrnehmungsfunktionen des Roboters möglich. Mithilfe eines multimodalen 3D-Sensors können Objekte und deren Material selbstständig durch den Roboter erkannt werden. Anhand der im Projekt generierten



*Etablierung anwendungsrelevanter Kontaminationsszenarien durch mikrobielle Vorverkeimung von Kunststoffoberflächen mit anschließender Desinfektion durch Behandlung mit Atmosphärendruckplasma*  
© Fraunhofer FEP

Daten kann der Roboter anschließend das geeignetste Desinfektionswerkzeug zur Reinigung des Objekts auswählen. In einem mehrschichtigen Umgebungsmodell werden alle benötigten Informationen zusammengeführt, sodass der Roboter seine Reinigungsabläufe selbstständig planen kann. Weitere Sensoren ermöglichen ein risikofreies Manövrieren des Roboters auch in Anwesenheit von Personen, sodass ein Einsatz auch in hochfrequentierten Bereichen möglich ist. Die hygienegerechte Gestaltung des Roboters und Konzepte zur Selbstreinigung verhindern, dass der Roboter selbst zum Kontaminationsrisiko wird.

*Gefördert im Rahmen der Internen Programme der Fraunhofer-Gesellschaft.  
Förderkennzeichen: Anti-Corona 840264.*

# Mikrodisplays und Sensorik

Das Geschäftsfeld „Mikrodisplays und Sensorik (MS)“ bietet seinen Kunden F&E auf den Gebieten von Bauelemente-Entwurfs und Fertigungs-Technologien basierend auf organischen und anorganischen Halbleitern, z. B., organische Leuchtdioden (OLED), Photodetektoren,  $\mu$ LED, die in Silizium-CMOS- und MEMS-Untergründe integriert werden.

Dabei fokussieren wir auf CMOS-IC-Design (Backplane), Backplane-Fertigung bei kommerziellen Silicon Foundries sowie Definition und Herstellung der Frontplane (z. B. Emitter-, Absorber) und bieten Prototypen und Pilot-Fertigung an. Die aktuell wichtigste Technologie ist OLED-on-Silicon, welche die Basis für OLED-„Mikrodisplays“ bildet. Für „Sensorik“-Anwendungen wird diese u. a. mit zusätzlichen sensorischen Komponenten ergänzt (z. B. material- und ionen-selektive Farbstoffe), um daraus z. B. pH-, Sauerstoff oder Kohlendioxid-Konzentrationen in Gasen oder Flüssigkeiten bestimmen zu können.

Die Kenntnis der System-Integration (z. B. Datenbrille) sowie Applikationen (z. B. Motorradhelm head-up-display) ist von Bedeutung zur Entwicklung innovativer Eigenschaften (z. B. Helligkeit, Farbraum, Lebensdauer, Auflösung, Schaltgeschwindigkeiten, spektrale Empfindlichkeit). Dieses Verständnis bildet die Grundlage der Kooperation mit Anwendern, System-integratoren und Zulieferern.



# Mehrfarbiges OLED-Mikrodisplay mit geringster Stromaufnahme

**Kontakt:** Dr. Uwe Vogel | Tel. +49 351 2586-160 | uwe.vogel@fep.fraunhofer.de

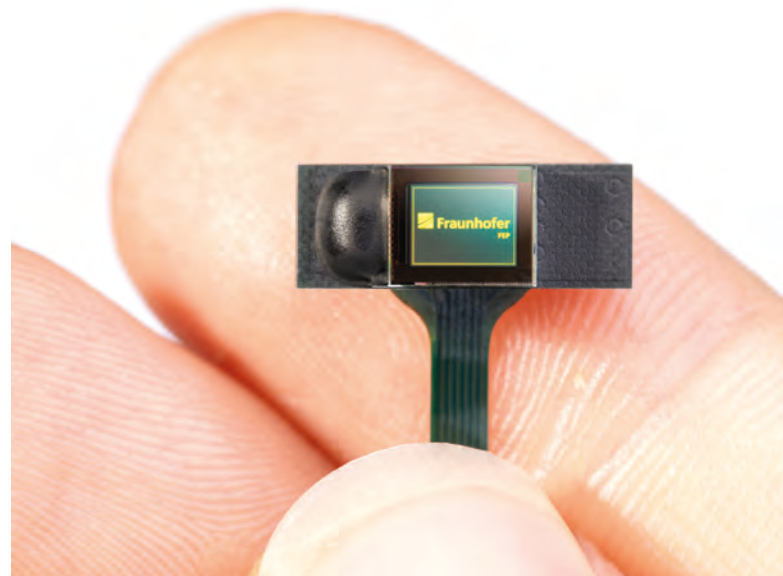
Fraunhofer FEP hat ein mehrfarbiges ultra-low power (ULP) OLED-Mikrodisplay realisiert, das den geringsten Stromverbrauch weltweit aufweist und gegenüber bisherigen monochromen einen deutlich erweiterten Anwendungsbereich ermöglicht.

Wearables sind inzwischen weit verbreitet. Als Fitnessarmbänder messen sie Körperwerte beim Sport. In der Industrie werden umständliche Handbücher durch Anzeige in Daten-Brillen ersetzt. Beim Radfahren sitzt Navigation kaum sichtbar als winziges System direkt vor dem Auge und leitet uns, wohin wir möchten. Selbstverständlich dürfen diese Systeme nur wenig Strom verbrauchen, man will ja nicht zwischendurch vom Rad steigen und das System nachladen.

Dafür wurde eine ULP Mikrodisplay-Plattform für Wearables mit einem äußerst geringen Stromverbrauch entworfen, die auf „OLED-auf-Silizium“-Technologie beruht. Diese OLED-Mikrodisplays waren bisher nur monochrom verfügbar, was für einfache Informationsanzeigen ausreichte. Für weitere Einsatzgebiete wurde jetzt innerhalb des Projektes „BACKPLANE“ ein mehrfarbiges OLED-Mikrodisplay erforscht, welches den Farbraum von grün, rot und deren Mischfarben wiedergeben kann und dennoch weniger Strom benötigt. Das erlaubt schnell erfassbare visuelle Signale durch rote und grüne Farben, z. B. als Warnsignale in Feuerwehr-Helmen oder für Kraftfahrer. Ein Schweißer kann das Wärmebild an einer Schweißnaht verfolgen oder eine Krankenschwester in Schutzkleidung mit integrierter Sensorik sieht sofort, ob der Patient Fieber hat.

Die Visualisierung von Wärmeunterschieden war mit den bisher verfügbaren monochromen ultra-low power Mikrodisplays nicht möglich. Daher wurde ein innovatives Displaykonzept erarbeitet, das durch die Halbierung der Pixelgröße Mehrfarbigkeit, höhere Datenraten und extrem kompakte Bauart erlaubt. Die Wissenschaftler freuen sich nun, mit Industriekunden die Möglichkeiten der neuen Displaygeneration zu diskutieren und sie auf deren Anforderungen hin anzupassen.

In Zusammenarbeit mit GLOBALFOUNDRIES Dresden, Module One LLC & Co. KG und digades GmbH forscht das



Ultra-low power OLED-Mikrodisplay

© Fraunhofer FEP, Fotografin: Claudia Jacquemin

Fraunhofer FEP aktuell an einer Lösung für energiesparende und hochauflösende OLED-Mikrodisplays und Qualitätskameras. Ziel ist eine ultra-low power Mikrodisplay-Backplane-Architektur in einem deep-submicron CMOS Prozess, um somit den bislang überwiegenden Flächenbedarf der Speicherelemente für statische RAM (SRAM) deutlich zu vermindern.



Europa fördert Sachsen.  
**EFRE**  
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Gefördert durch die Europäische Union und den Freistaat Sachsen.  
Förderkennzeichen: 100392259

STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT ARBEIT UND VERKEHR





# Präzisionsbeschichtung

Der Fokus unserer Technologieentwicklung liegt auf dem reaktiven Puls-Magnetron-Sputtern (PMS) zur Abscheidung von Verbindungsschichten. Präzision gefragt ist hier zum einen hinsichtlich einer sehr guten (bis zu  $\pm 0,5\%$ ) Homogenität der Schichtdicke auch über ausgehende Substrate, sowie der präzisen und reproduzierbaren Einstellung von mechanischen, optischen, elektronischen und weiteren Schichteigenschaften. Die in-Haus Entwicklung von Schlüsselkomponenten wie Magnetrons, gepulster Energieeinspeisung, Gasregelung und Prozesssteuerung ermöglicht dabei eine Technik und Technologie „aus einem Guss“.

Anwendungsbeispiele sind:

- Optische Interferenzschichtsysteme, auch lateral bzw. vertikal gradiert
- Piezoelektrische und ferroelektrische Schichten für Mikrosysteme (MEMS), Hochfrequenzfilter (BAW), Ultraschallmikroskopie, nichtflüchtige Speicher sowie Mikroenergiegewinnung
- Elektrische Isolationschichten für Sensoren (u. a. Bauteil-integriert), Elektronik, Photovoltaik
- Passivierungs-, Schutz- und Barrierschichten für Sensorik und Elektronik
- $\text{TiO}_2$ -Schichten mit photokatalytischen, antimikrobiellen und superhydrophilen Eigenschaften
- Epitaktisch gewachsene AlN- und GaN-Schichten für Anwendungen in Leistungs- und HF-Elektronik sowie LED.



# Inline-Magnetronspütern für optische Filter auf 2D- und 3D-Substraten u. a. für holographische Head-up-Displays

**Kontakt:** Dr. Daniel GlöB | Tel. +49 351 2586-374 | daniel.gloess@fep.fraunhofer.de

In der Präzisionsbeschichtungsanlage PreSens-Line wurden optische Filter auf verschiedenste 2D- und 3D-Substrate durch Inline-Magnetronspütern abgeschieden. Ein Beispiel für einen großflächigen Filter ist ein selektiver Spiegel für ein holographisches Head-up-Display auf einem Teil einer KFZ-Frontscheibe.

Für neue optische Anwendungen, wie z. B. für Head-up-Displays in Kraftfahrzeugen aber auch für neue auf Holografie basierende Displays ergeben sich hohe Anforderungen an die Beschichtungstechnologie und Anlagentechnik. Der daraus resultierende Entwicklungsbedarf wurde im Rahmen des Projektes 3D-FF, sowohl hinsichtlich der optischen Funktionalität der komplexeren Schichtstapel als auch hinsichtlich der Beschichtungstechnologie für große und gekrümmte Substrate auf der Präzisionsbeschichtungsanlage PreSensLine untersucht. Die optische Funktionalität als auch die hohen Homogenitätsanforderungen konnten dabei im Rahmen des Projektes demonstriert werden.

Durch Inline-Magnetronspütern können sehr gute Schichteigenschaften optischer Filter erzielt werden: geringe Absorption, geringe Streuung, geringe Schichtrauheit, geringe mechanische Schichtspannung und geringe Partikeldichte<sup>[1]</sup>. Das Verfahren ist auch zur Abscheidung hochanspruchsvoller Laserspiegel geeignet. Am Fraunhofer FEP stehen verschiedene Inline-Beschichtungsanlagen zur Verfügung, die zur Herstellung optischer Filter geeignet sind: ILA 750 (Substratgröße bis 450 × 400 mm<sup>2</sup>), ILA 900 (1200 × 600 mm<sup>2</sup>) und PreSensLine 780 × 680 mm<sup>2</sup>).

Mit der Präzisionsbeschichtungsanlage PreSensLine hat das Fraunhofer FEP die Möglichkeit, die Prozesse typischer durchsatzlimitierter Optikanlagen im Batchbetrieb auf eine dynamische Beschichtung und damit auf großflächige Substrate zu übertragen. In-situ einstellbare Trim-Shields und ein hochdynamischer Substratantrieb ermöglichen die gezielte laterale Gradierung der Schichten auf flachen Substraten oder die homogene Beschichtung auf gekrümmten Substraten. In der Anlage konnten so bereits verschiedenste optische Filter auf großen Substraten abgeschieden werden: Flachglassubstrate bis zur Größe 450 × 450 mm<sup>2</sup> mit Dicken



*Foto des Demonstrators für ein holographisches Head-up-Display mit beschichteter Frontscheibe (maximalen Kantenlänge 780 × 680 mm<sup>2</sup>), aufgebaut bei SeeReal Technologies GmbH*

© SeeReal Technologies GmbH

zwischen 2 mm und 19 mm und als gekrümmte Substrate gewölbte Glasscheiben, Teile von Autoverglasungen und – als bislang größtes Substrat – ein Teil einer Fahrzeug-Frontscheibe mit maximaler Kantenlänge 780 × 680 mm<sup>2</sup>. In den meisten Fällen wurden die optischen Filter als Antireflexionssysteme oder selektive Spiegel für Laser-Anwendungen benötigt. Der im Rahmen des Projekts 3D-FF hergestellte Filter auf der Frontscheibe war ein selektiver Spiegel für ein holographisches Head-up-Display, welches vom Projektpartner SeeReal Technologies entwickelt wird. Der optische Filter reflektiert einen Großteil des vom Projektionsystem emittierten Lichts, ohne dass die Sicht durch die Scheibe wesentlich beeinflusst wird. Bei SeeReal Technologies GmbH wurde ein entsprechender Demonstrator mit der von Fraunhofer FEP beschichteten Scheibe aufgebaut.



Gefördert aus Mitteln der Europäischen Union

Europa fördert Sachsen.  
**EFRE**  
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Gefördert durch die Europäische Union und den Freistaat Sachsen.  
Förderkennzeichen: 100354086

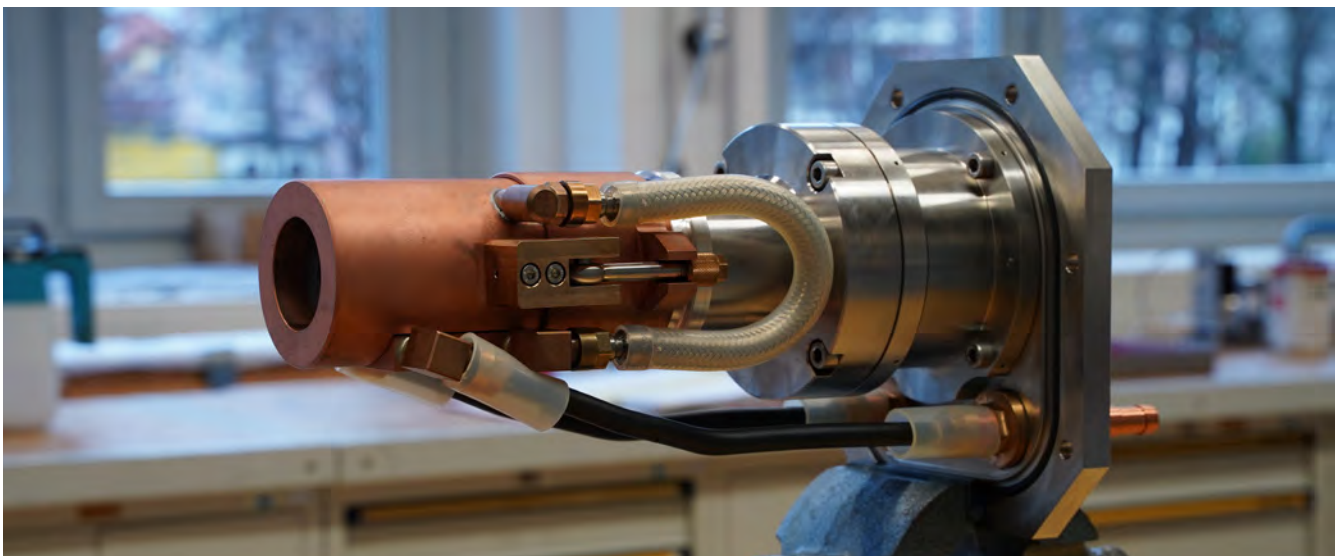
<sup>1</sup> Daniel Gloess et al., "Freeform and Laser Optical Coatings by Inline Magnetron Sputtering", Proceedings of Optical Interference Coatings Conference OIC 2019

# Systeme

Technologie- und Hardwareentwicklung gehen am Fraunhofer FEP Hand in Hand. Die innerhalb des Instituts benötigten Elektronenstrahl- und Plasmakomponenten sind oft am Markt nicht verfügbar und werden speziell gemäß den Anforderungen der Anwendung modifiziert und weiterentwickelt. Die Entwicklung und Realisierung dieser Hardware findet innerhalb des Bereiches »Systeme« statt. Ausgestattet mit einer Mechanik- und Elektronikentwicklung sowie der dazugehörigen Musterfertigung sind wir in der Lage, eine Idee von der Konzeption über die Entwicklung bis zur Realisierung abzubilden.

Die interne Entwicklung unserer Hardware ermöglicht eine enge Abstimmung mit den Prozessingenieuren während des gesamten Entwicklungsprozesses. Dadurch sind iterative Prozesse möglich und wir können schnell unser Ziel erreichen: eine Überführung in die Industrie. Unterstützende Tätigkeiten bei der Prozessentwicklung ermöglichen eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Schlüsselkomponenten des Fraunhofer FEP.

Zum Entwicklungsportfolio unserer technologischen Schlüsselkomponenten gehören Plasma- und Elektronenstrahlquellen für ein breites Anwendungsspektrum. Unsere Schlüsselkomponenten werden gemeinsam mit den am Fraunhofer FEP entwickelten Technologien bereits vielfältig in der Industrie eingesetzt.





# Doppel-Ring-Magnetron 400 (DRM 400)

**Kontakt:** Dr. Michiel Top | Tel. +49 351 2586-355 | michiel.top@fep.fraunhofer.de

Das Doppel-Ring-Magnetron 400 gehört zu unseren Schlüsselkomponenten. Im Jahr 2021 haben wir, getriggert durch erhöhte Anforderungen aus der Leistungselektronik, den ersten Prototypen für den Ultra-Hoch-Vakuumbereich, fertiggestellt und an unseren Anlagen in Betrieb genommen.

Ein erfolgreiches Beispiel unserer Schlüsselkomponenten ist das Doppel-Ring-Magnetron 400 (DRM 400). Über viele Jahre hinweg wurde das DRM 400 innerhalb des Fraunhofer FEP als Magnetron für die hochgenaue Beschichtung von optischen und elektrischen Schichtsystemen für Anwendungen im Bereich Sensorik, Elektronik und Interferenzoptik entwickelt. Die kontinuierliche Weiterentwicklung des Targets, Gaszufuhrsystems und Magnetsystems ergibt ein leistungsfähiges Werkzeug für die Beschichtungsindustrie.

Im Jahr 2019 wurde, getriggert durch erhöhte Anforderungen an die Reinheit der abgeschiedenen Schichten aus dem Anwendungsgebiet der Leistungselektronik, eine Weiterentwicklung des Magnetron für den Ultra-Hoch-Vakuumbereich gestartet. Eine wesentliche Herausforderung dabei war die Vielzahl an Vakuum-Durchführungen für Gas, Strom, In-line Sensorik und bewegten Teilen. Nach einer zweijährigen Entwicklung ist der erste Prototyp des DRM 400 Ultra-Hoch-Vakuum (UHV) bei uns am Institut in Betrieb genommen worden. Die Weiterentwicklung ermöglicht eine Verbesserung des Basisdruckes um eine Größenordnung gegenüber dem Standard DRM 400. Außerdem wurde in das Magnetron eine Hochleistungs-Targetkühlung integriert, die es ermöglicht, in einer Beschichtungsumgebung mit hoher Wärmelast (Substrattemperatur bis zu 1000 °C) und bei Sputterleistungen bis zu 6 kW die Oberflächentemperatur der Sputter-Targets auf Raumtemperatur zu halten. Dies ermöglicht es, ein Gallium-Target trotz des niedrigen Schmelzpunktes von 27 °C während des Sputterprozesses im festen Aggregatzustand zu halten.

Primäre Anwendung des neuen Magnetrons ist das epitaktische Wachstum von Aluminium- und Gallium-Nitridschichten auf Silizium-Wafern, um hocheffiziente Bauelemente der Leistungselektronik kostengünstiger herstellen zu können. Die



*Gesamtansicht des Doppel-Ring-Magnetron – DRM 400 von der Beschichtungsseite*

© Fraunhofer FEP

Weiterentwicklung soll auch weitere Anwendungsbereiche erschließen, in denen Restgas-Kontaminationen der Schicht eine große Rolle spielen.



*Gefördert durch das Horizon 2020 Forschungs- und Innovationsprogramm der Europäischen Union.  
Förderkennzeichen: 783174*

Gefördert durch:



*Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung.  
Förderkennzeichen: 16ES1089K und 16ESE00585*

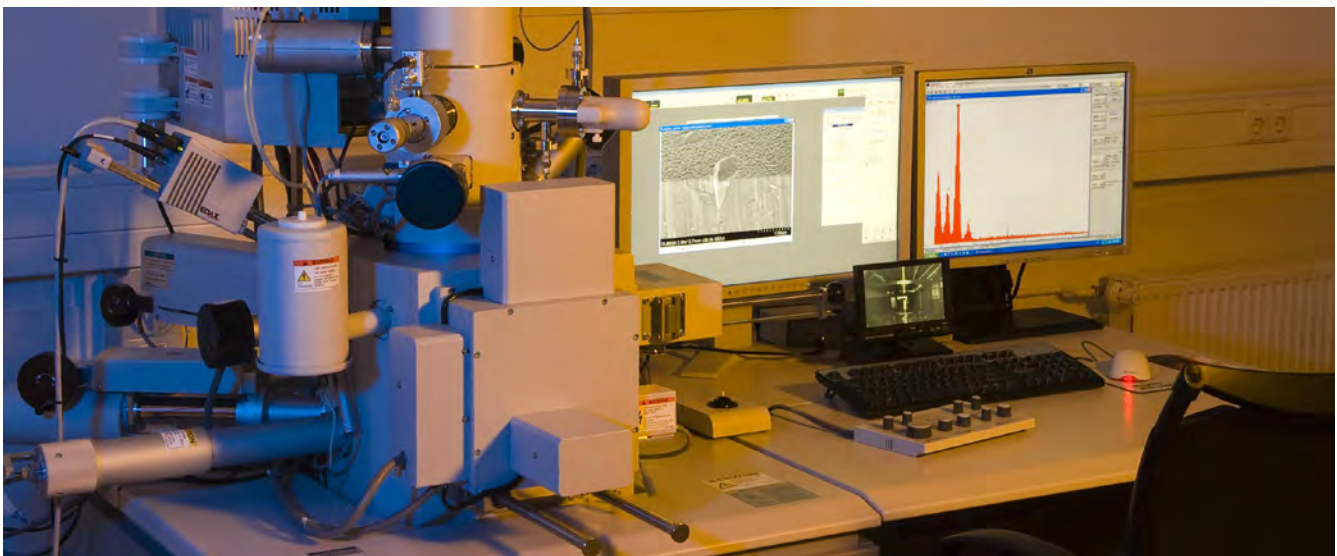


# Werkstoffkunde / Analytik

Die Abteilung Werkstoffkunde / Analytik verfügt über vielfältige Methoden zur Charakterisierung von Struktur und Eigenschaften dünner Schichten. Die analytischen Methoden und die vorhandenen umfangreichen Erfahrungen unserer Mitarbeiter werden im Rahmen von Forschungsprojekten genutzt und als Dienstleistung für unsere Kunden angeboten.

Für die Charakterisierung von Struktur und Gefüge dünner Schichten stehen ein hochauflösendes Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop (FE-REM) und ein Röntgendiffraktometer (XRD) zur Verfügung. Durch eine Ionenpräparation können polierte Querschnitte von Schichtsystemen präpariert werden, welche eine hochauflösende FE-REM-Untersuchung im Material- und Kristallorientierungs-Kontrast ermöglichen. Die chemische Zusammensetzung wird durch energiedispersive Spektrometrie von Röntgenstrahlung (EDS) und durch optische Glimmentladungsspektrometrie (GD-OES) analysiert.

Für die Bestimmung von optischen, mechanischen und elektrischen Eigenschaften dünner Schichten sind am Fraunhofer FEP viele Messmethoden vorhanden. Unter anderem werden UV-VIS-NIR Spektrometrie, spektroskopische Ellipsometrie und Nanoindentation eingesetzt. Umfangreiche Erfahrungen bestehen auf dem Gebiet der Permeationsbarrieremessungen beschichteter Polymerfolien gegenüber Wasserdampf und Sauerstoff.



# Hochauflösende Untersuchungen der piezoelektrischen Eigenschaften von (Al,Sc)N-Schichten

**Kontakt:** Dr. Olaf Zywitzki | Tel. +49 351 2586-180 | olaf.zywitzki@fep.fraunhofer.de

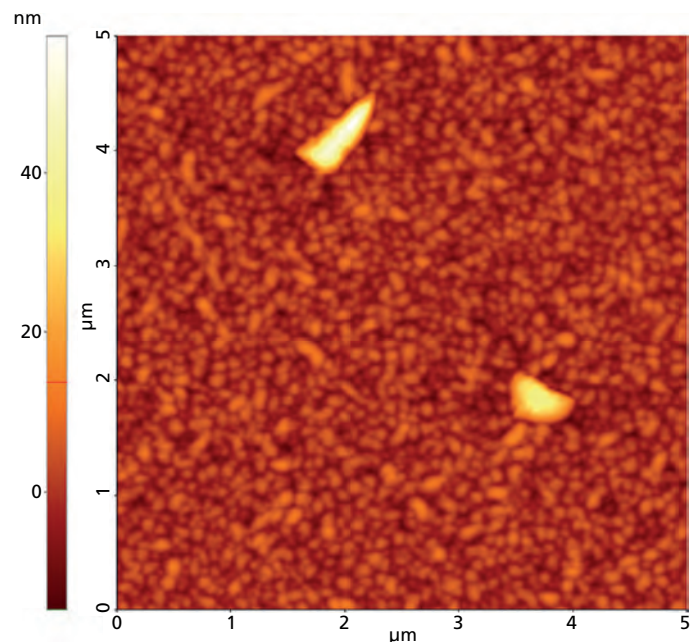
(Al,Sc)N-Schichten werden in der Mobilfunk- und in der Sensortechnik eingesetzt. Durch Piezo-Force-Microscopy können die piezoelektrischen Eigenschaften der Schichten lateral hochaufgelöst bestimmt werden, wodurch weitere Optimierungen möglich sind.

Piezoelektrische (Al,Sc)N-Schichten werden unter anderem für Radiofrequenz-Filter in akustischen Oberflächenwellen-Bauelementen (SAW) in der Mobilfunktechnik eingesetzt. Weitere Anwendungen sind piezoelektrische Sensoren für die Verwendung bei hohen Temperaturen in Automobilen oder Turbinen. Durch den Einbau von Scandium in die hexagonale Wurtzitstruktur von AlN wird die piezoelektrische Ladungskonstante in Richtung der polaren c-Achse bis um den Faktor 4 erhöht und gleichzeitig die elektromechanische Kopplung verbessert, wodurch eine effizientere Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie ermöglicht wird.

Die Bestimmung der piezoelektrischen Eigenschaften der durch Magnetronspütern abgeschiedenen Schichten erfolgt überwiegend durch Messungen mit einem Berlincourt Piezometer oder alternativ durch Zweistrahlinterferometrie. In beiden Fällen erfolgt eine integrale Messung über die verwendeten Elektroden mit etwa 1 bis 10 Millimeter Durchmesser.

Durch die im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen verwendete Piezo-Force-Microscopy (PFM) ist dagegen eine viel höhere lateral aufgelöste Messung der piezoelektrischen Eigenschaften bis in den Nanometerbereich möglich. Die AFM-Untersuchung der Schichten erfolgt dazu im Kontaktmodus. Durch das zusätzliche Anlegen einer 10 Volt Wechselspannung an der AFM Spitze wird durch den inversen piezoelektrischen Effekt eine lokale Auslenkung der Oberfläche hervorgerufen, welche über einen 4-Quadranten-Detektor registriert und mittels Lock-In-Verstärker ausgewertet werden kann.

Durch dieses Verfahren können lokale Unterschiede der piezoelektrischen Eigenschaften hochaufgelöst untersucht werden. So sind einzelne Kristallite mit abweichender



AFM-Abbildung einer (Al,Sc)N-Schicht mit Kristalliten abweichender kristallographischer Orientierung (Topographie)

© Fraunhofer FEP

kristallographischer Orientierung sowohl in der topographischen AFM-Abbildung als auch durch eine geringere Amplitude des piezoelektrischen Signals zu erkennen. Gleichzeitig kann aus der Phase des gemessenen piezoelektrischen Signals die Polarität der Wurtzitstruktur ebenfalls lokal aufgelöst bestimmt werden. Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass die Polarität der Struktur durch Prozessparameter der Schichtabscheidung von N-polar über bipolar bis zu Al-polar beeinflusst werden kann. Die Ergebnisse der hochaufgelösten PFM-Untersuchungen der piezoelektrischen Eigenschaften sind ein wichtiger Beitrag zur weiteren Optimierung der (Al,Sc)N-Schichten.

# Anhang

---

Die Fraunhofer-Gesellschaft .....	39
Fraunhofer Verbund Light & Surfaces .....	40
Mitgliedschaften .....	41
Abschlussarbeiten .....	42
Veröffentlichungen .....	43
Schutzrechte .....	45







# Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Sie ist Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz. Mit inspirierenden Ideen und nachhaltigen wissenschaftlich-technologischen Lösungen fördert die Fraunhofer-Gesellschaft Wissenschaft und Wirtschaft und wirkt mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft.

Interdisziplinäre Forschungsteams der Fraunhofer-Gesellschaft setzen gemeinsam mit Vertragspartnern aus Wirtschaft und öffentlicher Hand originäre Ideen in Innovationen um, koordinieren und realisieren systemrelevante, forschungspolitische Schlüsselprojekte und stärken mit werte-orientierter Wertschöpfung die deutsche und europäische Wirtschaft. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Austausch mit den einflussreichsten Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 30 000 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,9 Milliarden Euro. Davon fallen 2,5 Milliarden Euro auf den Bereich Vertragsforschung. Rund zwei Drittel davon erwirtschaftet Fraunhofer mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund ein Drittel steuern Bund und Länder als Grundfinanzierung bei, damit die Institute schon heute Problemlösungen entwickeln können, die in einigen Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft entscheidend wichtig werden.

Die Wirkung der angewandten Forschung geht weit über den direkten Nutzen für die Auftraggeber hinaus: Fraunhofer-Institute stärken die Leistungsfähigkeit der Unternehmen, verbessern die Akzeptanz moderner Technik in der Gesellschaft und sorgen für die Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Hochmotivierte Mitarbeitende auf dem Stand der aktuellen Spitzenforschung stellen für uns als Wissenschaftsorganisation den wichtigsten Erfolgsfaktor dar. Fraunhofer bietet daher die Möglichkeit zum selbstständigen, gestaltenden und zugleich zielorientierten Arbeiten und somit zur fachlichen und



persönlichen Entwicklung, die zu anspruchsvollen Positionen in den Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft befähigt. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und des frühzeitigen Kontakts mit Auftraggebern 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.

## Unsere Vertragspartner und Auftraggeber sind:

- Industrieunternehmen
- Dienstleistungsunternehmen
- Öffentliche Hand

## Die wichtigsten Kennzahlen auf einen Blick

- 76 Institute und Forschungseinrichtungen
- Rund 30 000 Mitarbeitende
- 2,9 Milliarden Euro Forschungsvolumen jährlich
- Rund zwei Drittel werden mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten erwirtschaftet
- Internationale Zusammenarbeit durch weltweite Niederlassungen

 [www.fraunhofer.de](http://www.fraunhofer.de)

# Fraunhofer Verbund Light & Surfaces

Der Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces bündelt die wissenschaftlichen und technischen Kompetenzen der Fraunhofer-Gesellschaft in den Themenfeldern Optik, Photonik, Laser- und Oberflächentechnik.

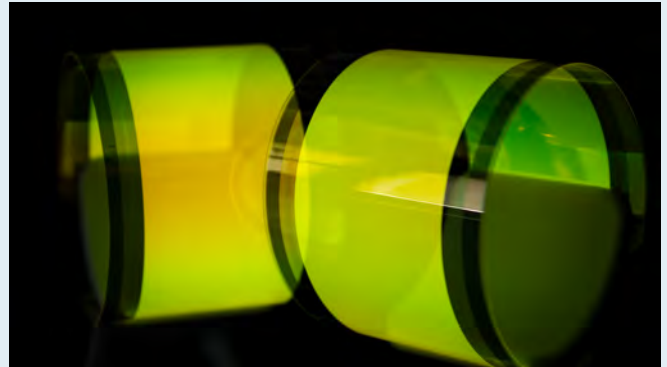
Mitglieder sind die Fraunhofer-Institute für

- Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP  
[www.fep.fraunhofer.de](http://www.fep.fraunhofer.de)
- Lasertechnik ILT  
[www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)
- Angewandte Optik und Feinmechanik IOF  
[www.iof.fraunhofer.de](http://www.iof.fraunhofer.de)
- Physikalische Messtechnik IPM  
[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)
- Werkstoff- und Strahltechnik IWS  
[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)
- Schicht- und Oberflächentechnik IST  
[www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de) (Gast-Institut)
- Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI  
[www.hhi.fraunhofer.de](http://www.hhi.fraunhofer.de) (Gast-Institut)
- Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB  
[www.iosb.fraunhofer.de](http://www.iosb.fraunhofer.de) (Gast-Institut)

In den Instituten des Verbunds forschen über 1900 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf exzellentem wissenschaftlichen Niveau, um komplexe technologische Fragen aus Industrie und Wirtschaft mit Blick auf die konkrete Anwendung zu lösen.

Für die Industrie sind die Institute nicht nur Innovationspartner, sondern in Kooperation mit Universitäten auch eine Quelle für den wissenschaftlich-technischen Nachwuchs und damit eine Brücke zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Vorsitzender des Verbunds ist Prof. Karsten Buse (Fraunhofer IPM), die Geschäftsstelle leitet Dr. Heinrich Stülpnagel.



## Geschäftsstelle

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Georges-Köhler-Allee 301  
79110 Freiburg

Telefon +49 761 8857-269

Fax +49 761 8857-224



[www.light-and-surfaces.fraunhofer.de](http://www.light-and-surfaces.fraunhofer.de)

# Mitgliedschaften

- 3D-Netzwerk (Initiative der Wirtschaftsförderung Solingen GmbH & Co. KG)  
[www.3dnetzwerk.com](http://www.3dnetzwerk.com)
- AMA Fachverband für Sensorik e. V.  
[www.ama-sensorik.de](http://www.ama-sensorik.de)
- AK Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe  
[www.ak-gkm.bam.de](http://www.ak-gkm.bam.de)
- Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW)  
[www.bvmw.de](http://www.bvmw.de)
- Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V.  
[www.dgo-online.de/dgo-navigation.html](http://www.dgo-online.de/dgo-navigation.html)
- Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik  
[www.dgao.de](http://www.dgao.de)
- Deutsche Glastechnische Gesellschaft  
[www.hvg-dgg.de/home/dgg.html](http://www.hvg-dgg.de/home/dgg.html)
- Dresden-concept e. V.  
[www.dresden-concept.de](http://www.dresden-concept.de)
- Energy Saxony e. V.  
[www.energy-saxony.net](http://www.energy-saxony.net)
- EPIC European Photonics Industry Consortium  
[www.epic-assoc.com](http://www.epic-assoc.com)
- Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS)  
[www.efds.org](http://www.efds.org)
- Fachverband für Mikrotechnik IVAM  
[www.ivam.de](http://www.ivam.de)
- Forum MedTech Pharma e. V.  
[www.medtech-pharma.de](http://www.medtech-pharma.de)
- Forschungsallianz Kulturerbe  
[www.forschungsallianz-kulturerbe.de](http://www.forschungsallianz-kulturerbe.de)
- Fraunhofer-Allianz Batterien  
[www.batterien.fraunhofer.de](http://www.batterien.fraunhofer.de)
- Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces  
[www.light-and-surfaces.fraunhofer.de](http://www.light-and-surfaces.fraunhofer.de)
- Fraunhofer Geschäftsbereich Reinigung  
[www.reinigung.fraunhofer.de](http://www.reinigung.fraunhofer.de)
- FutureSax Sächsisches Transfernetzwerk  
[www.futuresax.de/transfer/saechsisches-transfernetzwerk](http://www.futuresax.de/transfer/saechsisches-transfernetzwerk)
- Informationsdienst Wissenschaft  
[www.idw-online.de](http://www.idw-online.de)
- International Council for Coatings on Glass ICCG e. V.  
[www.iccg.eu](http://www.iccg.eu)
- International Electrotechnical Commission IEC, TC 110 Electronic display devices, WG 12 Eyewear display  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)
- International Irradiation Association  
[www.iiaglobal.com](http://www.iiaglobal.com)
- Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V.  
[www.inplas.de](http://www.inplas.de)
- LRT Sachsen / Thüringen e. V.  
[www.lrt-sachsen-thueringen.de](http://www.lrt-sachsen-thueringen.de)
- Netzwerk »Dresden – Stadt der Wissenschaften«  
[www.dresden.de](http://www.dresden.de)
- Netzwerk »CleanHand«  
[www.cleanhand.de](http://www.cleanhand.de)
- OLED Lichtforum  
[www.oledlichtforum.de](http://www.oledlichtforum.de)
- Organic Electronics Saxony e. V.  
[www.oes-net.de](http://www.oes-net.de)
- Photonics 21  
[www.photonics21.org](http://www.photonics21.org)
- Plasma Germany  
[www.plasma-germany.org](http://www.plasma-germany.org)
- RadTech Europe – European Association for the Promotion of UV and EB curing  
[www.radtech-europe.com](http://www.radtech-europe.com)
- Silicon Saxony e. V.  
[www.silicon-saxony.de](http://www.silicon-saxony.de)
- Smart3 materials – solutions – growth  
[www.smarthoch3.de](http://www.smarthoch3.de)
- Verband der Elektrotechnik – Bezirksverein Dresden e. V. (VDE)  
[www.vde-dresden.de](http://www.vde-dresden.de)
- VDMA Arbeitsgemeinschaft Organic Electronics Association (OE-A)  
[www.oe-a.org](http://www.oe-a.org)
- Verband Deutsches Reisemanagement e. V. (VDR)  
[www.vdr-service.de/der-verband/der-vdr](http://www.vdr-service.de/der-verband/der-vdr)
- Virtual Institute of Nano Films  
[www.vinf.eu](http://www.vinf.eu)
- ZIM Netzwerk „Biokompatible IoT-Lösungen für Biotechnologie und Medizintechnik“  
[www.biomed-iot.de](http://www.biomed-iot.de)

# Abschlussarbeiten

## Diplomarbeiten

Autor/in	Titel	Hochschule
M. Wang	Electron treatment of polymer films	TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaften,
D. Herrmann	In-Line Poliersystem für Präzisionswalzen	TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Fertigungstechnik
J. Feng	Verbesserungskonstruktion einer Gasfluss-Sputterquelle, (GFS)-Hohlkathode und Gasphasen-Aggregationskammer	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Maschinenbau, Studiengang Konstruktion

## Masterarbeiten

Autor/in	Titel	Hochschule
M. Rhode	Abscheiden von Plasmapolymerschichten mittels eines PECVD-Verfahrens mit kapazitiv gekoppelter Hochfrequenzentladung unter Nutzung von TEOS und verschiedenen Precursormischungen	Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Studiengang Angewandte Werkstoffwissenschaften
M. Pfeilschifter	Markt- und Trendanalyse in der industriellen Teilereinigung	TH Bingen, Wirtschaftsingenieurwesen
P. Gerö	Integration neuer Anforderungen in ein bestehendes Managementsystem am Beispiel der Informationssicherheit im Projektgeschäft am Fraunhofer-Institut FEP Dresden	Hochschule Zittau/Görlitz, Studiengang Integrierte Managementsysteme
H. Alhatemi	Aufbau und Test eines Messplatzes zur Bestimmung der Durchstoßfestigkeit	TU Chemnitz, Fakultät Maschinenwesen, Studiengang Maschinenbau
I. Stier	Verarbeitbarkeit von biobasierten Folien in Standardmaschinen	HTWK Leipzig, Fakultät Informatik und Medien, Studiengang Druck- und Verpackungstechnik
L.F. Hernandez Bonilla	Organic electronics on biodegradable substrates	TU Dresden, Fakultät für organische Halbleiter, Institut für angewandte Physik,
S. Nagarajan	Dosismessung bei Elektronenbehandlungen	Ernst-Abbe-Hochschule Jena
N. Stöckl	Analyse der Effekte von Beschichtungstemperatur und thermomechanischen Belastungen auf die Schichtspannung von beschichteten Polymerfolien	TU Dresden, Fakultät Physik, Studiengang Physik



# Veröffentlichungen

Autoren	Titel	Erscheinungsort
E. von Hauff	2D or not 2D: Eliminating interfacial losses in perovskite solar cells	Chem, Vol. 7, Issue 7, 2021, p. 1694 - 1696
A. Jannasch, J. Rix, C. Welzel, G. Schackert, M. Kirsch, U. König, E. Koch, K. Matschke, S.-M. Tugtekin, C. Dittfeld, R. Galli	Brillouin confocal microscopy to determine biomechanical properties of SULEEI-treated bovine pericardium for application in cardiac surgery	Clinical Hemorheology and Microcirculation, Vol. 79, Nr. 1, 2021, p. 179-192
E. Hieckmann, K. Kammerlander, L. Köhler, L. Neumann, S. Saager, N. Albanis, T. Hutsch, F. Seifert, E. Brunner	Detection and Localization of Eu on Biosilica by Analytical Scanning Electron Microscopy	Microscopy and Microdisplays, Vol. 27, Issue 6, 2021, p. 1328 - 1337
F.-H. Rögner, U. Vohrer	Die Erweiterung des Sinner'schen Kreises	Journal für Oberflächentechnik JOT, Sonderheft 07, 2021, S. 10 - 12
J. Fichtner, Y. Kowalik, T. Kowalik, J. Fahlteich, B. Mayer	Electron beam cured acrylates as potential planarization layers	Materials Chemistry and Physics, Vol. 274, 2021, Artikel 125161
C. May	Flexible OLED lighting and signage for automotive application	Proceedings of 28th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD), p. 42 - 45
B. Zimmermann, G. Mattausch, F. Fietzke, J.-P. Heinß, B. Scheffel, M. Top, C. Metzner	Gas discharge electron sources - powerful tools for thin film technologies	Proceedings of 64th Annual SVC Technical Conference, virtual, 01. - 06. May 2021, p. 1 - 7
C. Dittfeld, U. König, C. Welzel, A. Jannasch, K. Matschke, C. Sperling, S.-M. Tugtekin, M. Maitz	Haemocompatibility testing allows selective adaption of GA-free SULEEI-preparation strategy for bovine pericardium	European Heart Journal, Vol. 42, Issue 1, 2021, Artikel 724.3336
C. Welzel, C. Dittfeld, A. Jannasch, U. König, C. Sperling, M. F. Maitz, K. Matschke, S.-M. Tugtekin	Hemocompatibility Assays Offer a New Option for Evaluation of Decellularized Bovine Pericardium for Application in Cardiac Surgery	The Thoracic Cardiovascular Surgeon, Vol. 1, 2021, p. 69
M. Thoma, J. Fertey, G. Gotzmann, S. Bailer	Impfstoffe günstig herstellen - Neues Verfahren zur Inaktivierung von Erregern in Flüssigkeiten	TechnoPharm, Vol. 11, Nr. 4, 2021, p. 180 - 183
D. Becker, M. Bott, F.-H. Rögner, G. Mattausch, U. König, M. Thoma, B. Standfest, S. Ulbert, J. Fertey, H. Gehringer, P. Kitschmann	Inaktivierung von Pathogenen durch niederenergetische Elektronenstrahlung	pharmind, Vol. 83, Nr. 11, 2021, Seite 1508 - 1532
G. Colombi, T. De Krom, D. Chaykina, S. Cornelius, S. W. H. Eijt, B. Dam	Influence of Cation (RE = Sc, Y, Gd) and O/H Anion Ratio on the Photochromic Properties of REOxH3-2x thin Films	ACS Photonics, Vol. 8, Issue 3, 2021, p. 709 - 715
G. Gotzman, U. König	Kampf den Keimen: Antibakterielle Beschichtungen, Oberflächenfunktionalisierung und Sterilisation durch Elektronen	mo, Vol. 75, Nr. 6, 2021, Seite 14 - 15
L. Walcher, A.-K. Kistenmacher, C. Sommer, S. Böhlen, C. Ziemann, S. Dehmel, A. Braun, U. Sandy Tretbar, S. Kloess, A. Schambach, M. A. Morgan, D. Löffler, C. Kämpf, C. Blumert, K. Reiche, J. Beckmann, U. König, B. Standfest, M. Thoma, G. R. Makert, S. Ulbert, U. Kossatz-Böhlert, U. Koehl, A. Dünkel, S. Fricke	Low-energy electron irradiation as a potent alternative to gamma irradiation for the inactivation of (CAR-)NK-92 cells ATMP manufacturing	Frontiers in Immunology, Section Cancer Immunity and Immunotherapy, Vol. 12, 2021, Artikel 684052

Autoren	Titel	Erscheinungsort
F.H. Rögner, M. Pfeilschifter	Markt- u. Trendanalyse in der industriellen Teilereinigung 2020	ISBN: 978-3-00-069601-5, Geschäftsbereich: Reinigung bei Fraunhofer
M. Prosa, E. Benvenuti, D. Kallweit, P. Pellacani, M. Törker, M. Bolognesi, L. Lopez-Sanchez, V. Ragona, F. Marabelli, S. Toffanin	"Organic Light-Emitting Transistors in a Smart-Integrated System for Plasmonic-Based Sensing"	Advanced Functionals Materials, 2021, Artikel 2104927
S. Lenk, B. Richter, P. Wartenberg, U. Vogel	Organic Microdisplays for Visual Feedback	Proceedings of OSA Advanced Photonics Congress, 26.-29. Juli, 2021, Montreal, Canada, online, 2 pages
Y. Sun, A. G. Chmielewski, A. Pawelec, G. Mattausch, T. Torims	Organic pollutant removal from marine diesel engine off-gases under electron beam and hybrid electron beam and wet scrubbing process	NUKLEONIKA, Vol. 66, Nr. 4, 2021, p. 193 - 199
A. Pawelec, A. G. Chmielewski, Y. Sun, S. Bulka, T. Torims, G. Pikurs, G. Mattausch	Plasma technology to remove NOx from off-gases	NUKLEONIKA, Vol. 66, Nr. 4, 2021, p. 227 - 231
B. Scheffel, O. Zywitzki, T. Preußner, T. Kopte	Plasma-assisted deposition of ITO thin films by sublimation using an anodic vacuum arc discharge	Thin Solid Films, Vol.731, 2021, Artikel 138731
M. Schwartzkopf, S. J. Wöhnert, V. Waclawek, N. Carstens, A. Rothkirch, J. Rubeck, M. Gensch, J. Drewes, O. Polonsky, T. Strunskus, A. M. Hinz, S. J. Schaper, V. Körstgens, P. Müller-Buschbaum, F. Faupel, S. V. Roth	Real-time insight into nanostructure evolution during the rapid formation of ultra-thin gold layers on polymers	Nanoscale Horizons, Vol. 6, Issue 2, 2021, p. 132 - 138
S. Schaper, F. Löhner, S. Xia, C. Geiger, M. Schwartzkopf, P. Pandit, J. Rubeck, B. Fricke, S. Frenzke, A. M. Hinz, N. Carstens, O. Polonsky, T. Strunskus, F. Faupel, S. Roth, P. Müller-Buschbaum	Revealing the growth of copper on polystyrene: Block-poly(ethylene oxide) diblock copolymer thin films with in situ GISAXS	Nanoscale, Vol. 13, Issue 23, 2021, p. 10555 - 10565
D. Wang, J. Hauptmann, C. May, Y. J. Hofstetter, Y. Vaynzof, T. Müller	Roll-to-roll Fabrication of Highly Transparent Ca:Ag Top-Electrode for Flexible Large-Area OLED Lighting Application	Flexible and Printed Electronics, Vol. 6, Nr. 3, 2021, Artikel 035001
E. Altinsoy, T. Hulin, U. Vogel, T. Bobbe, R. Dachsel, K. Klamka, J. Krzywinski, S. Lenk, L.-M. Lüneburg, S. Merchel, A. Nocke, H. Singh, A. Schwendicke, H. Winger	Sensors and actuators	Tactile Internet with Human-in-the-Loop, Chapter 10, p. 229–254, ISBN: 978-0-12-821343-8
S. Saager, B. Scheffel, T. Modes, O. Zywitzki	Synthesis of Porous Silicon, Nickel and Carbon Layers by Vapor Phase Dealloying	Surface and Coatings Technology, Vol. 427, 2021, Artikel 127812
A. Vilà, S. Moreno, J. Canals, V. Moro, N. Franch, P. Wartenberg, A. Dieguez	Ultra-compact and large field-of-view nano-illumination light microscope based on an array of organic light-emitting diodes	SPIE, Digital Library, Proceedings, Volume 11693, 2021, Photonic Instrumentation Engineering VIII

# Schutzrechte

Patentnummer	Titel	Erfinder / -in	Anmeldung	Erteilung
US 10,907,249 B2	Method for Coating a flexible Substrate provided with a protective Film	M. Fahland, U. Meyer, T. Vogt, S. Günther, J. Fahlteich, N. Prager	07.12.2018	02.02.2021
DE 10 2020 116 043 B3	Verfahren zum Herstellen eines Cellulose enthaltenden Verbundwerkstoffs	W. Nedon, W. Schwarz, F.-H. Rögner, J. Portillo, J. Kubusch	17.06.2020	21.01.2021
CN 106716517 B	Method for Operating a bi-directional Display	B. Richter, P. Wartenberg	17.03.2017	09.03.2021
DE 10 2019 134 558 B3	Vorrichtung und Verfahren zum Beaufschlagen gasförmiger Medien mit beschleunigten Elektronen	G. Mattausch, A. Weidauer, R. Blüthner, J. Kubusch, F.-H. Rögner, V. Kirchhoff, R. Labitzke, B. Zimmermann	16.12.2019	11.03.2021
EP 3 541 441 B1	Method for Preparing a Graft	C. Wetzel, J. Schönfelder, S. Walker, J. Kubusch	08.04.2019	10.03.2021
DE 10 2012 013 726 B4	Vorrichtung zum Kühlen bandförmiger Substrate	J.-P. Heinß, F. Schade, P. Lang, L. Klose, C. Metzner, D. Weiske	11.07.2012	18.03.2021
EP 3 642 861 B1	Apparatus for Generating accelerated Electrons	A. Weidauer, F.-H. Rögner, G. Mattausch, R. Blüthner, I.G. Vicente Gabas, J. Kubusch	28.10.2019	07.04.2021
KR 10-2244994 B1	Method for Depositing a Piezoelectric Film Containing AlN and a Piezoelectric Film Containing AlN	H. Bartzsch, D. Glöß, P. Frach, S. Barth	24.06.2014	21.04.2021
US 10,980,903 B2	Method for Irradiating a Liquid with accelerated Electrons	J. Schönfelder, F.-H. Rögner, J. Portillo Casado, J. Kubusch	07.12.2018	20.04.2021
EP 3 411 513 B1	Method for Depositing a CdTe Layer on a Substrate	H. Morgner, C. Metzner, D. Hirsch, O. Zywitzki, L. Decker, T. Werner, B. Siepchen, B. Späth, K. Verlappan, C. Kraft, C. Drost	27.07.2018	02.06.2021
CN 109641072 B	Inactivation of Pathogens in biological Media	M. Thoma, K. Fischer, J. Portillo	31.08.2017	11.06.2021
CN 109996534 B	Method for Immobilizing Plant active Substances an a non-metallic Substrate	M. Dietze, B. Kemper, J. Kubusch	25.03.2019	13.07.2021
EP 3 590 125 B1	Apparatus for Generating accelerated Electrons	A. Weidauer, F.-H. Rögner, G. Mattausch, R. Blüthner, I.G. Vicente Gabas, J. Kubusch	27.08.2019	04.08.2021
DE 10 2020 116 044 B3	Verfahren zum Restaurieren von einem Papiersubstrat	W. Nedon, W. Schwarz, F.-H. Rögner, J. Portillo, J. Kubusch	17.06.2020	12.08.2021
US 11,081,616 B2	Method for Producing a CdTe Solar Cell	D. Hirsch, O. Zywitzki, T. Modes, T. Werner, T. Kopte, C. Metzner	24.05.2019	03.08.2021
JP 6914280 B2	Method for Coating a flexible Substrate provided with a protective Film	M. Fahland, U. Meyer, T. Vogt, S. Günther, J. Fahlteich, N. Prager	07.01.2019	15.07.2021

Patentnummer	Titel	Erfinder / -in	Anmeldung	Erteilung
EP 3 699 253 B1	Granulate for a thermochemical Heat Accumulator and Method for Producing Granulate for a thermochemical Heat Accumulator	F. Fietzke, J.-P. Heinß, B.-G. Krätzschar	19.02.2020	15.09.2021
EP 3 635 784 B1	Sensor Component and Method for Producing same	C. Kirchhof	02.12.2019	25.08.2021
DE 10 2020 121 204 B3	Selbstdesinfizierendes antivirales Filtermaterial, dessen Herstellung und Anwendung, sowie Luftfiltereinrichtung mit dem Filtermaterial	M. Hoffmann, H. Böttcher	12.08.2020	21.10.2021
EP 3 469 113 B1	Method for Coating a flexible Substrate provided with a protective Film	M. Fahland, U. Meyer, T. Vogt, S. Günther, J. Fahlteich, N. Prager	07.12.2018	03.11.2021
DE 10 2016 116 762 B4	Verfahren zum Abscheiden mittels einer Magnetronspaltereinrichtung	H. Bartzsch, P. Frach, J. Hildisch	07.09.2016	11.11.2021
KR 10-2310143 B1	Microstructured Organic Sensor Device and Method for Manufacturing same	B. Richter, P. Wartenberg, K. Fehse, M. Jahnel	09.05.2019	30.09.2021
KR 10-2326644 B1	Method for Operating a bi-directional Display	B. Richter, P. Wartenberg	17.04.2017	09.11.2021
EP 2 784 840 B1	Method of Manufacturing on organic Device	O. Hild, A. Philipp, T. Gil	27.04.2014	01.12.2021
DE 10 2018 113 251 B4	Verfahren zum Herstellen einer CdTe-Solarzelle	D. Hirsch, O. Zywitzki, T. Modes, T. Werner, T. Kopte, C. Metzner	04.06.2018	09.12.2021
EP 3 506 952 B1	Inactivation of Pathogens in biological Media	M. Thoma, K. Fischer, J. Portillo	31.08.2017	29.12.2021



# Impressum

---

## Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP

### Standort Winterbergstraße

Winterbergstraße 28  
01277 Dresden

Telefon +49 351 2586-0  
Fax +49 351 2586-105

### Standort Maria-Reiche-Straße

Maria-Reiche-Straße 2  
01109 Dresden

Telefon +49 351 8823-238  
Fax +49 351 8823-394

### Ansprechpartner

Annett Arnold, M.Sc.  
Unternehmenskommunikation  
Telefon +49 351 2586-452  
annett.arnold@fep.fraunhofer.de

### Redaktion

Prof. Dr. Elizabeth von Hauff  
Annett Arnold, M.Sc.

### Layout/Satz

Finn Hoyer

### Übersetzung

Tim Ryan  
48602-595 Burrard St.  
Vancouver, BC V8L 3X9  
Kanada

### Druck

SAXOPRINT GmbH

### Bildnachweis

ALD Vacuum Technologies GmbH (S. 22)  
Anna Schroll (S. 31)  
Baldauf & Baldauf (S. 16)  
Claudia Jacquemin (Titelbild, S. 29, 30)  
Finn Hoyer (S. 10, 23, 33)  
Fraunhofer FEP (S. 17, 18, 20, 21, 24, 27, 28, 34, 36, 40, 48)  
Fraunhofer-Gesellschaft (S. 39)  
gpointstudio / shutterstock (S. 26)  
Jan Hosan (S. 25)  
Janek Wiecezorek (S. 19, 35)  
Jürgen Lösel (S. 7, 8, 15, 16)  
Piotr Banczerowski (S. 48)  
Ronald Bonß (S. 5, 7, 8, 15, 16)  
SeeReal Technologies GmbH (S. 32)  
Timotheus Liebau (S. 8, 15, 48)  
Westfälische Hochschule Zwickau (S. 48)  
WOLFRAM Designer und Ingenieure (S. 26)

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer FEP | April 2022

# Highlights



Bestellung von Dr. Gösta Mattausch zum Honorarprofessor an der Westsächsischen Hochschule Zwickau



Konferenz »pro flex 2021 – Roll-to-roll coating of flexible materials«



Workshop »Projektwerkstatt Hygienetechnologien« in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH



Fraunhofer-Preis für ein effizienteres, schnelleres und umweltfreundlicheres Herstellungsverfahren von Vakzinen



Auszeichnung für eine Fraunhofer-weit beste Kundenakquise



Exzellenzprämie für Philipp Wartenberg



Teilnahme am 5 km Firmenlauf »REWE Team Challenge«

## Über Fraunhofer FEP

---

Das Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP arbeitet an innovativen Lösungen auf den Arbeitsgebieten der Vakuumbeschichtung, der Oberflächenbehandlung und der organischen Halbleiter. Grundlage dieser Arbeiten sind die Kernkompetenzen in der Elektronenstrahltechnologie, Rolle-zu-Rolle-Technologie, der plasmagestützten Großflächen- und Präzisionsbeschichtung sowie in Technologien für organische Elektronik und im IC-Design. Das Fraunhofer FEP bietet damit ein breites Spektrum an Forschungs-, Entwicklungs- und Pilotfertigungsmöglichkeiten, insbesondere für die Behandlung, Sterilisation, Strukturierung und Veredelung von Oberflächen sowie für OLED-Mikrodisplays, Sensoren, optische Filter und flexibler OLED-Beleuchtung. Ziel ist, das Innovationspotenzial der Technologien für neuartige Produktionsprozesse und Bauelemente zu erschließen und es für unsere Kunden nutzbar zu machen.



[www.fep.fraunhofer.de](http://www.fep.fraunhofer.de)



[twitter.com/fraunhoferfep](https://twitter.com/fraunhoferfep)



[facebook.com/fraunhoferfep](https://facebook.com/fraunhoferfep)



[youtube.com/fraunhoferfep](https://youtube.com/fraunhoferfep)



[linkedin.com/company/fraunhofer-fep](https://linkedin.com/company/fraunhofer-fep)



[xing.com/companies/fraunhoferfep](https://xing.com/companies/fraunhoferfep)



[instagram.com/fraunhoferfep](https://instagram.com/fraunhoferfep)