



**Fraunhofer**

IST

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SCHICHT- UND OBERFLÄCHENTECHNIK IST

JAHRESBERICHT

2020

**TITELBILD** *Demonstrator einer mobilen  
Messpistole mit lumineszenter  
Trägerfolie.*

20

020

FRAUNHOFER IST

# VORWORT







Sehr geehrte Damen und Herren,

das Jahr 2020 war – geprägt durch die Umstände der COVID-19-Pandemie – eine Zeit mit besonderen Herausforderungen. Durch den schnellen Ausbau digitaler Werkzeuge für die Zusammenarbeit sowie die Umsetzung von Hygienekonzepten konnten wir unseren Geschäftsbetrieb sichern und unsere Vision im Blick behalten. Wir haben intensiv daran gearbeitet, auf Basis unseres Technologie- und Kompetenzportfolios zukunftsfähige nachhaltige Produkte und die zugehörigen Produktionssysteme zu entwickeln.

Gleich mehrere Projekte zielten dabei auf Lösungen im Zusammenhang mit der Bekämpfung der Corona-Pandemie und wurden zum Teil über das zentrale Aktionsprogramm der Fraunhofer-Gesellschaft, »Fraunhofer vs. Corona«, gefördert.

Klimaschutz und damit verbunden die Dekarbonisierung der Wirtschaft sind wichtige Treiber vieler Projekte im Bereich Energiespeicher. Gleichzeitig hat die Digitalisierung für zukünftige Produktionssysteme weiterhin eine hohe Bedeutung und stand bei unseren Entwicklungen zur Herstellung von Dünnschichtsensoriken, präzisionsoptischer Systeme sowie dem Ausbau unserer Galvanik im Vordergrund.

Ganz besonders freue ich mich darüber, dass wir im Jahr 2020 unsere Vernetzung vor Ort weiter intensivieren konnten. Als neues Mitglied im Zentrum für Pharmaverfahrenstechnik bringen wir nun auch unsere Kompetenzen in Bereich der individualisierten Medizin und Pharmaproduktion ein.

Im Wasserstoff Campus Salzgitter steht die industrielle Wasserstoffnutzung im Fokus. Das Fraunhofer IST bringt insbesondere seine Expertise in der Entwicklung von Materialien und Prozessen für Elektrolyseure, Wasserstoffspeicher und Brennstoffzellen sowie in der ganzheitlichen Technikbewertung ein. Weitere regionale Anker sind die Fraunhofer-Projektzentren für Energiespeicher und Systeme ZESS in Braunschweig und für Elektromobilität und Leichtbau in Wolfsburg.

Nach 21 Jahren endete im September 2020 die aktive Zeit von Prof. Dr. Günter Bräuer als Leiter des Fraunhofer IST. Im Namen aller Mitarbeitenden des Instituts danke ich ihm auch an dieser Stelle noch einmal für die wertvolle Zusammenarbeit und sein Engagement für das Institut und die Plasmatechnologie.

Mein besonderer Dank geht an dieser Stelle auch an all diejenigen, deren Leistung, Engagement, Vertrauen und Unterstützung dazu beitragen, das Fraunhofer IST auch weiterhin bestmöglich für die Zukunft aufzustellen. Ich danke Ihnen allen, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts, unseren Partnern aus Forschung und Entwicklung, den Auftraggebern aus der Industrie, unseren Förderern, Kollegen und Freunden.

Ihnen, liebe Leserin und lieber Leser, wünsche ich viel Freude mit dem vorliegenden Jahresbericht. Wir freuen uns auf weitere spannende Projekte mit Ihnen!

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>2</b>	<b>Vorwort</b>	<b>30</b>	<b>Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik</b>
<b>4</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	32	Intelligente Schraubverbindung – Dünnschichtsensor meldet lockere Schrauben
<b>6</b>	<b>Kuratorium</b>	34	Smarte Oberflächen für ein zukunftsfähiges Automobildesign – Fraunhofer IST@OHLF
<b>8</b>	<b>Ausgezeichnete Zusammenarbeit</b>	36	Messverfahren zur Beurteilung von Materialien für Wasserstofftechnologien
<b>10</b>	<b>Das Institut im Profil</b>	38	Antiadhäsive Systeme für die Kunststoffumgebung
<b>12</b>	<b>Professuren an Universitäten und Hochschulen</b>	40	Untersuchung von VUV-Strahlung in dielektrisch behinderten Entladungsprozessen
<b>13</b>	<b>Das Institut in Zahlen</b>	42	Klebstofffreies Fügen von Kunststoff-Metall-Folien
<b>14</b>	<b>Grüne Wasserstofftechnologie ist ein Gemeinschaftsprojekt</b>	<b>44</b>	<b>Luft- und Raumfahrt</b>
<b>16</b>	<b>Ihre Ansprechpartner</b>	46	Geschlossene elektrochemische Prozesse zur Gewinnung reiner Elemente aus Mondregolith
16	Institutsleitung und Verwaltung	<b>48</b>	<b>Energie und Elektronik</b>
17	Abteilungs-, Gruppen- und Teamleiterinnen und -leiter	50	Energiespeichersysteme der nächsten Generation
<b>20</b>	<b>Forschungs- und Dienstleistungsangebot</b>	<b>52</b>	<b>Optik</b>
22	Laboraustattung und Großgeräte	54	UV-Bandpassfilter zur Sonnenbeobachtung
24	Laboraustattung und Messtechnik	<b>56</b>	<b>Life Science und Umwelt</b>
<b>26</b>	<b>Nachhaltigkeit am Fraunhofer IST</b>	58	Modellrechnungen zum Abbau von Stickoxiden mittels Photokatalyse
		60	#WeKnowHow – Das Fraunhofer IST vs. Corona
		<b>64</b>	<b>Leistungen und Kompetenzen</b>
		66	Technologiefelder
		67	Energiespeicher und Systeme
		68	Kompetenzfelder
		70	Direktmetallisierung von Kunststoffen mittels HIPIMS
		72	Automatisierung des Rockwell-Schichthaftungstests für eine zuverlässige Qualitätskontrolle
		74	Entwicklung eines Industriestandards zur Bestimmung der photokatalytischen Aktivität von Oberflächen

**76 Namen, Daten, Ereignisse**

- 78 Messen, Ausstellungen, Konferenzen
- 80 Ereignisse
- 82 Das Fraunhofer IST verabschiedet seinen langjährigen Institutsleiter

**84 Das Fraunhofer IST in Netzwerken**

- 86 Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick
- 88 Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces
- 90 Vernetzung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft
- 92 Vernetzung regional und deutschlandweit
- 94 Nachwuchsförderung und Ausbildung am Fraunhofer IST
- 96 Das Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e.V. – INPLAS
- 98 Mitgliedschaften
- 101 Mitarbeit in Gremien
- 105 Publikationen
- 108 Vorträge und Poster
- 109 Dissertationen

**110 Bildverzeichnis****112 Impressum**

# KURATORIUM

## Vorsitz

Dr. Philipp Lichtenauer<sup>1</sup>  
Plasmawerk Hamburg GmbH

Prof. Dr. Peter Awakowicz<sup>2</sup>  
Ruhr-Universität Bochum

Dr. med. Thomas Bartkiewicz<sup>3</sup>  
Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH

Frank Benner<sup>4</sup>  
B + T Technologies GmbH

Prof. Dr. Hans Ferkel<sup>5</sup>  
SMS group GmbH

Prof. Dr. Tim Hosenfeldt<sup>6</sup>  
Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla<sup>7</sup>  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Dr. Sebastian Huster<sup>8</sup>  
Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Lehold<sup>9</sup>  
Wolfsburg

Dr.-Ing. Stefan Rinck<sup>10</sup>  
Singulus Technologies AG

Dr. Joachim Schulz<sup>11</sup>  
Aesculap AG

Michael Stomberg<sup>12</sup>  
Bauer AG

Prof. Dr. Gerrit van der Kolk<sup>13</sup>  
IonBond Netherlands BV

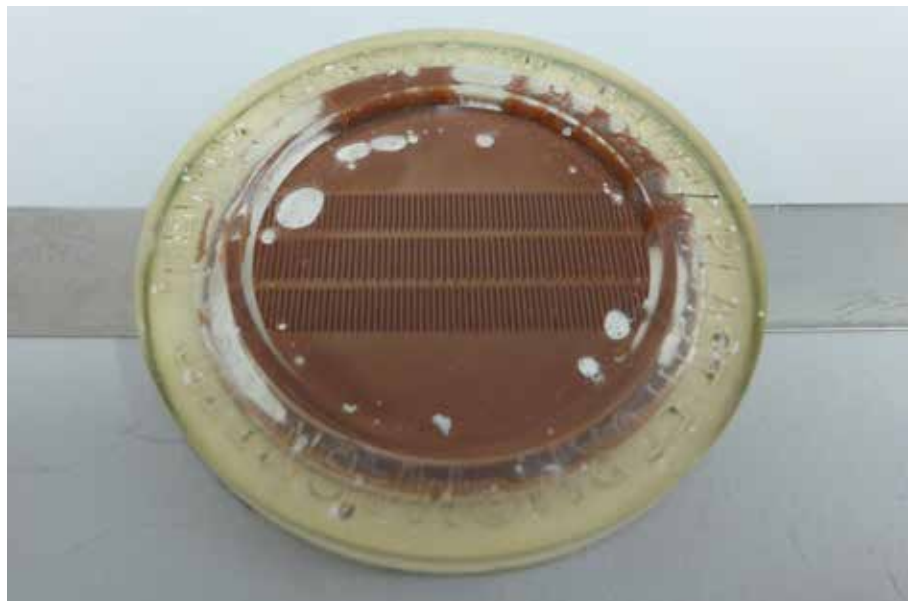
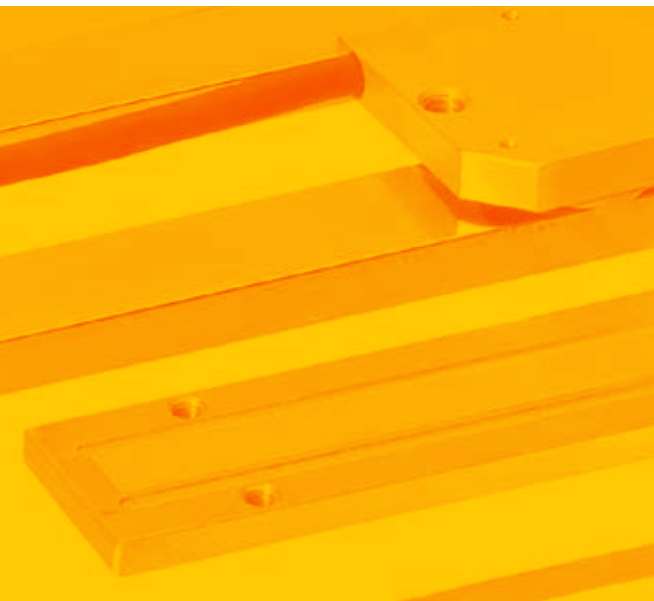
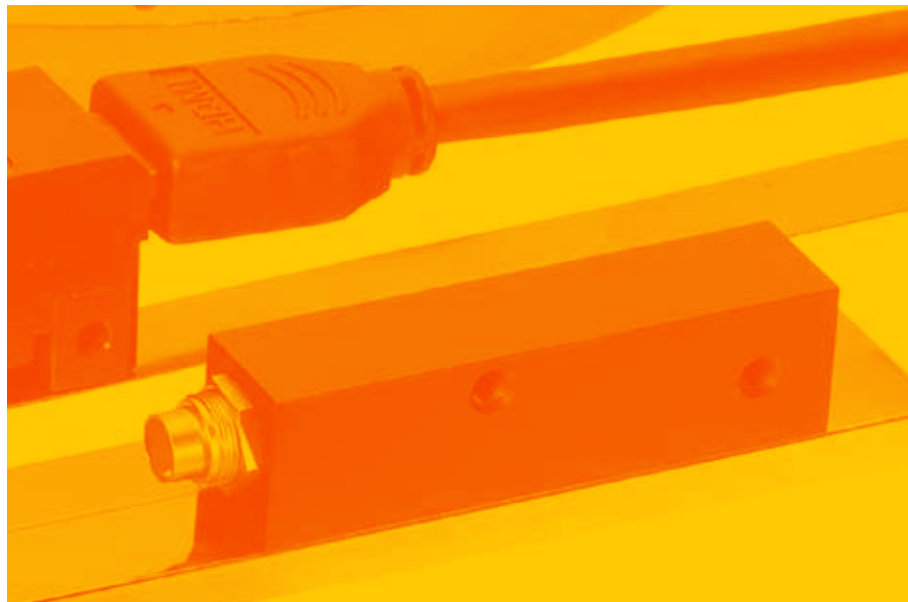
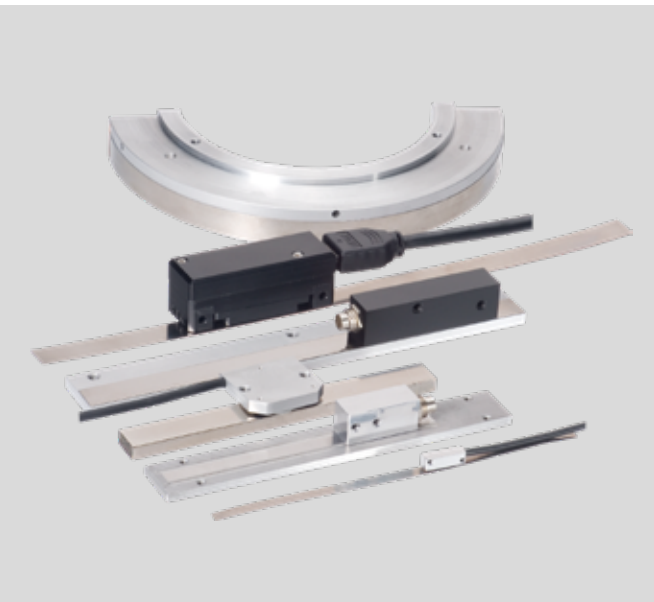
Dr. Ernst-Rudolf Weidlich<sup>14</sup>  
GRT GmbH & Co. KG





FRAUNHOFER IST

# AUSGEZEICHNETE ZUSAMMENARBEIT





Mit neuer Technologie und innovativer Funktionalität setzt ITK Dr. Kassen GmbH Maßstäbe in der High-End-Mikroskopie. Zentrale Komponenten wie Linearmotoren, Steuerungen und Messsysteme werden bei ITK nicht zugekauft, sondern selbst gefertigt, so dass problemlos auch umfassende Anpassungen vorgenommen und maßgeschneiderte Lösungen angeboten werden können.

Um an der Spitze stehen zu können, sind exzellente Kooperationen und langfristige vertrauensvolle Zusammenarbeiten zwingend erforderlich. Die magnetische Positionsmesstechnik made by ITK Dr. Kassen GmbH, eine magnetoresistive Messtechnik, ist im Gegensatz zu optischen Messsystemen unempfindlich gegenüber Verschmutzungen und besitzt deutlich weniger Alterungseffekte auch in extremen Umgebungen. Hier kooperiert ITK Dr. Kassen GmbH seit 2015 mit dem Fraunhofer IST.

Um höchsten Ansprüchen zu genügen und nachhaltige Lösungen zuverlässig anzubieten, hat ITK Dr. Kassen GmbH gemeinsam mit dem Fraunhofer IST eine Lösung für hochpräzise magnetische Absolutmesssysteme entwickelt. Das Kernstück der Längen- und Positionsmesstechnik ist hierbei das Zusammenspiel einer ausgefeilten Codier- und Auslesetechnik mit robusten und exzellenten magnetischen Bändern.

Durch eine ausgetüftelte Signalverarbeitung werden Positionsaufösungen im einstelligen Nanometerbereich und Wiederholgenauigkeiten von  $\pm 100$  nm ermöglicht.

Hier erfolgte im Zuge gemeinsamer Entwicklung ein Technologiewechsel hin zu Magnetschichten, die umweltfreundlich mit hoher Reproduzierbarkeit und Prozesssicherheit im Vakuum abgeschlossen werden. Dabei kommt die Hohlkathodentechnologie des Fraunhofer IST zum Einsatz, die mittels einzigartiger hartmagnetischer Funktionsschichten für eine bisher nicht dagewesene Positioniergenauigkeit sorgt und eine nochmalige Steigerung der Robustheit gegen Störfelder aufweist.

Durch die erfolgreiche Kooperation zwischen Fraunhofer IST und ITK Dr. Kassen konnte ein Meilenstein im Bereich der präzisen Positionierung im Bereich von Mikroskoptischen, sowie linearen Maßstäben erreicht werden, der seinesgleichen sucht. Auf der Basis der gemeinsamen Entwicklungen schauen wir von ITK Dr. Kassen GmbH zusammen mit Partnern der Branche der magnetischen Sensorik und Messtechnik mit dem Fraunhofer IST in eine spannende und innovative Zukunft. Wir sind überzeugt davon, dass diese Reise gerade erst begonnen hat und noch viele wegweisende Erkenntnisse und Lösungen produzieren wird.

Dr.-Ing. Ingolf Schäfer  
ITK Dr. Kassen GmbH

# DAS INSTITUT IM PROFIL

Das Fraunhofer IST ist ein innovativer Partner für Forschung und Entwicklung in der Oberflächentechnik mit Kompetenzen in den zugehörigen Produkt- und Produktionssystemen. Als international anerkannter Partner für Forschung und Entwicklung erschließt das Institut die Synergien der Prozess-, Verfahrens- und Fertigungstechnik.

Durch Modifizierung, Strukturierung und Beschichtung der Oberfläche werden unterschiedlichste Funktionen und Funktionalitäten und damit zukunftsfähige Produkte und Systeme realisiert. Reibungsminderung, Verschleiß- und Korrosionsschutz, optische Eigenschaften bis hin zu smarten sensorischen Eigenschaften sind Beispiele hierfür.

Ausgehend vom Leitbild der Nachhaltigkeit erarbeiten wir gemeinsam mit Kunden aus Industrie und Forschung maßgeschneiderte und nachhaltige Lösungen – vom Prototyp über wirtschaftliche Produktionsszenarien bis hin zur Skalierung auf industrielle Maßstäbe, und dies auch unter der Maßgabe geschlossener Material- und Stoffkreisläufe.

Eine der besonderen Stärken des Instituts besteht darin, auf der Basis eines breiten Spektrums an Verfahren und Schichtwerkstoffen die für die jeweilige Aufgabenstellung optimale Prozesskette zu gestalten. Schwerpunkte des Fraunhofer IST in den Branchen Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrt, Energie und Elektronik, Optik sowie Life Science und Umwelt sind:

- Energiespeicher und Systeme mit dem Fokus auf Batterie-zellfertigung und Wasserstofftechnologie
- Mikro- und Sensortechnologie / Industrie 4.0
- Tribologische Systeme und flexible Produktion
- Präzisionsoptische Beschichtungen
- Multifunktionale Oberflächen für Medizintechnik und Pharmaproduktion
- Diamantbasierte Systeme für saubere Technologien
- Cyber-physische Systeme und Computational Surface Engineering & Science

Das IST setzt seine Kompetenzen in vielfältigen Technologien zur Beschichtung, Behandlung und Strukturierung von Oberflächen ein. Dazu steht eine umfangreiche Ausstattung zur Verfügung. Technologien sind u. a.:

- Elektrochemische Verfahren, insbesondere Galvanik
- Atmosphärendruckplasmaverfahren
- Niederdruckplasmaverfahren mit den Schwerpunkten Magnetronspütern, hochionisierte Plasmen und plasma-aktivierte Gasphasenabscheidung sowie
- Chemische Gasphasenabscheidung mit dem Schwerpunkt Heißdraht-CVD und
- Atomlagenabscheidung ALD
- Chemische, mechanische und thermische Oberflächenbehandlung

Das Fraunhofer IST verfügt nicht nur über eine sehr gut ausgestattete Oberflächenanalytik und Qualitätssicherung, sondern auch über umfangreiche Erfahrungen in der Modellierung und Simulation sowohl von Produkteigenschaften als auch der zugehörigen Prozesse und Produktionssysteme. Weitere Kompetenzen umfassen die Bereiche Nachhaltige Fabriksysteme und Life Cycle Management.

Neben anwendungsorientierter Forschung werden in Kooperationen mit Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auch die wissenschaftlichen Grundlagen dazu erforscht. Neben direkter Auftragsforschung werden viele Projekte mit öffentlichen Mitteln des Landes Niedersachsen, des Bundes, der Europäischen Union und anderer Institutionen gefördert.

Am Hauptstandort Braunschweig verfügt das Institut über 4000 m<sup>2</sup> Büro- und Laborfläche. Darüber hinaus stehen am Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des Fraunhofer IST am Standort Göttingen weitere 1500 m<sup>2</sup> Labor- und Bürofläche zur Verfügung.





Gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IKTS und IFAM ist das Fraunhofer IST eine tragende Säule im Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS. In der Übergangsphase stehen den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Laborflächen im Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) und Büros im Lilienthalhaus am Forschungsflughafen Braunschweig zur Verfügung. Ein neues Gebäude ebenfalls am Forschungsflughafen Braunschweig, in dem die Büros und Labore einziehen werden, befindet sich in der Planung.

Am Standort Wolfsburg engagiert sich das Fraunhofer IST gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IFAM, IWU und WKI im Fraunhofer-Projektzentrum. Im Rahmen der BMBF-Initiative »Forschungscampus OHLF« arbeitet das Projektzentrum an verschiedenen Themen zur Mobilität: Die Forschungsfelder sind »ressourceneffizienter Leichtbau«, »flexible Produktion« und »Future Interior im Fahrzeugbau«. Gemeinsam erarbeiten die beteiligten Fraunhofer-Institute Lösungsansätze, um die gesamte Prozesskette für Leichtbaustrukturen zu entwickeln und großseriennah zu erproben.

Darüber hinaus ist das Fraunhofer IST am Standort Salzgitter in seiner Rolle als wissenschaftlicher Partner am Wasserstoff Campus vertreten. Mit der Unterzeichnung einer Kooperationsvereinbarung zwischen der Salzgitter AG, MAN Energy Solutions, Bosch, Alstom, WEVG, dem Fraunhofer IST, dem Projektbüro Südostniedersachsen, in dem das Amt für regionale Landesentwicklung und die Allianz für die Region GmbH gemeinsam agieren, und der Stadt Salzgitter entstand im September 2020 ein lokalpolitischer Meilenstein hinsichtlich der Entstehung des Campus.

# PROFESSUREN AN UNIVERSITÄTEN UND HOCHSCHULEN

Das Fraunhofer IST ist mit vier Professuren an der Technischen Universität Braunschweig vertreten. Seit 2012 kooperiert das Institut darüber hinaus mit der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim / Holzminden / Göttingen HAWK im Rahmen des Anwendungszentrums für Plasma und Photonik.

## TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

### Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

*Forschungsschwerpunkte:*

- Nachhaltigkeit in der Produktion
- Life Cycle Engineering
- System of Systems Engineering
- Cyber-physische Produktionssysteme

### Institut für Partikeltechnik iPAT

Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade

*Forschungsschwerpunkte:*

- Mechanische Verfahrenstechnik
- Partikeltechnik
- Batterieverfahrenstechnik
- Pharma- und Bioverfahrenstechnik
- Pulver- und Suspensionsprozesse

### Institut für Oberflächentechnik IOT

Prof. Dr. Günter Bräuer

*Forschungsschwerpunkte:*

- Schicht- und Oberflächentechnik
- Niederdruckplasmen
- Magnetronputtern
- Plasmadiffusionsverfahren

Prof. Dr. Michael Thomas (Honorarprofessur)

*Forschungsschwerpunkte:*

- Grenzflächenchemie
- Atmosphärendruck-Plasmaverfahren

## HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFT UND KUNST HILDESHEIM/HOLZMINDEN/GÖTTINGEN HAWK

### Fakultät Ingenieurwissenschaften und Gesundheit

Prof. apl. Prof. Dr. Wolfgang Viöl

*Forschungsschwerpunkte:*

- Lasertechnologie
- Plasmatechnologie
- Plasmamedizin

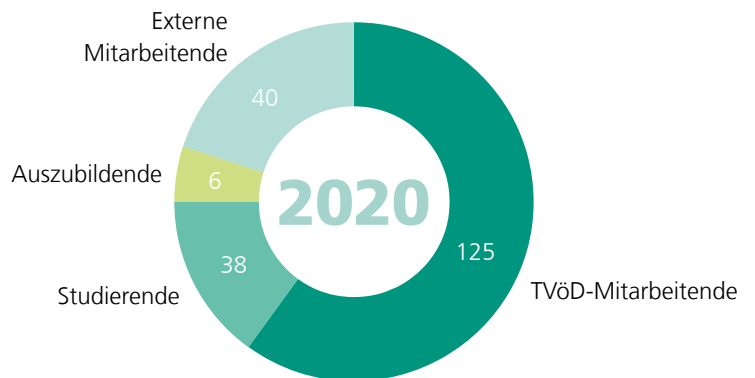


# DAS INSTITUT IN ZAHLEN

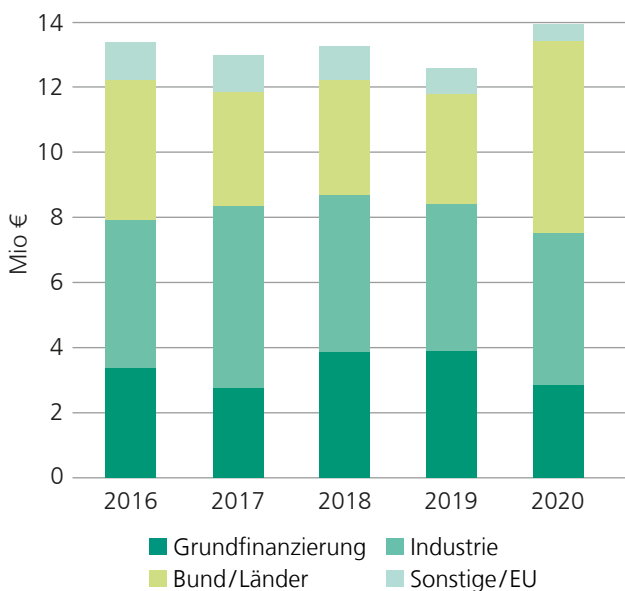
## Mitarbeiterentwicklung



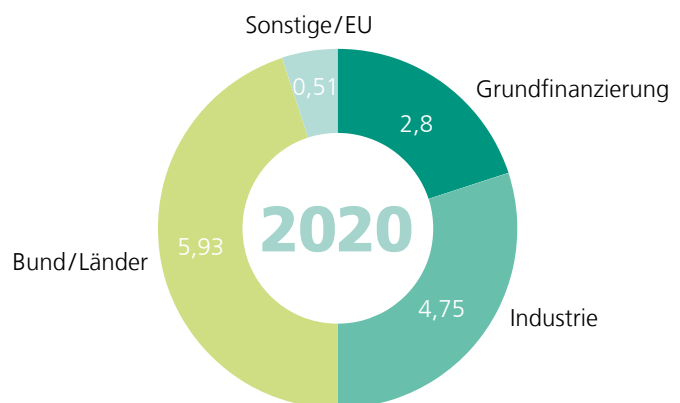
**209**  
Mitarbeitende



## Betriebshaushalt



**€ 13,99 Mio.**  
Betriebshaushalt





## GRÜNE WASSERSTOFFTECHNOLOGIE IST EIN GEMEINSCHAFTSPROJEKT

Einen Ort, an dem verschiedene Unternehmen daran arbeiten, die Klimaschutzziele der Europäischen Union zu erreichen – auf dem Wasserstoff Campus in Salzgitter gibt es ihn. Mit Unterstützung des Fraunhofer IST arbeiten regionale Unternehmen daran, grünen Wasserstoff herzustellen und einzusetzen.

Bis 2050 soll der Ausstoß von Treibhausgasen in der Europäischen Union um 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden. Für Industrie und Wirtschaft könnte Wasserstoff ein wichtiger Baustein für die Dekarbonisierung sein. Um Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff mittels Elektrolyse zu trennen, ist der Einsatz von Strom notwendig. Seit einiger Zeit rücken dafür erneuerbare Energien – Wind- und Solarenergie – in den Fokus. Der umweltfreundlich gewonnene Wasserstoff (grüner Wasserstoff) lässt sich gut speichern. In Zusammenarbeit mit Firmen wie der Salzgitter AG, MAN Energy Solutions, Bosch, Alstom und Salzgitters Wasser- und Energieversorgungsgesellschaft WEVG arbeitet das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST auf dem Campus Salzgitter daran, Technologien für die Praxis zu entwickeln.

### Wasserstoff Campus Salzgitter

#### Ein gemeinsamer Campus für die Wasserstoff-Forschung

Im September 2020 gründeten die fünf Unternehmen zusammen mit der Stadt Salzgitter, dem Projektbüro Südostniedersachsen und dem Fraunhofer IST den gemeinschaftlichen Wasserstoff Campus. Die Idee für die Kooperation lokaler Akteure entstand bereits ein Jahr zuvor: Die Suche nach umweltfreundlichen Prozessen, gleichzeitig wirtschaftlich zu handeln und Arbeitsplätze in der Region zu erhalten, eint die Akteure. Bereits im Vorfeld hatten die Firmen sich mit Wasserstoff als gasförmigem Energieträger innerhalb ihrer Produktionsketten oder für ihre Produkte beschäftigt.

Die bisherige Bilanz: Weltweite Beachtung fand der Coradia iLint von Alstom als erster mit Wasserstoff-Brennstoffzellen angetriebener Personenzug. Nicht weit entfernt vom Salzgitteraner Werk des französischen Zugherstellers arbeitet die Salzgitter AG daran, ihr Stahlwerk durch den Einsatz regenerativer Energien und elektrolytisch erzeugten Wasserstoff CO<sub>2</sub>-neutral zu betreiben.

Auf dem Werksgelände des Automobilzulieferers Bosch, der in Salzgitter Motorsteuergeräte produziert, entstehen Büros und Anlagen, in denen Verfahren zur Lagerung und Nutzung von Wasserstoff erforscht und erprobt werden. Bosch sucht nach Möglichkeiten, Wasserstoff als Energieträger in der Produktion einzusetzen. Das Fraunhofer IST begleitet die Prozesse aus Perspektive der angewandten Forschung.



2

1 *Vision des Wasserstoff Campus Salzgitter.*

2 *Die Unterzeichnenden der Kooperationsvereinbarung für den Wasserstoff Campus Salzgitter. v.l.: Dr. Ulrike Witt (Amt für regionale Landesentwicklung), Dr. Jens Sprotte (ALSTOM Transport Deutschland GmbH), Jan Van den Houte (ALSTOM Transport Deutschland GmbH), Oberbürgermeister Frank Klingebiel (Stadt Salzgitter), Rainer Krause (WEVG Salzgitter), Mark Grunewald (MAN Energy Solutions SE), Prof. Dr.-Ing. Heinz Jörg Fuhrmann (Salzgitter AG), Michael Gensicke (Robert Bosch Elektronik GmbH), Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann (Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST), Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade (Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST), StS Matthias Wunderling-Weilbier (Niedersächsisches Ministerium für Bundes- und Europaangelegenheiten und Regionale Entwicklung) und Dr. Frank Fabian (Allianz für die Region).*

---

## Forschung für die industrielle Anwendung

---

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik befasst sich unter der Leitung von Prof. Christoph Herrmann im Themenfeld »Wasserstofftechnologie« mit der gesamten Wertschöpfungskette – von der Erzeugung über die Speicherung hin zur Nutzung. Entwickelt werden Verfahren und Materialien, um Elektrolyseure, Wasserstoffspeicher und Brennstoffzellen in Fabriken einsetzen zu können. Wasserstoff soll einfließen in umwelt- und benutzerfreundliche Prozesse der Produktion und in unsere Mobilität. Die gemachten Erfahrungen, zum Teil durch den Einsatz digitaler Werkzeuge und Modelle, unterstützen langfristig die Entstehung von neuen, nachhaltigen Nutzungskonzepten des grünen Wasserstoffs. Sie helfen bei der Etablierung von Entwicklungspfaden, die auch bei späteren Forschungen angewendet werden können.

Unterstützt wird der Wasserstoff Campus Salzgitter durch das Land Niedersachsen. Die Stadt Salzgitter bringt aus ihren vom Land zur Verfügung gestellten Mitteln zur Förderung wirtschaftlicher Strukturen rund sieben Millionen Euro in den Wasserstoff Campus ein. Die räumliche Nähe zueinander und zu den beteiligten Unternehmen erleichtert die Vernetzung.

---

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Sabrina Zellmer  
 Telefon +49 531 2155-528  
 sabrina.zellmer@ist.fraunhofer.de

# IHRE ANSPRECHPARTNER

## INSTITUTSLEITUNG UND VERWALTUNG

---

### Institutsleitung

---

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann<sup>1</sup>  
Telefon: +49 531 2155-503  
christoph.herrmann@ist.fraunhofer.de

---

### Verwaltung

---

Annelie Maria Lambert<sup>5</sup>  
Durchwahl: 519  
annelie.lambert@ist.fraunhofer.de

---

### Stellvertretende Institutsleitung

---

Dr. Lothar Schäfer<sup>2</sup>  
Durchwahl: 520  
lothar.schaefer@ist.fraunhofer.de

---

### Marketing und Kommunikation

---

Dr. Simone Kondruweit<sup>6</sup>  
Durchwahl: 535  
simone.kondruweit@ist.fraunhofer.de

---

### Forschungsplanung und -netzwerke Assistenz der Institutsleitung

---

Dipl.-Ing. Carola Brand<sup>3</sup>  
Durchwahl: 574  
carola.brand@ist.fraunhofer.de

---

### IT

---

Andreas Schlechtweg<sup>7</sup>  
Durchwahl: 633  
andreas.schlechtweg@ist.fraunhofer.de

---

### Prozess- und Innovationsmanagement

---

Dr. Marko Eichler<sup>4</sup>  
Durchwahl: 636  
marko.eichler@ist.fraunhofer.de

---

### Technische Dienste

---

Stephan Thiele<sup>8</sup>  
Durchwahl: 440  
stephan.thiele@ist.fraunhofer.de



## ABTEILUNGS-, GRUPPEN- UND TEAM-LEITERINNEN UND -LEITER

### Niederdruckplasmaverfahren

Dr. Michael Vergöhl<sup>9</sup>  
 Durchwahl: 640  
 michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de  
*Optische Schichtsysteme | Prozessentwicklung | Materialentwicklung*

### Magnetronerstäubung

*Großflächenelektronik | Transparente und leitfähige Schichtsysteme |  
 Prozesstechnologie | Anlagen- und Prozessentwicklung | Neue Halb-  
 leiter für Photovoltaik und Mikroelektronik*

### Hochionisierte Plasmen und PECVD

Dr.-Ing. Ralf Bandorf<sup>10</sup>  
 Durchwahl: 602  
 ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de  
*Sensorische Multifunktionsschichten | Hochionisierte Pulsprozesse  
 (HIPIMS) | Mikrotribologie | Elektrische Funktionsschichten |  
 Hohlkathodenverfahren (HKV, GFS) | Plasmaunterstützte CVD  
 (PECVD)*

### Simulation

Dr. Andreas Pflug<sup>11</sup>  
 Durchwahl: 629  
 andreas.pflug@ist.fraunhofer.de  
*Simulation von Anlagen, Prozessen und Schichteigenschaften |  
 Modellbasierte Auslegung von Beschichtungsprozessen*

### Chemische Gasphasenabscheidung

Dr. Volker Sittinger<sup>12</sup>  
 Durchwahl: 512  
 volker.sittinger@ist.fraunhofer.de

Dr. Markus Höfer<sup>13</sup>  
 Senior Scientist  
 Durchwahl: 620  
 markus.hoefer@ist.fraunhofer.de

### Atomlagenabscheidung

Dipl.-Chem. TG, PMP Tobias Graumann<sup>14</sup>  
 Durchwahl: 647  
 tobias.graumann@ist.fraunhofer.de  
*Produktnaher Systembau | Schicht- und Prozessentwicklung | Hoch-  
 konforme Beschichtung von 3D-Strukturen*

### Heißdraht-CVD

Dr.-Ing. Christian Stein<sup>15</sup>  
 Durchwahl: 647  
 christian.stein@ist.fraunhofer.de  
*Diamantschichten und Silizium-basierte Schichten | Werkzeug- und  
 Bauteilbeschichtung für extreme Verschleißbeständigkeit | Diamant-  
 beschichtete Keramiken DiaCer® | Elektrische Anwendungen für  
 Halbleiter, Barrieren | Antireflex*

### Photo- und elektrochemische Umwelttechnik

Dipl.-Ing. (FH) Frank Neumann<sup>16</sup>  
 Durchwahl: 658  
 frank.neumann@ist.fraunhofer.de  
*Prüftechnik | Photokatalyse | Diamantelektroden für elektroche-  
 mische Wasserbehandlung | Luft-, Wasser- und Selbstreinigung |  
 Produktevaluierung und Effizienzbestimmung*






---

### Atmosphärendruckverfahren

---

Dr. Michael Thomas<sup>17</sup>  
 Durchwahl: 525  
 michael.thomas@ist.fraunhofer.de

### Atmosphärendruck-Plasmaverfahren

Dr. Kristina Lachmann<sup>18</sup>  
 Durchwahl: 683  
 kristina.lachmann@ist.fraunhofer.de  
*Oberflächenfunktionalisierung und -beschichtung | Kleinserienfertigung | Plasma-Printing | Mikroplasma | Niedrig-Temperatur-Bonden | Elektrodenentwicklung und Anlagenbau | Haftvermittelnde Beschichtungen und Antihafschichten*

### Elektrochemische Verfahren

Rowena Duckstein, M. Sc.<sup>19</sup>  
 Durchwahl: 619  
 rowena.duckstein@ist.fraunhofer.de  
*Verfahrensentwicklung | Metallbeschichtung | Kunststoffmetallisierung | Ionische Flüssigkeiten | Kunststoff- und Metallvorbehandlungen | Elektrochemische Synthese*

### Oberflächenchemie

Dr. Kristina Lachmann<sup>18</sup>  
 Durchwahl: 683  
 kristina.lachmann@ist.fraunhofer.de  
*Biofunktionale Schichten | Layer-by-layer-Verfahren | Gasphasen- und Photopolymerisation | Nachweis reaktiver Gruppen | Kombinationsverfahren – Plasma/3D-Druck*

---

### Zentrum für tribologische Schichten

---

Dr.-Ing. Jochen Brand<sup>20</sup>  
 Durchwahl: 600  
 jochen.brand@ist.fraunhofer.de  
*Systemanalyse und Systemoptimierung | Tribologische Beschichtungen | Tribotesting | Anlagenkonzeptionierung*

### Mikro- und Sensortechnologie

Anna Schott, M. Sc.<sup>21</sup>  
 Durchwahl: 674  
 anna.schott@ist.fraunhofer.de  
*Verschleißbeständige Dünnschichtsensorik zur Temperatur-, Kraft-, Verschleiß- und Abstandsmessung | Mikrostrukturierung 2D und 3D von Funktionsschichten | Sensormodule für Ur- und Umformverfahren | Sensorische Komponenten*

### Tribologische Systeme

Dr.-Ing. Martin Keunecke<sup>22</sup>  
 Durchwahl: 652  
 martin.keunecke@ist.fraunhofer.de  
*Prototypen- und Kleinserienfertigung | Plasmadiffusion | Reinigungstechnologie | Maschinenbau und Fahrzeugtechnik | Kohlenstoffbasierte Schichten (DLC) | Harte und superharte Schichten | Definierte Benetzung | Werkzeugbeschichtungen (Umformen, Schneiden, Zerspanen)*

### Dortmunder OberflächenCentrum DOC

Dipl.-Ing. Hanno Paschke<sup>23</sup>  
 Telefon: +49 231 844 5453  
 hanno.paschke@ist.fraunhofer.de  
*Duplex-Behandlungen durch Plasmanitrieren und PACVD-Technologie | Borhaltige Hartstoffschichten | Werkzeugbeschichtungen | Schichten für die Warmformgebung | Beschichtungen von Industriemessern*





24



25



26



27



28



29

---

## Anwendungszentrum für Plasma und Photonik

---

Dr.-Ing. Jochen Brand<sup>20</sup>

Durchwahl: 600

jochen.brand@ist.fraunhofer.de

Prof. Dr. Wolfgang Viöl<sup>24</sup>

Telefon: +49 551 3705-218

wolfgang.vioel@ist.fraunhofer.de

*Plasmapartikeltechnik und Kalt-Plasmaspritzen | Plasmaquellenkonzeption | Plasmamodifikation von Naturstoffen | Laser-Plasma-Hybridverfahren zur Mikrostrukturierung und Oberflächenmodifikation | Lasertechnik zur Materialbearbeitung und Charakterisierung*

---

## Analytik und Qualitätssicherung

---

Dr. Kirsten Schiffmann<sup>25</sup>

Durchwahl: 577

kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de

*Chemische Mikro- und Oberflächenanalyse | Mikroskopie und Kristallstruktur | Prüftechnik | Kundenspezifische Prüfverfahren | Auftragsuntersuchungen*

---

## Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS

---

Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade<sup>26</sup>

Telefon: +49 531 391-9610

arno.kwade@ist.fraunhofer.de

*Entwicklung mobiler und stationärer Energiespeicher und -systeme | Entwicklung und Skalierung von Prozesstechnologien | Batterieproduktion*

---

## Verfahrens- und Fertigungstechnik für nachhaltige Energiespeicher

---

Dipl.-Ing. Sabrina Zellmer<sup>27</sup>

Durchwahl: 528

sabrina.zellmer@ist.fraunhofer.de

*Produkt- und Produktionssysteme | Energiespeicherentwicklung und -fertigung | Verfahrenstechnik | Nachhaltige Fabrikssysteme | Life Cycle Management*

---

## Material- und Prozessentwicklung

Dipl.-Ing. Jutta Hesselbach<sup>28</sup>

Durchwahl: 613

jutta.hesselbach@ist.fraunhofer.de

*Beschichtung und Funktionalisierung von Oberflächen und Partikeln | Herstellung von Anoden- / Kathodenmaterialien und Festkörperelektrolyten | Formulierungsstrategien für Festkörperbatterien | Elektrodenfertigung | Charakterisierung vom Material bis zur Zelle*

---

## Nachhaltige Fabrikssysteme und Life Cycle Management

Dr. Stefan Blume<sup>29</sup>

Durchwahl: 532

stefan.blume@ist.fraunhofer.de

*Batteriezellfertigung | Data Mining und Data Analytics | Modellbasierte Planung, Simulation und Betrieb von Batterie-Produktionssystemen | Cyber-physische Produktionssysteme | Ökonomische und ökologische Lebensweganalysen*

# FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGSANGEBOT

Ausgehend vom Leitbild der Nachhaltigkeit gestalten wir Systeme vom Werkstoff über den Prozess zum Bauteil und von der Prozesskette bis zur Fabrik bis hin zum Recycling.

---

## Prozessentwicklung und -qualifizierung

---

- Vorbehandlung, z. B. Reinigung auf wässriger Basis, Plasmareinigung, nasschemische Vorbehandlungen, Partikelstrahlen
- Oberflächenmodifikation und -beschichtung
- Entwicklung kundenspezifischer Prozesse, Schichten und Schichtsysteme
- Simulation und Modellierung von Oberflächen, Schichtsystemen und Beschichtungsprozessen
- Prozesstechnik (einschließlich Prozessdiagnostik, -modellierung und -regelung)
- Entwicklung von Systemkomponenten
- Geräte- und Anlagendesign

---

## Produkt- und Produktionssystementwicklung

---

- Mobile und stationäre Energiespeicher und -systeme
- Tribologische und sensorische Systeme
- Optische Systeme
- Adaptive Haftsysteme
- Diamantbasierte Systeme
- Kombinationsverfahren, z. B. 3D-Druck mit Plasma
- Klebstofffreie Fügeverfahren
- Ökologische und ökonomische Lebensweganalysen (Life Cycle Assessment/Life Cycle Costing)
- Nachhaltige Fabrikssysteme: modellbasierte Planung, Simulation und Betrieb von Produktionssystemen
- Durchgängige Prozessautomatisierung und Aufbau cyber-physischer Produktionssysteme, z. B. Galvanik 4.0



---

### **Analytik und Qualitätssicherung**

---

- Chemische Mikro- und Oberflächenanalyse
- Mikroskopie und Strukturanalyse
- Optische und elektrische Charakterisierung
- Plasma-Diagnostik und Simulation
- Fertigungskontrolle und Schadensanalyse
- Kundenspezifische Prüfverfahren
- Auftragsuntersuchungen, 24-Stunden-Service

---

### **Technologietransfer**

---

- Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Entwicklung wirtschaftlicher Produktionsszenarien
- Prototypenentwicklung, Kleinserienfertigung, Beschichtung von Musterbauteilen
- Anlagenkonzepte und Fertigungsintegration
- Auslegung von Prozessketten und Produktionssystemen
- Produktionsbegleitende Forschung und Entwicklung
- Beratung und Schulungen



# LABORAUSSTATTUNG UND GROSSGERÄTE

## Niederdruckplasmaverfahren

- Produktionsanlagen für a-C:H:Me, a-C:H, Hartstoffschichten (bis 3 m<sup>3</sup> Volumen)
- Beschichtungsanlagen auf Basis der Magnetron- und RF-Dioden-Zerstäubung
- Sputteranlagen für optische Präzisionsschichten
- Produktionsanlage EOSS® für optische Interferenzfilter
- Optische in-situ Schichtdickenmessung und Prozesskontrolle mittels MOCCA+®
- Inline-Beschichtungsanlage für großflächige optische und elektrische Funktionsschichten (bis 60 × 100 cm<sup>2</sup>)
- Industrielle Beschichtungsanlagen mit HIPIMS-Technologie
- Plasmadiffusionsanlagen
- Anlagen für Hohlkathodenverfahren
- Reinraumumgebungen für die Substratreinigung und Anlagenbestückung

## Chemische Gasphasenabscheidung

- Beschichtungsanlagen für thermische und plasma-aktivierte Atomlagenabscheidung (ALD), 2D und 3D
- Heißdraht-CVD-Anlagen für die Abscheidung von kristallinen Diamantschichten auf Flächen bis 50 × 100 cm<sup>2</sup> und für die Innenbeschichtung
- Heißdraht-CVD-Anlagen für die Abscheidung von Silizium-basierten Schichten (Durchlaufverfahren und Batchverfahren bis 50 × 60 cm<sup>2</sup>)
- Anlagen für die Beschichtung mittels plasma-aktivierter CVD (PACVD), kombiniert mit Plasmanitrieren

## Atmosphärendruck-Plasmaverfahren

- Atmosphärendruck-Plasmaanlagen zur großflächigen Funktionalisierung und Beschichtung (bis 40 cm Breite)
- Mikroplasmaanlagen zur selektiven Funktionalisierung von Oberflächen (bis Ø = 20 cm)
- Bond-Aligner mit integriertem Plasmatool zur Vorbehandlung von Wafern im Reinraum
- Rolle-zu-Rolle-Anlage zur ortsselektiven Oberflächenfunktionalisierung bis 10 m/min
- Anlage zur Innenbeschichtung von Beuteln oder Flaschen
- Mobile Atmosphärendruck-Plasmaquellen
- S1-Bioplasma-Labor mit Sicherheitswerkbank

## Lasertechnik und Mikrostrukturierung

- Laser für 2D- und 3D-Mikrostrukturierung (Nanosekunden-Festkörperlaser Nd: YAG-Laser); CO<sub>2</sub>-Laser sowie Excimer-Laser, Halbleiterlaser, Pikosekundenlaser
- Automatisierte Anlage zur Polyelektrolyt-Abscheidung
- Mask-Aligner für photolithographische Strukturierung
- Mikrostrukturierungslabor (40 m<sup>2</sup> Reinraum)
- Reinraum Sensorik (35 m<sup>2</sup>)
- Laserstrukturierungslabor (17 m<sup>2</sup>)
- EUV-Spektrographie

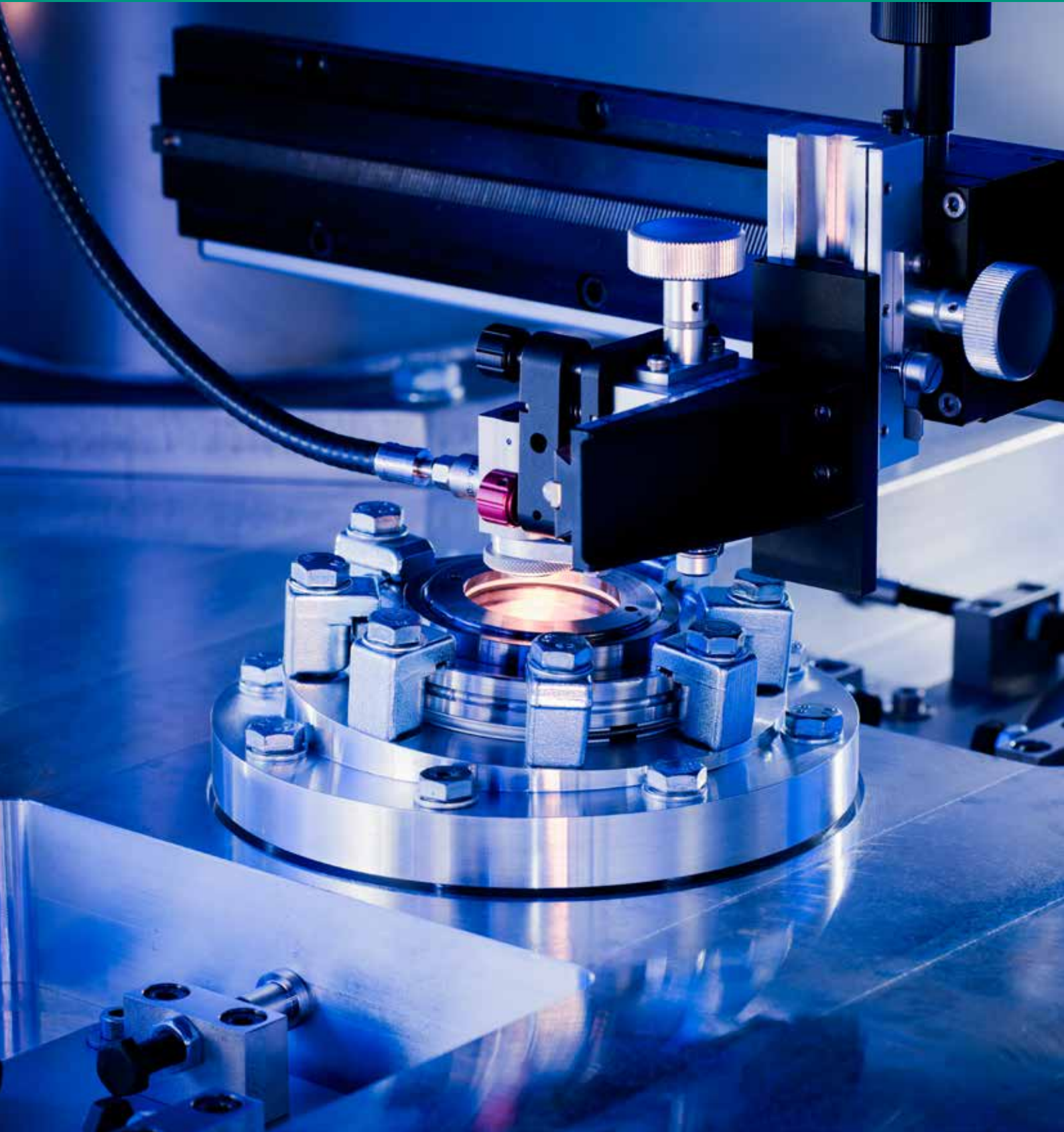
## Galvanik

- Modulare Technikumsgalvanik (20 Stationen für Aktivbäder mit einem Volumen von je 20 l)
- Eloxal-Anlage (11 Aktivbäder mit einem Volumen von je 140 l und 2 Eloxal-Bäder mit einem Volumen von je 350 l)

## Vorbehandlung

- 15-stufige Anlage für die Reinigung auf wässriger Basis
- Glasreinigungsanlage
- Partikelstrahlanlage
- Sputteranlagen und Plasmajets für die Plasmareinigung







# LABORAUSSTATTUNG UND MESSTECHNIK

## Chemische und strukturelle Analyse

- Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX)
- Elektronenstrahl-Mikroanalyse (WDX, EPMA)
- Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS)
- Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS)
- Glimmentladungsspektroskopie (GDOES)
- Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA/XRF)
- Röntgen-Diffraktometrie (XRD, XRR)
- FTIR-Spektroskopie (ATR, Mikroskopie, IRRAS, DRIFT)
- RAMAN-Spektroskopie (532 nm, 633 nm, 785 nm, SERS, TERS)

## Mikroskopie

- Rasterelektronenmikroskop (REM)
- REM mit Focused Ion Beam (FIB)
- Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskop (STM, AFM)
- Konfokales Laser-Mikroskop (CLM)
- Lichtoptische Mikroskope

## Mechanische Tests

- Mikro- und Nanoindentierung (Härte, E-Modul)
- Rockwell- und Scratchtest (Schichthaftung)
- Gitterschnitttest, Stirnabzugstest (Schichthaftung)
- Diverse Schichtdickenmessverfahren
- Diverse Profilometer

## Messung optischer Eigenschaften

- UV-VIS-IR-Spektrometrie
- Ellipsometrie
- Farbmessung
- Winkelaufgelöste Streulichtmessung (ARS)
- Integrale Streulichtmessung (Haze)
- Schichtmappingsystem (0,6 x 0,6 m<sup>2</sup>) für Reflexions-, Transmissions-, Haze- und Raman-Messungen

## Messung von Reibung, Verschleiß und Korrosion

- Pin-on-Disk-Tester
- Kalottenverschleißtest (Calo)
- Wazau-Hochlasttribometer (an Luft, in Öl)
- CETR-Hochtemperaturtribometer (an Luft, in Öl)
- Plint-Wälztribometer (an Luft, in Öl)
- Taber-Abraser-Test, Scheuertest, Sandrieseltest, Bayer-Test
- Mikrotribologie (Hysitron)
- Impact- und Ermüdungstester (Zwick-Pulsator)
- Salzsprühtest, Klimatest, Sun-Test

## Plasma-Diagnostik

- Absorptions-Spektroskopie
- Photoakustische Diagnostik
- Laser-Induced Fluorescence LIF
- Hochgeschwindigkeitsaufnahmen
- Optische Emissionsspektroskopie OES
- Retarding Field Energy Analyzer RFEA
- Faser-Thermometrie
- Elektrische Leistungsmessung
- Numerische Modellbildung





## Anwendungsspezifische Messverfahren

### *Elektrische Messverfahren*

- Messung des Schichtwiderstands, induktiv und mittels Vier-Punkt-Methode
- Hall, Seebeck, Leitfähigkeit
- Elektrochemische Messplätze (CV-Messungen)
- Zeta-Potenzial-Messgerät für Oberflächen
- Messung des Kontaktwiderstands von Beschichtungen und Werkstoffen nach Vorgabe des (U.S.) Department of Energy (DOE), Anwendungen z.B.: Batterietechnik und Bipolarplatten in Brennstoffzellen
- Potentiodynamische Messungen der Korrosionsbeständigkeit nach Vorgabe des (U.S.) Department of Energy (DOE), Anwendung z. B. Batterietechnik und Bipolarplatten in Brennstoffzellen
- Charakterisierung von Solarzellen

### *Weitere spezialisierte Messverfahren*

- Messplätze zur thermo- und piezoresistiven Charakterisierung von Sensorschichten
- Testsysteme für die elektrochemische Abwasserbehandlung
- Zertifizierte Messplätze für photokatalytische Aktivität
- In-situ Bondenergiemessung
- Kontaktwinkelmessung (Oberflächenenergie)
- Biochip-Reader zur Fluoreszenzanalytik
- Nasschemische Schnelltests: colorimetrische Bestimmung von Ionen- und Molekülkonzentrationen
- Bewitterungstest: zyklische Simulation von UV- und Regenexpositionen
- Magnetische Messungen: Vibrationsmagnetometer (VSM)



# NACHHALTIGKEIT AM FRAUNHOFER IST

Nachhaltigkeit ist das bedeutendste gesellschaftliche Leitbild unserer Zeit. Weltweit stehen nachhaltige Entwicklungsprozesse auf der Agenda an erster Stelle. Die Vereinten Nationen haben 2015 als einen wichtigen Meilenstein in der Nachhaltigkeitspolitik die 17 UN Sustainable Development Goals (SDGs) verabschiedet. Das Fraunhofer IST hat die Nachhaltigkeit in seinem Leitbild verankert. Besonders relevant für die Arbeiten am Institut sind die Ziele 3, 6, 7, 9 und 12, zu denen im Folgenden ausgewählte Aktivitäten am Fraunhofer IST vorgestellt werden. Darüber hinaus gibt es am Institut aber auch Projekte und Entwicklungen, die weitere bzw. andere Ziele unterstützen.

## SDG 3: Gesundheit und Wohlergehen

Die Verbesserung der Gesundheitsvorsorge und medizinischen Versorgung sowie die Reduktion von Krankheiten und Todesfällen aufgrund von z. B. Schadstoffbelastungen sind wesentliche Ziele der UN. Hier leistet das Fraunhofer IST einen Beitrag mit dem Fokus auf die folgenden Themen:

### Geringere Schadstoffbelastung

Schadstoffe in der Luft oder dem Wasser sind häufige Ursachen für Krankheiten. Das Fraunhofer IST entwickelt photokatalytische Schichten, die diese Schadstoffe abbauen. Darüber hinaus ist das Institut an Projekten beteiligt, die sich mit der Reinigung bzw. Aufbereitung von Wasser beschäftigen: Diamantbeschichtete Elektroden sorgen mit Hilfe elektrochemischer Oxidation dafür, dass Mikroorganismen ohne Zugabe von Chemikalien abgetötet und organische Schadstoffe abgebaut werden (vgl. auch SDG 6: Sauberes Wasser).

### Innovative Medizinprodukte

Im Bereich der Gesundheitsvorsorge sowie der medizinischen Versorgung ist die Entwicklung neuartiger bzw. die Weiterentwicklung bestehender Medizinprodukte ein wichtiger Erfolgs-

faktor. Das Fraunhofer IST forscht hier u.a. an der Herstellung 3D-gedruckter biologisch abbaubarer Polymer-Gerüststrukturen, sogenannter Scaffolds, die zur Behandlung fehlender Knochenfragmente eingesetzt werden sollen. Sie dienen als Gerüst für neu wachsende Knochenzellen und bauen sich dann mit der Zeit im Körper ab. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer IST Beschichtungstechnologien auf Basis der Atomlagenabscheidung (ALD), um dünne Diffusionssperrschichten für Implantate herzustellen.

### Entkeimung von Oberflächen

Die Abtötung von Pilzsporen zum Schutz von Holz, die Sterilisation von Verpackungsmaterialien und die Entkeimung von Lebensmitteln oder Saatgut sind Beispiele für Herausforderungen zur Verbesserung von Gesundheit und Wohlergehen im Sinne der Nachhaltigkeitsziele. Am Fraunhofer IST werden Atmosphärendruck-Plasmaverfahren entwickelt, um auch temperaturempfindliche oder -labile Oberflächen zu entkeimen. Der Einsatz physikalischer Plasmen ist schnell, energieeffizient sowie umweltfreundlich und kann in vielen Fällen nass-chemische, z. T. ökologisch bedenkliche Verfahren ersetzen. Eine Möglichkeit für die chemikalienfreie Nassreinigung von Oberflächen bietet ozonisiertes Wasser, das mit Hilfe der am Fraunhofer IST entwickelten Diamantelektroden hergestellt werden kann.



### Lösungen zur Bewältigung der SARS-CoV-2-Pandemie

Von der Sterilisation von Kleidung und medizinischen Geräten bis hin zur Entwicklung von Diagnose- und Biosensorsystemen – Oberflächen spielen bei der Eindämmung der SARS-CoV-2-Pandemie eine zentrale Rolle. Mit verschiedenen Projekten leistet das Fraunhofer IST mit seiner Expertise in Forschung und Entwicklung in der Oberflächentechnik und Kompetenzen in den zugehörigen Produkt- und Produktionssystemen einen wichtigen Beitrag bei der Bekämpfung der aktuellen Corona-Pandemie sowie zur Prävention und Resilienz.

---

### SDG 6: Sauberes Wasser

---

Weltweit allen Menschen Zugang zu sauberem Wasser zu ermöglichen, ist ein wichtiges Ziel der UN. Darüber hinaus spielt sauberes Wasser auch bei der keimfreien Produktion von beispielsweise Arzneimitteln oder Lebensmitteln eine wichtige Rolle. Um die Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser- und Sanitärversorgung zu gewährleisten, konzentriert sich das Fraunhofer IST auf:

#### Sauberes (Trink-)Wasser für ländliche Gebiete

In Entwicklungsländern – vor allem in ländlichen Gebieten – sind auch heute noch viele Menschen ohne Zugang zu sauberem Wasser. Derzeit wird in vielen Projekten daran gearbeitet, neue Verfahren zur Versorgung dieser Gebiete mit sauberem Wasser zu entwickeln. Eine Möglichkeit dafür ist die Reinigung und Aufbereitung von Wasser aus Meeren, Seen, Flüssen oder auch Brunnen. Am Fraunhofer IST wurde ein System entwickelt, das für die Entkeimung diamantbeschichtete Elektroden einsetzt, um mit Hilfe elektrochemischer Oxidation Pilze, Algen, Bakterien und Viren abzutöten und organische Schadstoffe abzubauen.

#### Keimfreie (Lebensmittel-)Produktion

Bei der Produktion von Lebensmitteln oder auch im Bereich der Medizintechnik und Pharmazie ist hochreines Wasser ein unerlässlicher Ausgangsstoff. Oftmals werden die Anlagen zur Erzeugung von Reinstwasser jedoch nach einiger Zeit

von Keimen besiedelt. Das Fraunhofer IST erforscht Möglichkeiten, diese ohne den Einsatz von Chemikalien zu reinigen. Eine umweltfreundliche und kosteneffiziente Lösung stellt die optimierte kalte Sanitisierung unter Einsatz bordotierter Diamantschichten dar. Sie basiert auf einem elektrochemischen Prozess und benötigt weder zusätzliche Chemikalien noch erhöhte Temperaturen. Um eine Belagbildung auf technischen Oberflächen, das sogenannte Fouling, zu verhindern, werden am Fraunhofer IST darüber hinaus spezielle halogenfreie Antihaftschichten entwickelt.

---

### SDG 7: Bezahlbare und saubere Energie

---

Die Energiegewinnung mit Hilfe von Wind, Sonne oder Wasser spielt vor dem Hintergrund des Klimawandels eine immer bedeutendere Rolle. Gleichzeitig ist es notwendig, Möglichkeiten zu entwickeln, um die vorhandene Energie effizienter zu nutzen. Folgende Forschungsaktivitäten zur Sicherung des Zugangs zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle stehen am Fraunhofer IST im Vordergrund:

#### Effizientere Energienutzung

Schichtsysteme des Fraunhofer IST helfen, die Energieeffizienz zu steigern. Ein Beispiel dafür sind Erosionsschutzschichten auf Flugzeugtriebwerken. Sehr harte Multilagenschichten aus Keramik und Metall verhindern einen zu hohen Kraftstoffverbrauch und sinkende Wirkungsgrade. Ein weiteres Beispiel ist die Entwicklung elektrochromer Beschichtungen für Fenster, die z. B. die Sonneneinstrahlung in Gebäuden vermindern und dadurch Klimatisierungskosten senken. Energetische Optimierungen und Effizienzsteigerungen sind darüber hinaus ein Thema bei der nachhaltigen Fabrikplanung, die das Fraunhofer IST anbietet. Das sogenannte »Data Mining« in der Produktion – von der Datenerfassung bis zur Auswertung mittels Methoden des maschinellen Lernens – ermöglicht die Identifizierung von »Treibern« hinsichtlich des Energie- und Ressourcenverbrauchs.



### Energiespeicher für die Elektromobilität

Leistungsfähigere und sichere Energiespeichertechnologien werden im Hinblick auf die eingeläutete Energiewende und den erwarteten Boom der Elektro- und Wasserstoffmobilität immer bedeutender. Das Institut arbeitet u. a. intensiv an der Entwicklung von Funktionsschichten für Batterien heutiger und künftiger Generationen, welche die Leistungsfähigkeit und die Lebensdauer dieser Systeme für mobile und stationäre Anwendungen erhöhen. Darüber hinaus werden leistungsfähige Beschichtungen für Bipolarplatten entwickelt, die in Brennstoffzellen und Elektrolyseuren zum Einsatz kommen.

### Saubere Energie durch Sonne

Um die Nutzung erneuerbarer Energien voranzutreiben, müssen auch die Technologien zur Energiegewinnung weiterentwickelt werden. Das Fraunhofer IST beschäftigt sich in diesem Bereich mit der Entwicklung leistungsfähigerer Solarzellen. Zwei konkrete Beispiele sind hier die Herstellung von Halbleiterschichten für die Dünnschicht- und die siliziumbasierte Photovoltaik sowie die Entwicklung von Charakterisierungsmethoden für Dünnschicht-Solarzellen. Aktuell forscht das Fraunhofer IST gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IKTS und CSP zu Modulen für die photokatalytische Wasserspaltung zur Erzeugung von Wasserstoff als Energieträger.

---

### SDG 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur

---

Innovationsforschung ist ein bedeutendes Stichwort im Hinblick auf die nachhaltige und positive wirtschaftliche Entwicklung einer Gesellschaft. Das Fraunhofer IST arbeitet in Hinblick auf das neunte Nachhaltigkeitsziel der UN an folgenden Themen:

#### Nachhaltige Industrialisierung durch Sensorik

Im Zeitalter der Industrie 4.0 wird die Vernetzung von Produktion, Logistik und Kunden immer bedeutender. Digitalisierung und Automatisierung verschiedener Produktionsabläufe spielen bei der Entwicklung einer nachhaltigen Industrialisierung eine große Rolle. Das Fraunhofer IST forscht daher an der Entwicklung verschiedener Dünnschichtsensoren, die Kraft-,

Druck-, Dehnungs- oder Temperaturmessungen ermöglichen. Sogenannte »Smart Tools«, intelligente Werkzeuge mit erweiterten Funktionen, ermöglichen hochgenaue Messungen von Belastungen in vielfältigen industriellen Einsatzgebieten, steigern die Produktionseffizienz und tragen zur Erfüllung von erhöhten Sicherheitsanforderungen bei. So werden z. B. Module mit sensorischen Dünnschichtsystemen in Tiefziehanlagen und Antriebsmaschinen integriert, um eine effizientere Umformung und fehlerfreie Bearbeitung von Bauteilen zu gewährleisten.

#### Nachhaltige Fabrikplanung

Eine nachhaltige Industrialisierung setzt eine Analyse von verschiedenen Lebenszyklen voraus. Das Fraunhofer IST arbeitet daher an einer zielorientierten und systemischen Fabrikplanung im Bereich der Batteriezellfertigung. Modellbasierte Planungen, Simulationen und Betrieb von Batterie-Produktionssystemen sind dabei wichtige Faktoren. Die Aktivitäten des Instituts decken den kompletten Lebenszyklus von Batteriesystemen ab – vom Rohstoff bis zum Batterie-recycling – und konzentrieren sich gleichermaßen auf technische, ökonomische und ökologische Fragestellungen.

#### Innovation durch Simulation

Das Simulieren und das Modellieren von Beschichtungsprozessen bildet eine wichtige Grundlage für Innovationen. Basierend auf Daten aus einer am Fraunhofer IST durchgeführten Prozesssimulation konnte so z. B. ein »digitaler Zwilling« aufgebaut werden, der die Entwicklung hochkomplexer präzisionsoptischer Filtersysteme möglich machte.

---

### SDG 12: Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster

---

Knapper werdende Rohstoffe machen die Entwicklung nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster zu einem wichtigen Ziel der UN. Der Beitrag des Fraunhofer IST zur Sicherstellung nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster konzentriert sich auf:



### Effizientere Nutzung von Ressourcen

Am Fraunhofer IST werden innovative Prozesse und Materialien entwickelt, die den Einsatz von Rohstoffen während der Produktion reduzieren. Kombinationsprozesse aus Atmosphärendruck-Plasmaverfahren und elektrochemischen Verfahren ermöglichen so beispielsweise das gezieltere Aufbringen von Materialien. Optimierte Hartstoff- und nanostrukturierte Schichtsysteme für Umform-, Schneid- oder Zerspanwerkzeuge erhöhen zudem die Standzeiten diverser Anlagen, was zu einer wirtschaftlicheren und somit ressourcenschonenderen Fertigung führt. Darüber hinaus spielt auch die Entwicklung neuer Materialien eine wichtige Rolle. Durch die Kombination bestehender Schichten und Grundkörper werden am Institut Werkstoffe mit neuen Eigenschaften realisiert.

### Simulationsunterstützte Produktion

Einen weiteren Themenschwerpunkt des Fraunhofer IST stellt der Bereich Simulation und Modellierung dar. Simulationen ermöglichen immer kürzere Entwicklungszeiten, z.B. können durch die modellbasierte Auslegung und Implementierung

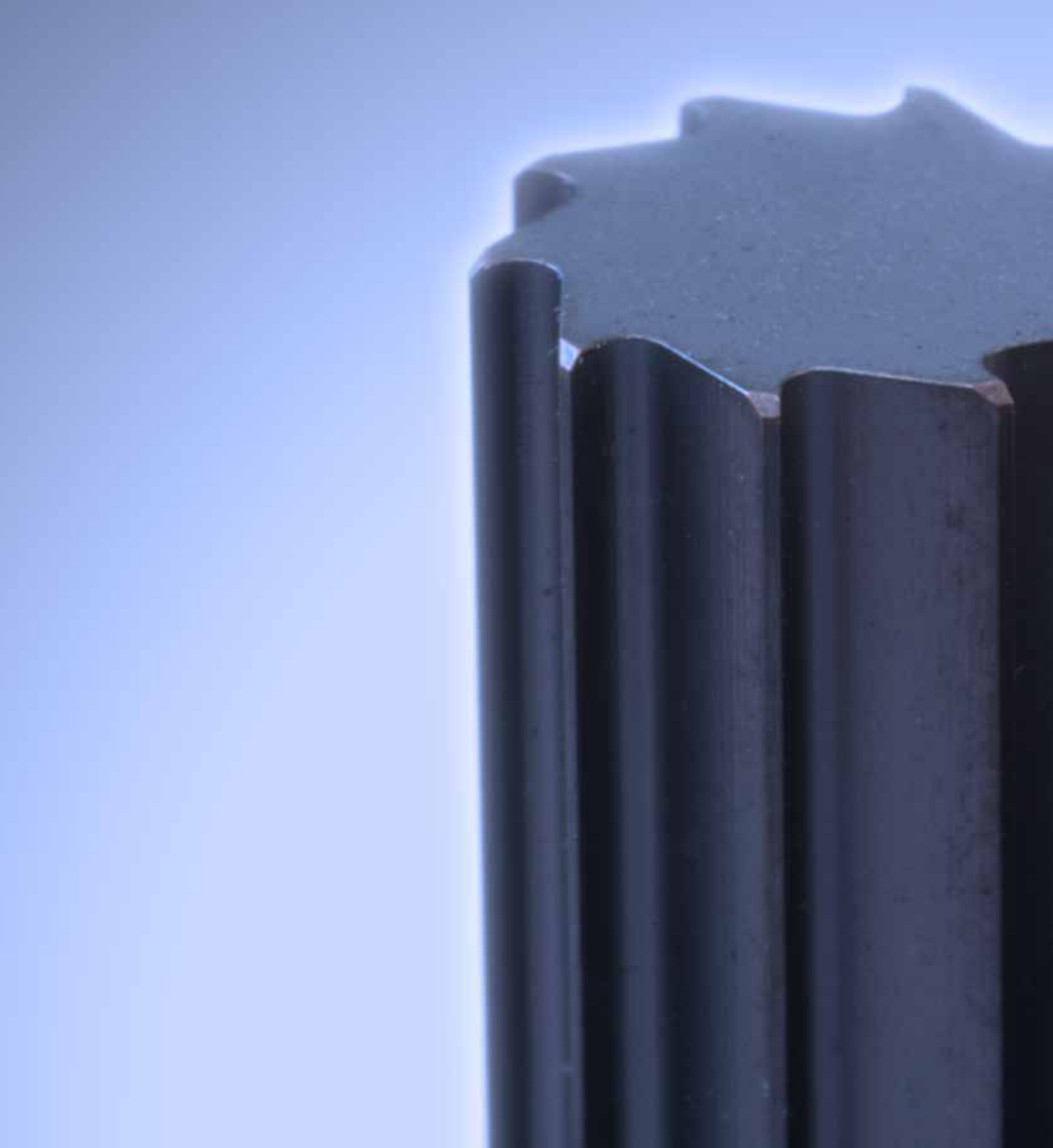
von Beschichtungsprozessen hocheffiziente Produktionsketten realisiert werden. Durch die Kopplung spezifischer Simulationsmodelle werden darüber hinaus Wechselwirkungen zwischen Produkten und Produktionssystemen bewertbar und dadurch Einsparpotenziale sichtbar. Der Aufbau von cyber-physischen Produktionssystemen ermöglicht eine nachhaltigere Auslegung der Produktion. Durch die Nutzung sogenannter »digitaler Zwillinge« lassen sich Gestaltungsalternativen in Echtzeit analysieren.

### Weniger Abfall

Recycling ist ein wichtiges Stichwort für die Arbeiten am Fraunhofer IST. Um das Abfallvorkommen zu verringern und gleichzeitig den umweltfreundlicheren Umgang mit Chemikalien zu fördern, arbeitet das Institut in den Bereichen Stoffentwicklung und -substitution. Beispiele sind die Entwicklung alternativer Materialien und Produktionsprozesse mit dem Ziel, diverse umweltschädliche Stoffe wie Indium-Zinn-Oxid (ITO) oder Chrom (VI) zu ersetzen.

**SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**







JAHRESBERICHT 2020



**MASCHINENBAU, WERKZEUGE  
UND FAHRZEUGTECHNIK**

2020



## INTELLIGENTE SCHRAUBVERBINDUNG – DÜNNSCHICHTSENSOR MELDET LOCKERE SCHRAUBEN

Schrauben an wichtigen Verbindungsstellen wie Brücken, Windkraftanlagen oder Maschinen in Produktionsstraßen, die sich mit der Zeit lockern, stellen ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar. Das Forschungszentrum IoT-COMMs – Teil des Fraunhofer-Clusters of Excellence Cognitive Internet Technologies CCIT – hat daher eine intelligente Schraubverbindung entwickelt, die eine drahtlose und energieautarke Überwachung ermöglicht. Dabei misst ein am Fraunhofer IST entwickelter Dünnschichtsensor die Kräfteinwirkungen auf die Schraubverbindung und Veränderungen der Umgebungstemperatur am Montageort. Ziel ist die Realisierung einer energieautarken Überwachung von Strukturen wie z. B. Brücken, Gerüsten oder Windkraftanlagen in einem permanenten Langzeit-Monitoring.

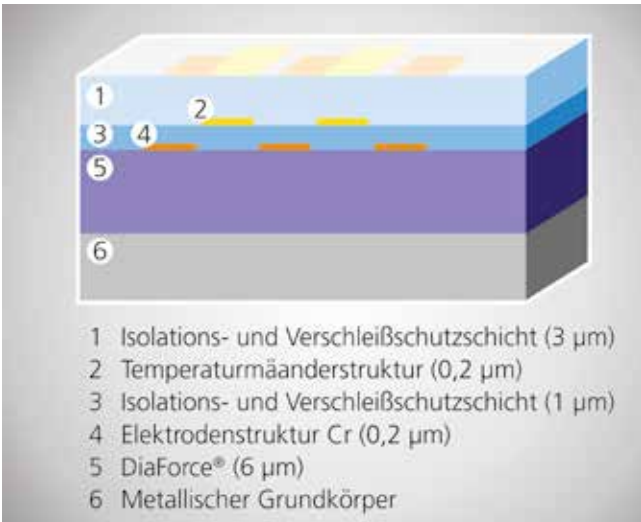
### Dünnschichtsensorik

Die Integration der Sensorik in die Schraubverbindung erfolgt am Fraunhofer IST über das Aufbringen eines Dünnschichtsystems auf der Oberfläche von Unterlegscheiben. Dazu wird zunächst in einem PACVD-Prozess (plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung) die am Fraunhofer IST entwickelte piezoresistive DiaForce®-Schicht homogen auf der Scheibe abgeschieden. Anschließend werden einzelne Elektrodenstrukturen aus Chrom gefertigt, welche die Sensorflächen zur Belastungsmessung sowie eine Struktur zur Temperaturkompensation bilden (vgl. Abbildung 3). Auf einer darauffolgenden elektrisch isolierenden SiCON®-Zwischenschicht, eine mit Silizium und Sauerstoff modifizierte Kohlenwasserstoffschicht, die ebenfalls im PACVD-Verfahren abgeschieden wird, werden sowohl Leiterbahnen zu den Kontaktierungspunkten als auch eine temperaturmessende Mäanderstruktur aus Chrom strukturiert. Diese Strukturen werden mit einer zweiten abschließenden SiCON®-Schicht vor Verschleiß geschützt (vgl. nebenstehende Darstellung).

In Prüfständen am Fraunhofer IST können die temperaturabhängigen und belastungsabhängigen linearen Kennlinien jeder einzelnen Sensorstruktur gemessen werden.

### Eigenschaften der »Intelligenten Schraubverbindung«

Die intelligente Schraubverbindung ist ein vollintegriertes IoT-Device, das eine drahtlose und energieautarke Überwachung von Schraubverbindungen ermöglicht. Dazu ist das sensorische Unterlegscheibensystem mit einem Schraubenkörper verbunden, in dem Energieversorgung und Funkübertragung integriert sind (vgl. Abbildung 1). Mithilfe der drahtlosen Übertragungstechnologie mioty® werden vom Sensorsystem regelmäßig Messwerte an eine Cloud-gebundene Kontrollinstanz übertragen. Vor der Montage werden die Schrauben in der manipulations sicheren Programmierereinheit »FunkeyBox« konfiguriert und erhalten einen eigenen Schlüssel. Dadurch sind die Sensordaten bei der Übertragung an die Basisstation bzw. das Backend angriffssicher. Eine autarke Versorgung wird durch Energy Harvesting gewährleistet.



Schematische Darstellung des multifunktionalen Schichtsystems.

In der Schraube befindet sich ein Thermogenerator, der bei kleinsten Temperaturgradienten am Schraubgewinde elektrische Energie erzeugt und so den Sensor energieautark betreibt. Alternativ können Sensor und Funk durch eine Solarzelle oder Batterie betrieben werden (vgl. Abbildung 2).

### Ausblick

Mit den erzielten Projektergebnissen sollen nach einer Marktstudie und Anwenderworkshops Schrauben für drei ausgewählte Zielanwendungen optimiert, realisiert und potenziellen Anwendern als Evaluation-Kits zur Verfügung gestellt werden.

### Das Projekt

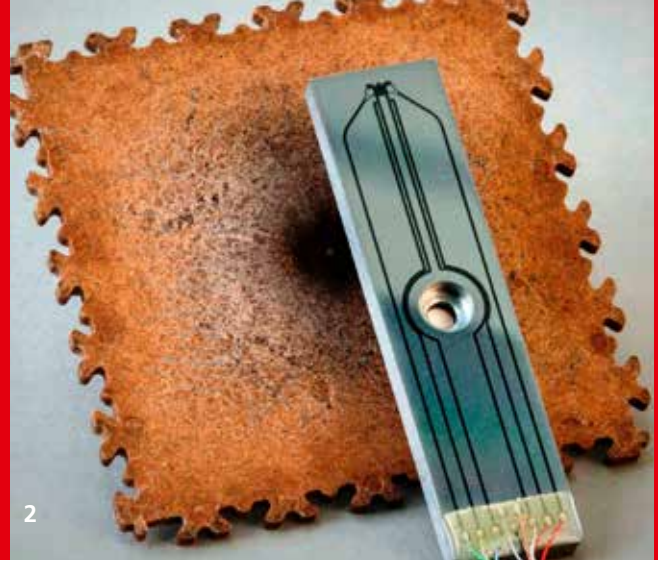
Diese Lösung wird im Rahmen des Fraunhofer-Forschungszentrums IoT-COMMs in Zusammenarbeit der Fraunhofer-Institute IST, IIS, LBF und AISEC entwickelt. Das FloT-COMMs ist ein Teil der Clusterinitiative CCIT (Cluster of Excellence Cognitive Internet Technologies) der Fraunhofer-Gesellschaft.

- 1 Einsatz der intelligenten Schraubverbindung.
- 2 Drahtloses und energieautarkes Monitoring.
- 3 Sensorische Unterlegscheibe.

### KONTAKT

Marcel Plogmeyer, M.Sc.  
Telefon +49 531 2155 661  
marcel.plogmeyer@ist.fraunhofer.de

Anna Schott, M.Sc.  
Telefon +49 531 2155 674  
anna.schott@ist.fraunhofer.de



## SMARTE OBERFLÄCHEN FÜR EIN ZUKUNFTSFÄHIGES AUTOMOBILDESIGN – FRAUNHOFER IST@OHLF

Aktuelle Megatrends wie die Elektrifizierung der Mobilität und das autonome Fahren haben enormen Einfluss auf die Gestaltung des Automobils zukünftiger Generationen. Neue Geschäftsmodelle wie »Shared Mobility« und (autonome) Taxisysteme spielen dabei eine immer größere Rolle und verändern den Blick auf das Fahrzeug, seine Funktionen und Anforderungen. Im Fokus stehen längere Lauf- und geringere Standzeiten, ein individualisiertes Interieur sowie unterschiedliche Nutzungsszenarien durch das autonome Fahrzeug: das mobile Büro bei der täglichen Fahrt zur Arbeit oder zum Meeting, ein Großeinkauf oder Gruppenausflug, Warentransporte anstelle von Warte- bzw. Standzeiten, die heute etwa 95 Prozent des Fahrzeuglebens ausmachen. Darüber hinaus steigen in der Automobilindustrie die Anforderungen an die Nachhaltigkeit sowie die CO<sub>2</sub>-Effizienz und üben damit massiven Einfluss auf die künftige Fahrzeuggestaltung aus. Mehrere Fraunhofer-Institute erarbeiten gemeinsam Lösungen für die technologischen Herausforderungen des ressourcenschonenden und kostengünstigen Leichtbaus sowie für die Steigerung der Effizienz, die Senkung verkehrsbedingter Emissionen oder das Recycling von Fahrzeugkomponenten. Der Schwerpunkt des Fraunhofer IST liegt hierbei in der Weiterentwicklung von smarten Oberflächen wie oberflächenintegrierten Dünnschichtsensoren.

---

### Vier Institute bündeln ihre Kompetenzen im Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg

---

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist Partner im Forschungscampus Open Hybrid LabFactory e. V. (OHLF), der am Standort Wolfsburg als öffentlich-private Partnerschaft für das Forschungsfeld Mobilität etabliert wurde. 2014 hat Fraunhofer im Rahmen der Aktivitäten der OHLF mit Unterstützung des Landes Niedersachsen ein Projektzentrum gegründet, in dem die Fraunhofer-Institute für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung IFAM, für Schicht- und Oberflächentechnik IST, für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU und für

Holzforschung WKI vertreten sind. In einer gemeinsamen Infrastruktur bündeln die Institute ihre Kompetenzen hinsichtlich der Materialwissenschaft, Bauteil- und Prozessentwicklung sowie Produktionstechnik, um Systemlösungen für die zukünftige Mobilität zu erarbeiten. Ein Schwerpunkt liegt mit der Kombination von Leichtmetallen und Faserkunststoffverbänden beim hybriden Leichtbau mit Fokus auf der Fahrzeugstruktur. Weitere Forschungsfelder adressieren das Interieur, die flexible Produktion und – in Kooperation mit dem Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und – Systeme ZESS – die Integration von Energiespeichern für alternative Antriebe in das Gesamtfahrzeug.






---

### **Zukünftige Herstellung oberflächenintegrierter Dünnschichtsensoren mit matrixbasiertem Produktionssystem**

---

Das Fraunhofer IST erweitert die Expertise des Projektzentrums Wolfsburg um seine umfangreichen Erfahrungen im Bereich der Beschichtungstechnologien, insbesondere der Mikro- und Sensortechnologien mit der Entwicklung smarter Oberflächen. In enger Anbindung an das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF der TU Braunschweig befindet sich ein matrixbasiertes Produktionssystem im Aufbau, mit dem in der Startkonstellation funktionale Schichten und oberflächenintegrierte Dünnschichtsensoren flexibel und effizient hergestellt werden können. Die geplante Einbindung in die Anlagentechnik der OHLF wird eine Erweiterung der Prozesse zur Funktionalisierung und Individualisierung von Bauteilen aus klassischen Fertigungsverfahren erlauben. Mögliche Ansätze finden sich im Interieur beispielsweise im Bereich smarter Oberflächen, bei der Zustandsüberwachung von Insassen und dem autonomen Fahrzeug oder in der Fertigungstechnik durch werkzeugintegrierte Sensoren für eine intelligente Prozessführung.

---

### **Hintergrundinformation**

---

Die öffentlich-private Partnerschaft Open Hybrid LabFactory e.V. (OHLF) wurde im Jahr 2012 unter der Federführung des Niedersächsischen Forschungszentrums Fahrzeugtechnik der TU Braunschweig initiiert und wird im Rahmen der BMBF-Initiative »Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen« gefördert. Das Ziel ist die Erarbeitung großserientauglicher Werkstoff-, Fertigungs- und Produktionstechnologien für die wirtschaftlich und ökologisch nachhaltige Herstellung hybrider Leichtbaukomponenten aus Metallen, Kunststoffen und textilen Strukturen.

**1** *Blick in das Technikum der OHLF mit den Anlagen des Fraunhofer-Projektzentrums im Vordergrund.*

**2** *Sensorische Einsätze für die effiziente Herstellung von naturfaserverstärktem Kunststoff.*

**3** *Das Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg in der OHLF.*

Dazu wird in der OHLF die gesamte Wertschöpfungskette für hybride Bauteile abgebildet: von der konzeptionellen Auslegung über die Textilhalbzeug- und Organoblechherstellung sowie die Fertigungsprozesse hybrider Bauteile bis hin zum dazugehörigen Life Cycle Design und Engineering einschließlich des Recyclings. Partner in der OHLF sind neben den Forschungseinrichtungen TU Braunschweig und der Fraunhofer-Gesellschaft Industriepartner wie die Volkswagen AG, Magna Cosma, Magna Exteriors & Interiors, thyssenkrupp, IAV, Engel, Zwick / Roell sowie die Stadt Wolfsburg. Darüber hinaus sind über 20 projektbezogene Forschungs- und Industriepartner Mitglied in der OHLF.

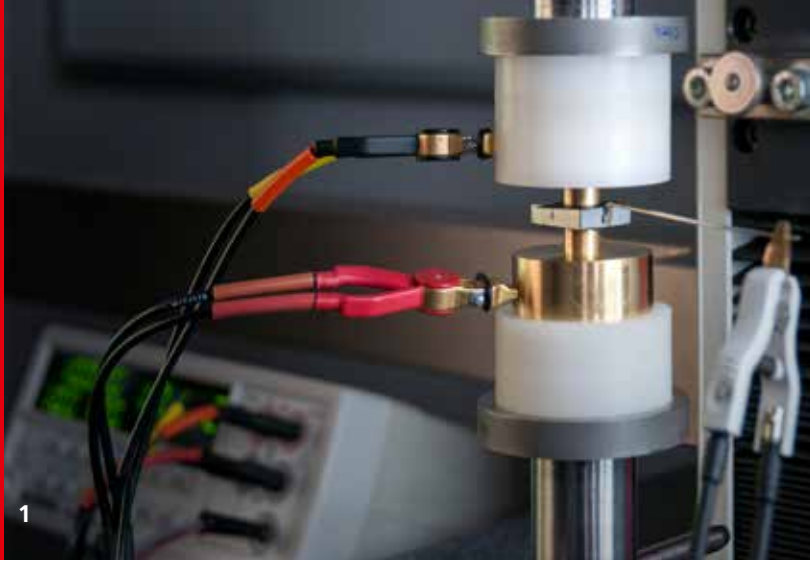
Die Errichtung des Fraunhofer-Projektzentrums Wolfsburg wird aus Landesmitteln des »Niedersächsischen Vorab« gefördert (Fördernummer: VWZN2990).

---

### **KONTAKT**

Dr.-Ing. Torben Seemann  
 Telefon +49 531 2155 605  
 torben.seemann@ist.fraunhofer.de





# MESSVERFAHREN ZUR BEURTEILUNG VON MATERIALIEN FÜR WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN

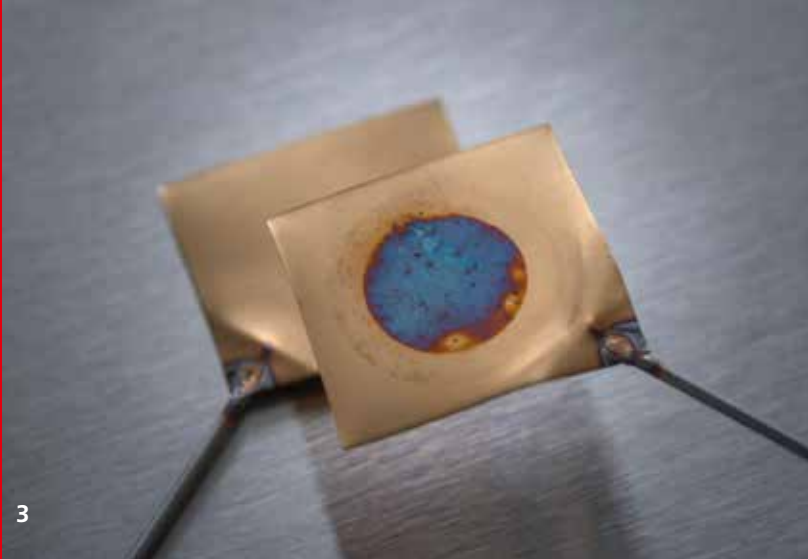
Die Energiewende ist zentral für eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft. Mit dem Ziel, eine nachhaltige Energieversorgung zu realisieren, steht in Deutschland die Entwicklung klimafreundlicher Wasserstofftechnologien verstärkt im Fokus. Neben der Infrastruktur und Speicherung von Wasserstoff sind spezielle Materialeigenschaften maßgeblich. Die Brennstoffzelle ist ein Beispiel für die Energiegewinnung aus Wasserstoff. In der Anwendung müssen die Komponenten einer Brennstoffzelle teils konträre Anforderungen erfüllen, so wird z. B. von der Bipolarplatte eine hohe Korrosionsbeständigkeit und gleichzeitig hohe elektrische Leitfähigkeit gefordert. Um eine qualitative Messung dieser Eigenschaften zu ermöglichen und damit die Oberflächenbeschichtungen und -modifikationen hinsichtlich dieser Anforderungen zu verbessern, hat das Fraunhofer IST zusammen mit dem Institut für Oberflächentechnik (IOT) der TU Braunschweig geeignete Messverfahren für die Beurteilung von verschiedenen Materialien und Oberflächenbehandlungen entwickelt.

## Herausforderungen in der Brennstoffzellenentwicklung

Die Brennstoffzelle birgt ein großes Potenzial zur nachhaltigen Energieversorgung. Eine Brennstoffzelle besteht aus mehreren Stacks. Ein Kernelement innerhalb eines Stacks bildet die Bipolarplatte (BPP), die zeitgleich verschiedene Aufgaben erfüllt. Neben der elektrischen Verbindung der Zellen ist sie für die Kühlung und den Transport der Reaktionsgase bzw. Reaktionsprodukte über eine Kanalstruktur zuständig. Daraus ergeben sich verschiedene Anforderungen an die Eigenschaften der Bipolarplatte wie z. B. eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit, eine hohe Korrosionsbeständigkeit, niedrige Kosten für das Material und die Fertigung oder eine hohe Gasdichtigkeit. Der serientaugliche Einsatz von kostengünstigen metallischen Bipolarplatten wird derzeit durch die geforderte Korrosionsbeständigkeit in Kombination mit ausreichender elektrischer Leitfähigkeit begrenzt.

## Korrosionsmessstand

Die Grundlage für die elektrochemische Korrosionsmessung von Werkstoffen bildet ein Potentiostat. In der Messzelle wird das zu untersuchende Material in Kontakt mit einem Elektrolyten gebracht und als Arbeitselektrode geschaltet. Durch das Anbringen einer Zellspannung fließt elektrischer Strom zwischen dem Substrat und der Gegenelektrode, während das Elektrodenpotential zwischen dem Substrat und der Referenzelektrode, z. B. Ag/AgCl, gemessen wird. Der Messaufbau am Fraunhofer IST wurde dabei so weit modifiziert, dass eine Prüfung gemäß der festgelegten Vorgabe des Department of Energy (DoE) erfolgen kann.



3

Folgende Prüf-Variationen sind möglich:

- Messung mit konstanter Spannung (statisch) oder über einen definierten Bereich (dynamisch)
- Variation des Elektrolyten (z. B.  $H_2SO_4$  und  $NaCl$ ), der Begasung ( $O_2$  und  $N_2$ ) und der Referenzelektroden
- Variation in der Temperierung und der Bepflügelung mit verschiedenen Gasen.

- 1 *Kontaktwiderstandsmessgerät.*
- 2 *Korrosionsmessstand.*
- 3 *Korrosionserscheinungen an einer beschichteten Probe.*

### Gerät zur Kontaktwiderstandsmessung

Mit einer umgebauten Materialprüfmaschine der Firma Zwick können Oberflächen analysiert werden. Hierzu zählt der Kontaktwiderstand, der den elektrischen Widerstand einer Kontaktfläche beschreibt und damit ein Maß für die Leitfähigkeit einer Oberfläche darstellt. Bei derartigen Leitfähigkeitsuntersuchungen ist es gängig, die Normalkraft in bestimmten Grenzen zu variieren. Um die Messung gemäß des DOE durchführen zu können, wurde am Fraunhofer IST eine modifizierte Messmethode entwickelt und validiert. Die nachstehende Tabelle fasst die möglichen Messmethoden zusammen.

### Nutzen der Messverfahren für die Anwendung

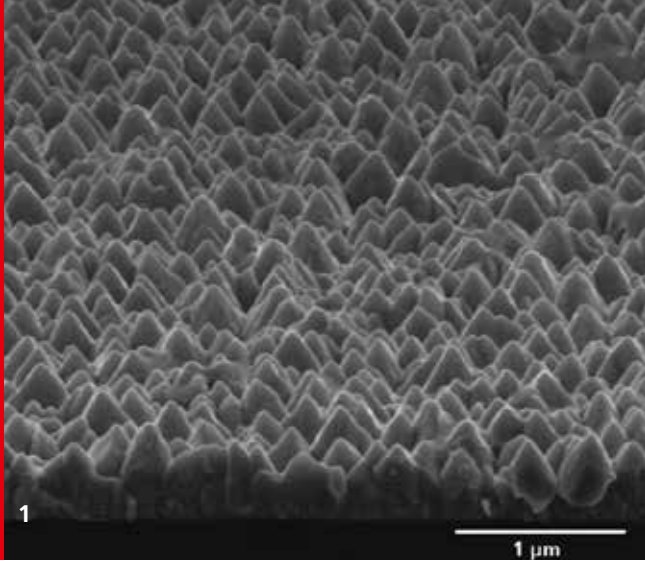
Durch die entwickelten Messverfahren ist es möglich, Materialien und Schichtsysteme für die Anwendung in der Wasserstofftechnik zu vergleichen, zu beurteilen und durch ein tiefergehendes Verständnis der Zusammenhänge weiterzuentwickeln. Weitere Anwendungsmöglichkeiten, bei denen diese Messverfahren und -methoden die Materialcharakterisierung unterstützen können, sind zum Beispiel Tanks, Rohre oder Ventile für die Speicherung und den Transport von Wasserstoff.

	Davis-Methode	Wang-Methode	Am Fraunhofer IST modifizierte Messmethode
<b>Eignung</b>	Vergleichszwecke (vorher / nachher)	Übergangswiderstände	Übergangswiderstände
<b>Besonderheit</b>	Schnelle Beurteilung der Oberflächenmodifikation	Erfüllt Vorgabe des DOE	Erfüllt Vorgabe des DOE (korreliert mit der Wang-Methode)
<b>Präparationsaufwand</b>	Gering, da nur vergleichend	Hoch, da nur gültig für Proben mit gleichen Oberflächeneigenschaften auf beiden Seiten (Rauheit, Schichtdicke, etc.)	Gering, da valide für einseitig behandelte Proben

Vor- und Nachteile verschiedener Messmethoden des Kontaktwiderstands.

### KONTAKT

Phillip Marvin Reinders, M. Sc.  
 Telefon +49 531 2155 835  
 phillip.reinders@ist.fraunhofer.de



## ANTIADHÄSIVE SYSTEME FÜR DIE KUNSTSTOFFFORMGEBUNG

Eine prozesssichere Produktion von hochwertigen und optischen Kunststoffprodukten mit sehr glatten Oberflächen wird häufig durch das Anhaften der Polymere an der polierten Werkzeugoberfläche massiv erschwert oder sogar verhindert. Im Rahmen des IGF-Projekts »GLANZFORM« konnten am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST antiadhäsive Beschichtungssysteme für Werkzeuge weiterentwickelt werden, die zu einer signifikanten Reduzierung der Entformkräfte führen, ohne die Qualität der Bauteiloberfläche zu beeinträchtigen.

### Herausforderungen bei der Abformung hochwertiger Kunststoffbauteile

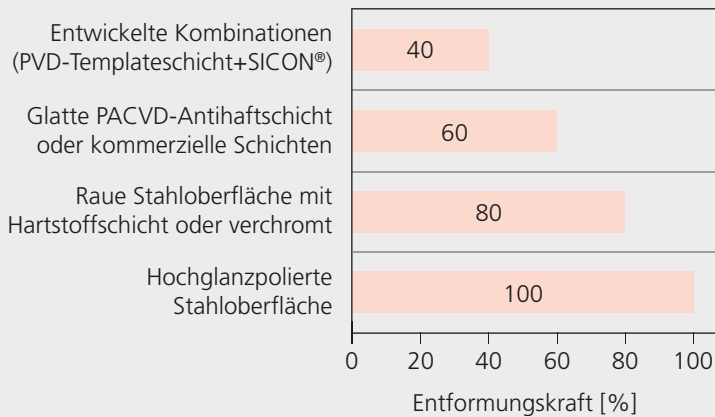
In Spritzgieß- oder Heißprägeprozessen zur Herstellung hochwertiger Kunststoffprodukte sind aufgrund steigender Kundenanforderungen, ökologischer und ökonomischer Rahmenbedingungen wie erhöhter Anforderungen an die Nachhaltigkeit und Effizienz laufend neue Innovationen erforderlich. Produkte wie optische, medizin- und mikrosystemtechnische Komponenten, aber auch Kredit- und Ausweis-karten sowie Dekor- und Interieurelemente mit hochwertiger oder optischer Oberfläche unterliegen der Forderung nach höchster Oberflächengüte. Diese wird wiederum maßgeblich durch die Oberfläche des formgebenden Werkzeugs und dessen prozesssichere Abformung bestimmt. Allerdings nehmen mit erhöhter Oberflächengüte des Werkzeugs die Abformkräfte überproportional zu, was die Bauteilqualität stark beeinträchtigen und eine effiziente Produktion verhindern kann.

Ein Mittel zur Verminderung von Abformkräften bei der Kunststoffformgebung ist die Beschichtung des Werkzeugs mit einer antiadhäsiven Schicht mit möglichst niedriger Oberflächenenergie und geringem polaren Anteil wie z. B. silikonhaltige Beschichtungen oder die Nutzung von Trennmitteln, die in vielen Produktionsprozessen eingesetzt werden.

Für viele Kunststoffformgebungsprozesse existieren jedoch bisher keine befriedigenden und flexibel einsetzbaren adhäsionsmindernden Beschichtungslösungen, die den hohen Anforderungen an die Oberflächengüte entsprechen. Viele etablierte Beschichtungen führen zu einer Aufrauung der polierten Formwerkzeugoberfläche und sind weder adhäsionsmindernd noch verschleißfest genug.

### Unser Lösungsansatz

Die Aufgabe des Fraunhofer IST innerhalb des beschriebenen Projekts war die Entwicklung von Werkzeugbeschichtungen, die Haft- bzw. Abformkräfte reduzieren, was auf chemischem Wege durch Minimierung der intermolekularen Wechselwirkung zwischen Werkzeugoberfläche und Polymer erfolgte, und gleichzeitig auf mechanischem Wege durch Einstellung einer definierten Rauheit im Sub-Mikrometerbereich. Dafür wurden PVD/PECVD-Kombinationsschichtsysteme (Physical Vapor Deposition/Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) bestehend aus Cr/CrN- und a-C:H:Si:O-Schichten (SICON®) entwickelt. Die Cr/CrN-Schichten konnten mittels Parametervariation beim PVD-Magnetronspütern hinsichtlich ihrer Topografie so eingestellt werden, dass sie als zielführende Template-Schichten für die antiadhäsive SICON®-Schicht dienen konnte.



3

## Ergebnisse und Anwendung

Durch die entwickelten PVD/PECVD-Kombinationssysteme, der damit verbundenen Modifikation der Oberflächenchemie und zusätzlichen Reduktion der Haftkräfte durch Steuerung der Kontaktfläche über ein gezieltes Einstellen der Rauheit konnte eine Haftkraftreduktion um ca. 60 Prozent gegenüber hochglanzpolierten Stahloberflächen beim Heißprägen von Polyethylenterephthalat (PET) erzielt werden. Mit diesem Schichtsystem konnte beim Heißprägen von optischen Bauteilen eine verbesserte Entformung ohne nennenswerte Verschlechterung der Oberflächengüte von Hochglanzoberflächen im industriellen Umfeld demonstriert werden.

Dies gelang erstmalig auch speziell im Bereich sehr glatter Oberflächen ( $S_a \leq 20$  nm), die für Hochglanz-Kunststoffoberflächen typisch sind. Damit werden in der Anwendung neue, innovative Ansätze zur Ausgestaltung von Werkzeugoberflächen ermöglicht, die den Einsatz von Trennmitteln oder Formmassenadditiven zur leichteren Entformung zukünftig überflüssig machen könnten. Dies gilt auch für Beschichtungsunternehmen, die damit neben der Einstellung der Oberflächenchemie mit der Einstellung der Oberflächentopografie über eine weitere Stellgröße zur Optimierung ihrer Produktionsergebnisse verfügen.

## Ausblick

Der entwickelte Ansatz aus Topografieeinstellung und angepasster Beschichtung soll für weitere Schichtsysteme insbesondere für Werkzeuge in der Polymerformgebung weiterentwickelt werden. In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern des Vorhabens, dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF im Bereich Kunststoffformgebung und dem Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM im Bereich Modellbildung, soll eine ausbaufähige und offen nutzbare Datenbasis für Prozess-, Material- und Werkzeugoberflächendesigns für effizientere, entformkraftoptimierte und nachhaltige Kunststoffformgebungsprozesse erarbeitet werden.

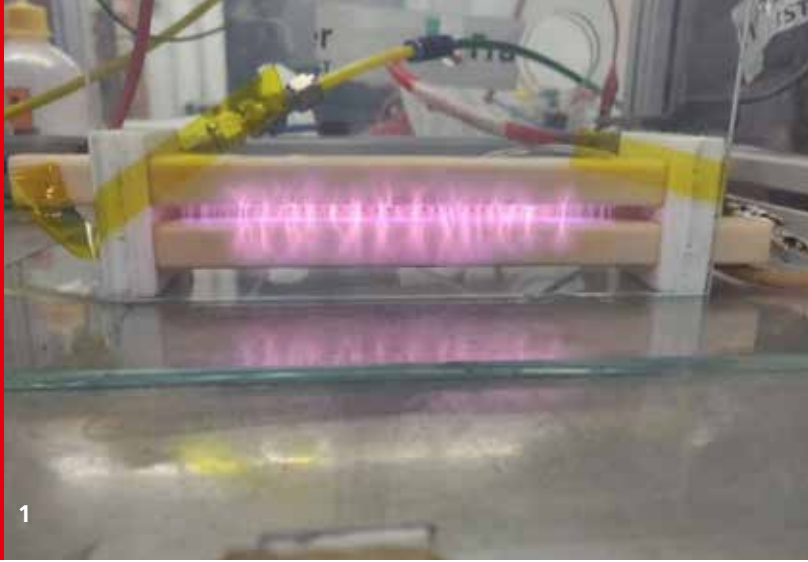
- 1 REM-Aufnahme von der Topografie einer Cr-Template-Schicht.
- 2 Beschichtete Heißprägewerkzeugoberfläche mit Wassertropfen.
- 3 Haftkräfte beim Heißprägen von PET.

## Das Projekt

Das IGF-Vorhaben Glanzform (19545 N) der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Kunststoffe e. V. (FGK), Haardtring 100, 64295 Darmstadt, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.

## KONTAKT

Dr.-Ing. Martin Keunecke  
 Telefon +49 531 2155 652  
 martin.keunecke@ist.fraunhofer.de



# UNTERSUCHUNG VON VUV-STRAHLUNG IN DIELEKTRISCH BEHINDERTEN ENTLADUNGSPROZESSEN

Vakuultraviolette (VUV) Strahlung, die den Spektralbereich von 100 bis 200 nm umfasst, ist sehr energiereich und kann organische Bindungen aufbrechen. Diese Eigenschaft kann unter anderem genutzt werden, um Polymeroberflächen zu vernetzen und dadurch Migrationssperren für gesundheitsschädliche phthalathaltige Weichmacher in PVC zu erzeugen. Zur Charakterisierung und Optimierung derartiger Prozesse wird am Fraunhofer IST ein spezielles VUV-Spektrometer eingesetzt.

## Untersuchung von VUV-Strahlung in Atmosphärendruckplasmaprozessen

Durch dielektrisch behinderte Entladungen (DBE) bei Atmosphärendruck (vgl. Abbildung 1) kann effektiv energiereiche kurzwellige VUV-Strahlung erzeugt werden. Eine Behandlung mit einer DBE eignet sich deshalb zur Vernetzung von Polymeroberflächen und damit zur Erzeugung von Migrationssperren für Weichmacher. Zur Optimierung dieses Prozesses wurde im Rahmen des Projekts »Vernetzung von weichmacherhaltigen PVC-Oberflächen durch plasmaerzeugte UV-Strahlung und Gasphasenfluorierung« am Fraunhofer IST die VUV-Strahlung mit einem speziellen VUV-Spektrometer gemessen, das eine Analyse von kurzwelliger UV-Strahlung im Bereich von 100 bis 300 nm in Atmosphärendruckplasmaprozessen ermöglicht. Auf diese Weise kann der Einfluss verschiedener DBE-Prozessparameter wie Gaszusammensetzung, Leistung und Spüldauer auf die VUV-Emissionen, und damit auf die Erzeugung der Migrationsbarrieren untersucht werden.

Eine wesentliche Herausforderung bei der Messung der VUV-Strahlung ist die starke Absorption durch die meisten Medien wie Luft, Wasser, Glas und Polymer. Aus diesem Grund müssen sowohl das Spektrometer selbst als auch der gesamte Versuchsaufbau zur Erzeugung der Strahlung mit einem geeigneten Gas – in diesem Fall Argon – gespült werden.

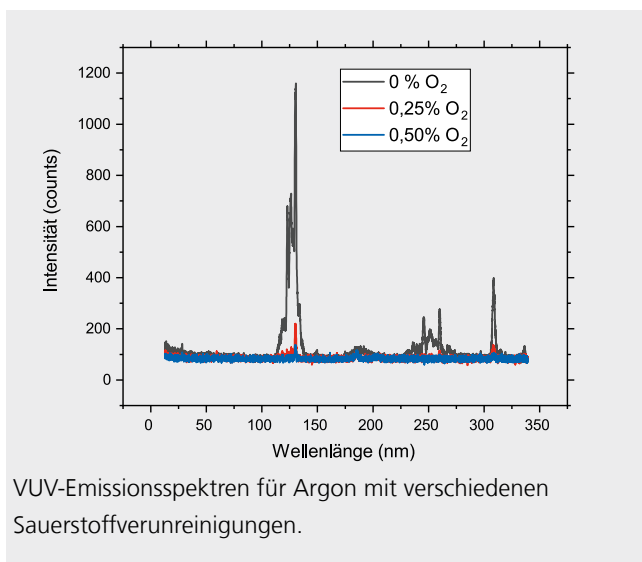
In einer einfachen DBE-Anordnung wurde VUV-Strahlung erzeugt und der Einfluss der Zusammensetzung der Gasatmosphäre auf die Emission untersucht. Geringe Beimischungen im Bereich von 0,1 Prozent Sauerstoff, Stickstoff oder Wasser zum Argon-Prozessgas führen zu einer fast vollständigen Absorption von kurzwelliger UV-Strahlung unterhalb von 200 nm (vgl. nebenstehende linke Grafik). Durch Beimischung von Helium zum Argon wird die VUV- Intensität um 50 Prozent erhöht (vgl. nebenstehende rechte Grafik). Die Zusammensetzung der Gasatmosphäre beeinflusst somit stark die kurzwellige UV-Emission. Durch die höhere VUV-Intensität lassen sich Prozessgeschwindigkeiten von UV-basierten Behandlungen steigern und energetische Wirkungsgrade verbessern.



1 Dielektrisch behinderte Entladung zur Erzeugung von Weichmachermigrationssperren in PVC.

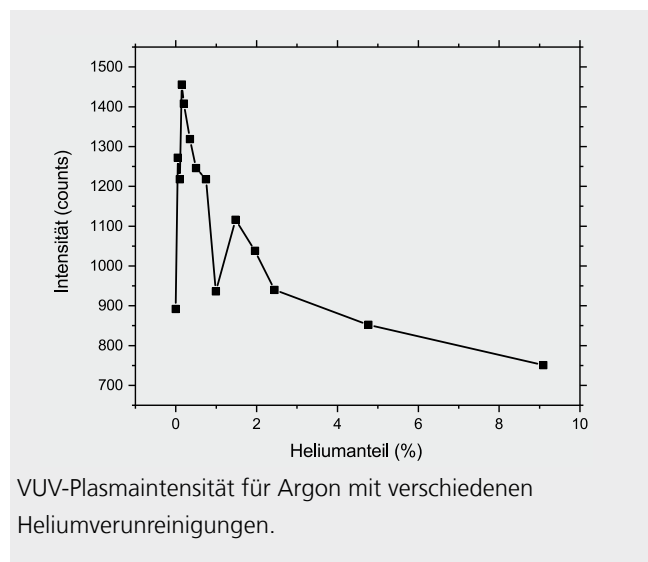
**Ausblick**

Die Möglichkeiten am Fraunhofer IST zur spektroskopischen Analyse von kurzweiliger UV-Strahlung im Bereich von 100 nm bis 300 nm in Atmosphärendruckplasmaprozessen bieten eine wichtige Voraussetzung für ein verbessertes Verständnis plasmabasierter Prozesse und deren Optimierung. Hierdurch sollen insbesondere UV-strahlungsbasierte Effekte der Oberflächenbehandlung wie Vernetzung, Polymerisation oder Desinfektion auf industrietaugliche Prozessgeschwindigkeiten beschleunigt werden.



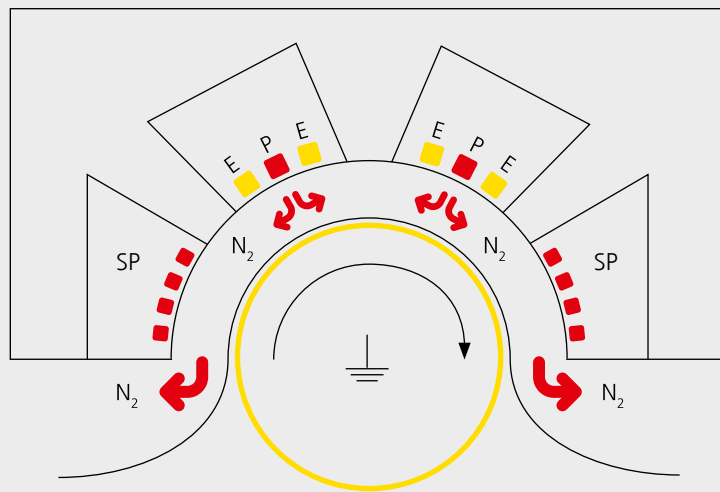
**Das Projekt**

Das Projekt wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags unter der Zuwendungsnummer 20542 BG gefördert.



**KONTAKT**

Dr. Thomas Neubert  
 Telefon +49 531 2155 667  
 thomas.neubert@ist.fraunhofer.de



E: Elektrode  
P: Präkursor  
SP: Spülgas  
N<sub>2</sub>: Stickstoff

1

## KLEBSTOFFFREIES FÜGEN VON KUNSTSTOFF-METALL-FOLIEN

Innovative Materialien bilden die Grundlage für moderne Industrieprodukte in allen Lebensbereichen. Der Markt für Produkte wie Spezialfolien für Lebensmittelverpackungen, flexible Leiterplatten oder Dekorations- und Schutzfolien wächst kontinuierlich. Die Herausforderung: Diese Materialien müssen eine Vielzahl von Anforderungen erfüllen, zum Beispiel müssen sie optisch transparent, temperaturstabil, leicht verarbeitbar oder durchlässig gegenüber Sauerstoff und Wasserdampf sein. Wenn solche komplexen Funktionen relevant sind, eignen sich Verbundfolien besonders, weil sie aus verschiedenen Schichten zusammengesetzt sind und damit unterschiedliche Materialeigenschaften vereinen. Diese Verbundwerkstoffe bestehen häufig aus Kunststoffen und Metallen und werden mit verschiedenen Klebstoffen verbunden, was mit unerwünschten Nebenwirkungen wie einem hohen Klebstoffverbrauch, einer nicht gegebenen Langzeitstabilität, Kriechneigung und Migration verbunden ist. Das Fraunhofer IST arbeitet daher an einem neuen klebstofffreien Fügeverfahren bei Niedertemperatur als Alternative zum Verbinden von Kunststoff- und Metallfolien aus Aluminium und Polyethylen.

### Alternative zum Verbinden von Kunststoff- und Metallfolien

Bei dem neuen klebstofffreien Niedertemperatur-Fügeverfahren werden auf die Polymer- und Metalloberflächen dünne Schichten mittels atmosphärischer PECVD (Plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung, engl. Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition) als eine nanometerdicke Haftschiicht aufgebracht (vgl. Abbildung 1 und 2), die kovalent an die aktivierten Folien bindet. In einem nachfolgenden Schritt werden die Materialien mit einem Thermokompressionsbonder bei mäßigem Druck (1,85 N/mm<sup>2</sup>) und niedriger Temperatur (< 100 °C) haftfest gefügt. Die besten Ergebnisse wurden bei der Verklebung von Polyethylen mit Aluminium mit Klebstoffkräften erzielt. Wie im nebenstehenden Diagramm dargestellt, können dabei Haftkräfte von mehr als 13 N/cm realisiert werden. Durch eine optimale Einstellung der Parameter wie Behandlungszeit / Rollengeschwindigkeit, Präkursorkonzentration, Plasmaleistung und Schichtdicke können Komposite mit hoher Langzeitstabilität erzeugt werden.

### Ergebnisse

Mit dem beschriebenen Ansatz konnten chemisch reaktive ultradünne Schichten erfolgreich abgeschieden werden, welche nach anschließendem Fügen zur Herstellung von Verbundwerkstoffen z. B. aus Aluminium- und Polyethylenfolien eingesetzt werden können. Durch Abzugstests (vgl. Abbildung 3) wurden die Haftverbände geprüft. Die Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu (vgl. nebenstehende Grafik):

- Die Verbundwerkstoffe weisen eine hohe Haftfestigkeit und eine sehr gute Langzeitstabilität auf.
- Es besteht ein starker Einfluss der Schichtdicke der AP-PECVD-Beschichtung auf die Haftfestigkeit. Die Schichtdicke kann durch Behandlungsgeschwindigkeit, Verdopplung des Elektrodensystems sowie durch Erhöhung der Präkursorkonzentration erreicht werden.



- 1 Schematische Darstellung des Plasmasystems Aldyne®-Anlage zur Schichtabscheidung.
- 2 Gezündetes Plasma in der Aldyne®-Anlage.
- 3 Überprüfung der Haftfestigkeit zwischen Verbundmaterialien durch Abzugstests.

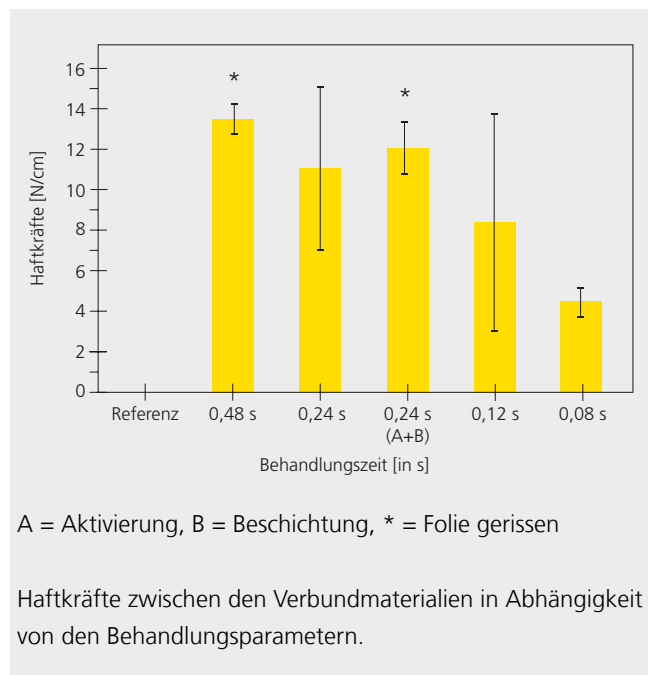
- Eine Aktivierung mittels Luftplasma vor der Beschichtung (A+B) führt zu erhöhten Haftkräften bis hin zu einem kohäsiven Versagen (\*) der Folie und erhöht die Reproduzierbarkeit signifikant.
- Im Vorbehandlungsprozess führt eine höhere Dosierung der Corona-Entladung zu einer weiteren Erhöhung der Haftfestigkeit und Reproduzierbarkeit durch Reinigung, Aktivierung und Ätzprozesse.
- Eine sauerstofffreie Atmosphäre zwischen Voraktivierung und Beschichtung unterstützt die Haftung.
- Es besteht ein starker Einfluss der Lagerzeit frisch behandelte Folien vor dem Fügen zwischen Beschichtung und Verklebung.

### Ausblick

Zukünftig sollen die Ergebnisse auf einen kombinierten Rolle-zu-Rolle-Prozess, in dem sowohl die Beschichtung als auch das Fügen erfolgt, und auf andere Materialkombinationen, insbesondere auf zukunftsorientierte biobasierte Werkstoffe wie Polylactide (PLA), Bio-Polyethylen und Cellulose-basierte Polymere übertragen werden.

### Das Projekt

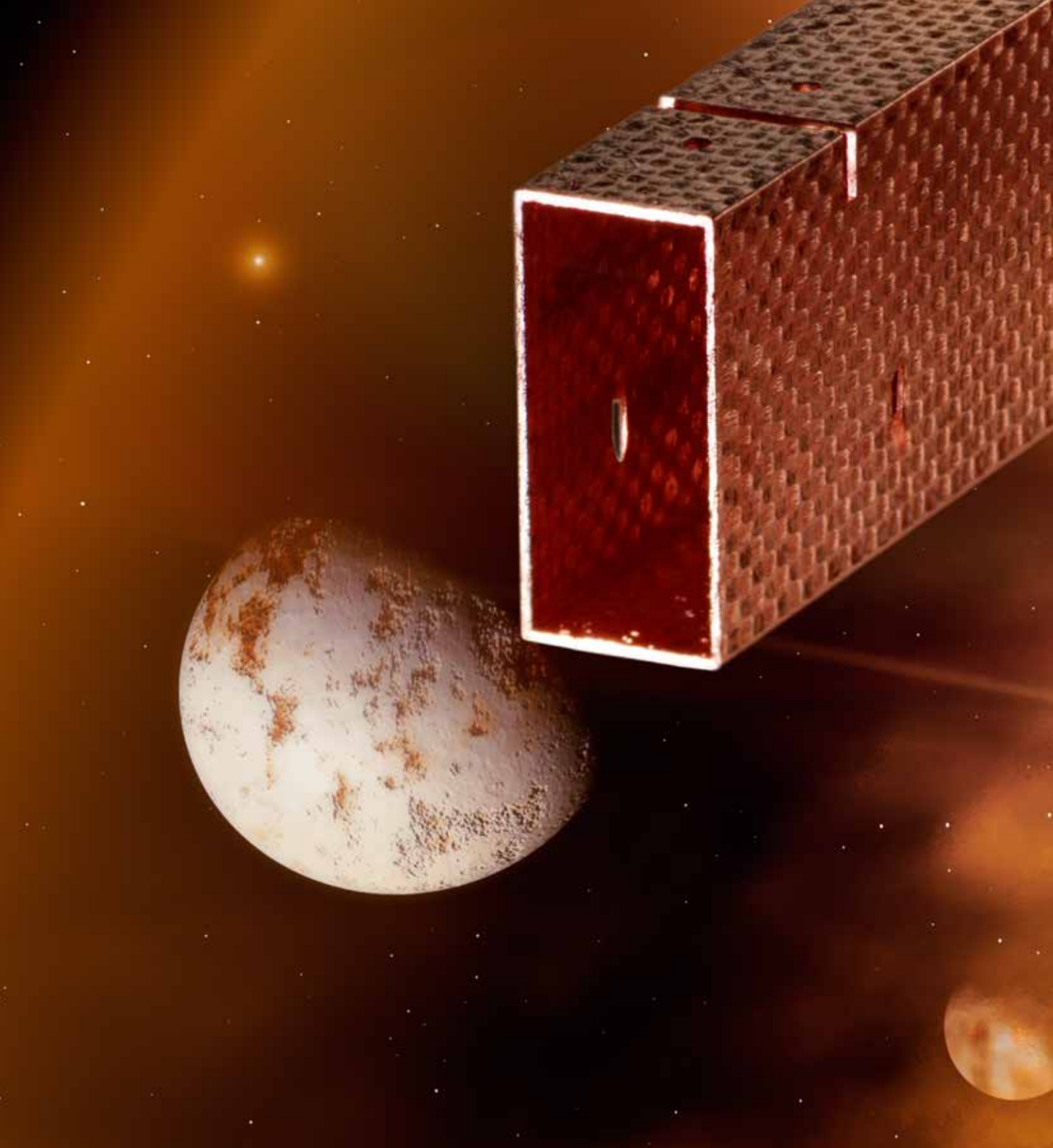
Das Projekt »Entwicklung eines kontinuierlichen Rolle-zu-Rolle-Verfahrens für das klebstofffreie Niedertemperaturfügen von Kunststoffen mit verschiedenen Materialien« NTF4R2R mit der Laufzeit vom 01.06.2017 bis 30.11.2019 wurde gefördert unter der Zuwendungsnummer 19571 BG im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags.



### KONTAKT

Annika Mann, M.Sc.  
 Telefon +49 531 2155 639  
 annika.mann@ist.fraunhofer.de

Dr. Kristina Lachmann  
 Telefon +49 531 2155 683  
 kristina.lachmann@ist.fraunhofer.de



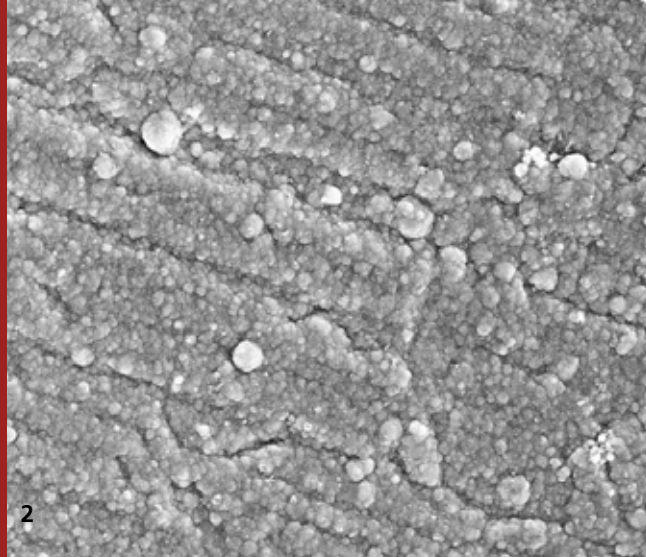




# LUFT- UND RAUMFAHRT

# 2020





## GESCHLOSSENE ELEKTROCHEMISCHE PROZESSE ZUR GEWINNUNG REINER ELEMENTE AUS MONDREGOLITH

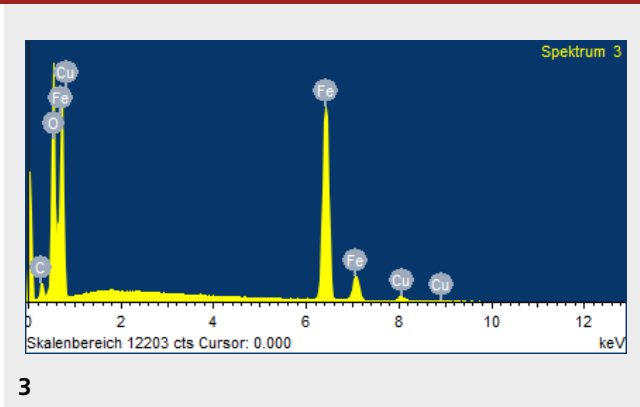
Eine wichtige Voraussetzung für eine dauerhafte und nachhaltige menschliche Präsenz auf dem Mond ist die Verfügbarkeit von Ressourcen wie reinen Metallen und Sauerstoff, um beispielsweise Unterkünfte, eine Forschungsstation und die notwendige Infrastruktur für Astronauten zu schaffen. Das sogenannte Mondregolith, loses Gestein, das sich auf der Oberfläche des Mondes befindet, besteht aus Metalloxiden wie zum Beispiel Eisen, Titan, Aluminium oder Magnesium. In diesen Oxiden liegt Sauerstoff in festgebundener Form mit einem Anteil von etwa 50 Prozent an der Gesamtmasse vor. Um sowohl den Sauerstoff als auch die Metalle in ihrer Reinform für die Menschen verfügbar zu machen, ist ein Prozess unter Weltraumbedingungen ohne Verbrauchsmaterialien erforderlich. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Raumfahrtssysteme (IRAS) der TU Braunschweig arbeitet das Fraunhofer IST an einem Verfahren zur Extraktion reiner Elemente aus Mondregolith unter Berücksichtigung der auf dem Mond herrschenden Bedingungen.

### Elektrochemische Abscheidung reiner Metalle aus Regolith

Aufgrund des Mangels an echtem Mondregolith – die Apollo- und Luna-Missionen brachten nur etwa 360 kg des Materials mit auf die Erde – müssen sogenannte Regolith-Simulanten wie zum Beispiel der European Astronaut Centre lunar regolith simulant 1 (EAC-1A) oder die vom Johnson Space Center entwickelten lunaren Simulanten JSC-1A und JSC-2A für die Entwicklung von Verarbeitungstechnologien verwendet werden. Das Ziel ist es, Metalle und Sauerstoff aus Regolith bzw. den Simulanten zu extrahieren. Das Lösungsmittel der Wahl sind ionische Flüssigkeiten. Mit ihnen lassen sich nicht nur Oxide auflösen, sondern auch Sauerstoff und sogar Metalle wie Aluminium, Titan, Magnesium und Silizium elektrochemisch abscheiden, die in wässrigen Medien nicht zugänglich sind.

### Vorteile von ionischen Flüssigkeiten als Lösungsmittel

Ionische Flüssigkeiten sind Salze, die bei Temperaturen zwischen 0 und 100 °C flüssig sind. Sie haben einen vernachlässigbaren Dampfdruck und verdampfen im Vakuum nicht. Daher besteht auch auf dem Mond kein Risiko für Materialverlust oder Umweltverschmutzung. Da ionische Flüssigkeiten häufig feuchtigkeitsempfindlich sind, müssen bei ihrer Verarbeitung auf der Erde besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, zum Beispiel durch den Einsatz trockener Schutzgase wie Stickstoff oder Argon. Auf dem Mond ist das nicht notwendig, da dort ein Vakuum herrscht, so dass Feuchtigkeit kein Problem darstellt. Dies vereinfacht die Prozessführung enorm.



1 Auflösung von Eisenoxid in ionischer Flüssigkeit und anschließende galvanische Abscheidung als Eisen ohne Verbrauchsmaterial.

2+3 REM-Aufnahme der Eisenablagerung auf Kupfersubstrat und zugehöriges EDX-Profil.

## Das Projekt

Das Ziel des Projekts »ELMORE« ist es, Regolith durch moderne elektrochemische Verfahren in einem geschlossenen System aufzulösen und die gewünschten reinen Metalle abzuscheiden, sowie den dabei erzeugten Sauerstoff aufzufangen. In einem ersten Prozessschritt werden die vom IRAS hergestellten Regolith-Simulanten chemisch in ionischen Flüssigkeiten gelöst und anschließend die Metallionen in die entsprechenden Reinmetalle umgewandelt. Die elektrochemische Abscheidung der Metalle erfolgt dabei an der Kathode. Gleichzeitig wird Sauerstoff an der Anode erzeugt.

## Ergebnisse

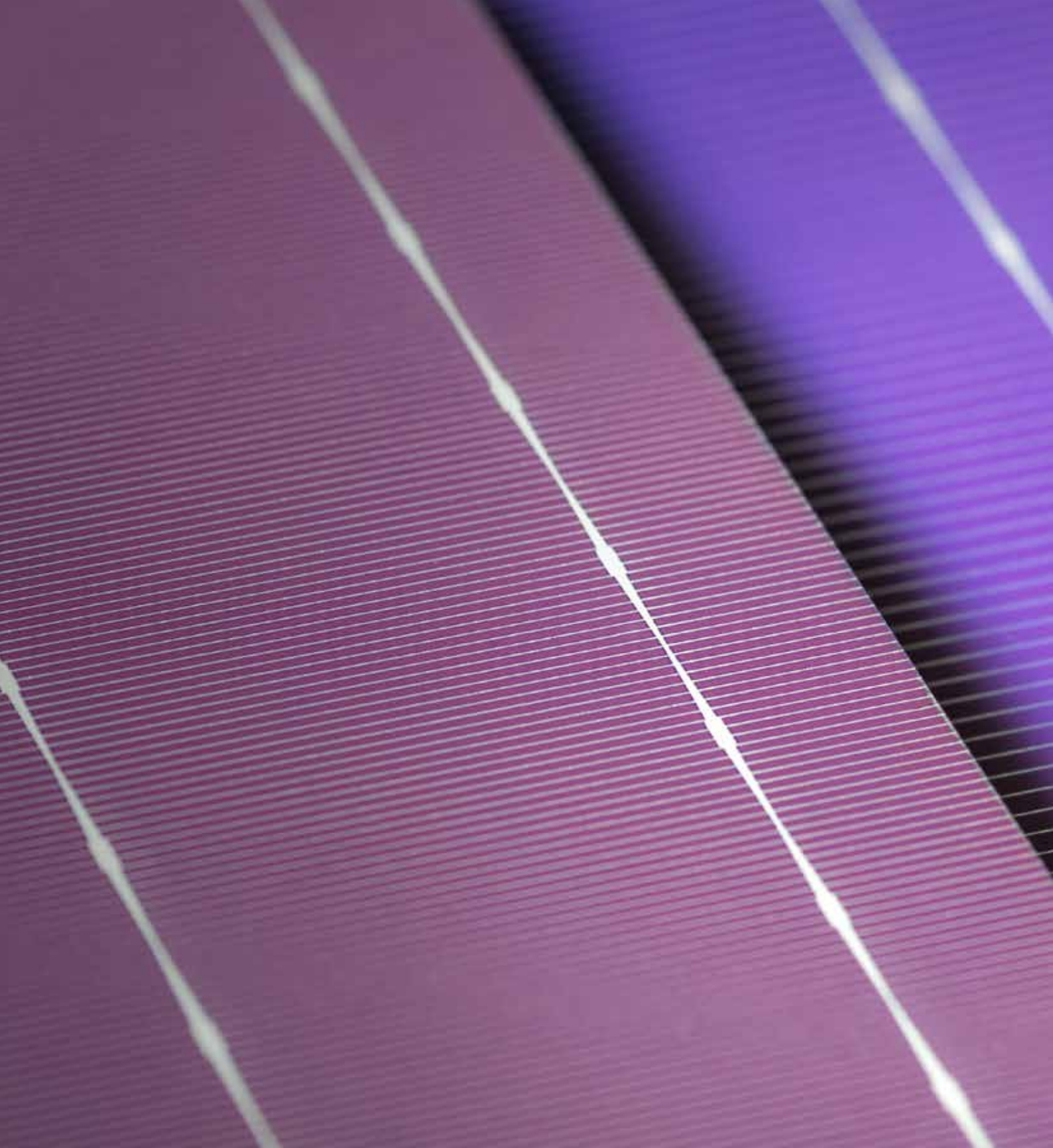
Für einen »Proof-of-Concept« wurde Eisenoxid als Bestandteil von Regolith chemisch in ionischen Flüssigkeiten gelöst und anschließend bei 100 °C elektrochemisch auf einem Kupfersubstrat abgeschieden (vgl. Abbildung 1). Die Abbildung 2 zeigt die REM-Aufnahme (Rasterelektronenmikroskopie) der Eisenablagerung auf dem Kupfersubstrat. Die Abbildung 3 zeigt das EDX-Profil (Energiedispersive Röntgenspektroskopie) der auf Kupfer abgeschiedenen Eisenschicht. Diese enthielt bis auf Sauerstoff und Eisenoxid, das sich aufgrund der schnellen Oxidation an Luft bildet, keinerlei weitere Verunreinigungen.

## Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse repräsentieren lediglich die einfache Metalloxydauflösung und ihre elektrochemische Gewinnung. In einem nächsten Schritt soll der »Proof-of-Concept« auf Regolith-Simulanten des Mondes übertragen werden. Am Fraunhofer IST wird untersucht, wie sich Metalloxide bei unterschiedlichen Temperaturen in verschiedenen ionischen Flüssigkeiten lösen. Im Anschluss soll Regolith in ionischen Flüssigkeiten aufgelöst werden. In weiteren Versuchen ist geplant, Metalle wie Aluminium und Eisen potentiostatisch oder galvanostatisch an der Kathode abzuscheiden, während Sauerstoff an der Anode freigesetzt wird. Der Vorteil von diesem Verfahren ist der Transfer zu weniger umweltbelastenden Prozessen. Die terrestrische Produktion von Eisen oder Aluminium ist im Vergleich ein stark CO<sub>2</sub>-emittierender Prozess. So liegt der Energiebedarf für den lunaren Prozess der Aluminiumgewinnung bei ca. 7 kWh/kg Aluminium, während terrestrische Verfahren durch den vorgeschalteten Schmelzprozess 15 kWh/kg Aluminium benötigen.

## KONTAKT

Dr. Essam Moustafa  
 Telefon +49 531 2155 673  
 essam.moustafa@ist.fraunhofer.de





JAHRESBERICHT 2020

**ENERGIE UND ELEKTRONIK**

2020



## ENERGIESPEICHERSYSTEME DER NÄCHSTEN GENERATION

Weniger Emissionen, mehr Klimaschutz: Um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu senken und die Umwelt zu schonen, erfordert die Elektrifizierung Fortschritte bei der Entwicklung und Produktion stationärer und mobiler Energiespeicher. Dieser Herausforderungen nimmt sich das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST an. Im Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS in Braunschweig werden Energiespeicher der nächsten Generation wie zum Beispiel Lithium-Festkörperbatterien entwickelt, die im Vergleich zu etablierten Li-Ionen-Batterien einen festen Elektrolyten anstelle eines flüssigen verwenden. Die Vorteile sind mehr Leistung und eine erhöhte Sicherheit. Der Fokus des Fraunhofer IST im ZESS liegt neben der Herstellung von Energiespeichern auf dem Engineering ihres gesamten Produktlebenswegs: von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und Nutzung bis zum Lebensende.

### Forschungsneubau in Braunschweig für die Batterieentwicklung

Am Forschungsflughafen Braunschweig entstehen auf über 5.000 m<sup>2</sup> moderne Arbeitswelten und Labore für die Forschung an stationären und mobilen Energiespeichern. Das Herzstück des Gebäudes bildet ein Trockenraum mit fast 400 m<sup>2</sup> Produktionsfläche, dessen Raumluft eine sichere Verarbeitung von Batteriematerialien ermöglicht. In dieser Umgebung sollen Energiespeicher entwickelt und nach industrienahen Standards gefertigt werden. Durch eine umfassende Vernetzung der Gebäude- und Anlagentechnik können Wechselwirkungen zwischen Materialeigenschaften, Prozessparametern und Produktperformance untersucht und die Produktionsumgebung optimiert werden.

Die Ausgestaltung des Trockenraums, der Labore und Arbeitswelten hat bereits einen hohen Detaillierungsgrad erreicht. Im Jahr 2023 soll der Neubau des Fraunhofer ZESS fertiggestellt sein.

### Forschungsstart im Übergangs-Technikum

Die Produktion von Energiespeichern stellt hohe Anforderungen an die Flexibilität der Anlagen und die Konditionierung der Produktionsumgebung. Um schon vor Fertigstellung des Neubaus praktische Forschungsaktivitäten durchführen zu können, ist am Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) der TU Braunschweig ein Übergangs-Technikum entstanden, das die gesamte Prozesskette von der Materialsynthese bis zur Formierung abbildet. Die am Projektzentrum beteiligten Fraunhofer-Institute für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, für Keramische Technologien und Systeme IKTS und für Schicht- und Oberflächentechnik IST können dort mit ihrer langjährigen Erfahrung in der Batterieforschung die Produktionsprozesse im Labormaßstab weiterentwickeln und evaluieren. Die ersten technischen Geräte für die Prozessierung, Analysen und Messungen konnten bereits Ende 2020 in Betrieb genommen werden. So ermöglichen drei Gloveboxen die Verarbeitung der sensiblen Materialien unter Schutzgasatmosphäre (vgl. Abbildung 3). Die Produktionsprozesse können anschließend in der Neubau-Forschungsinfrastruktur im skalierten Maßstab umgesetzt werden.





3

- 1 *Illustration einer ganzheitlichen Planung der Batteriezellproduktion.*
- 2 *Geplanter Neubau für das Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS.*
- 3 *Gloveboxen im neuen Technikum.*

---

#### **Ausblick:**

#### **Zukunftsfähige Energieversorgung und Mobilität**

---

Das Ziel des Fraunhofer-Projektzentrums für Energiespeicher und Systeme ZESS ist es, effiziente, klimafreundliche Energiespeichersysteme zur industriellen Reife zu führen.

Von unserer anwendungsnahen Forschung profitieren neben der Umwelt auch Wirtschaftszweige, die Lösungen für die zukunftsfähige Energieversorgung und Mobilität entwickeln. Wesentlicher Bestandteil des Projekterfolgs ist die Zusammenarbeit mit starken Partnern. Im Fraunhofer ZESS arbeiten die Fraunhofer-Institute IFAM, IKTS und IST in Kooperation mit der TU Braunschweig zusammen an der Erarbeitung von Systemlösungen für Batterien und Brennstoffzellen im Bereich Elektromobilität sowie für stationäre Speicher als Bestandteile der Energiewende.

---

#### **KONTAKT**

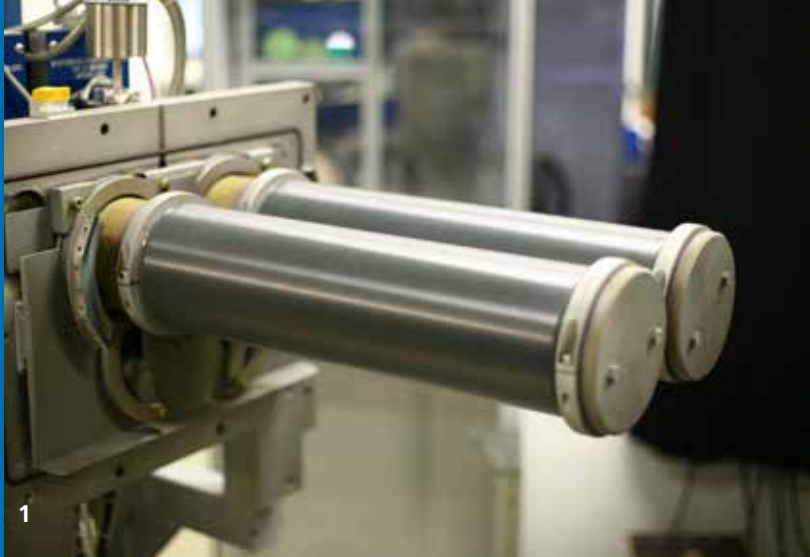
Dipl.-Ing. Sabrina Zellmer  
Telefon +49 531 2155 528  
sabrina.zellmer@ist.fraunhofer.de





2020

**OPTIK**



1



2

## UV-BANDPASSFILTER ZUR SONNENBEOBACHTUNG

Im Juni 2022 soll das ballongetragene Sonnenobservatorium »Sunrise III« seine Reise antreten. Ziel der Mission ist es, die Magnetfelder und die konvektiven Plasmaströme der unteren Sonnenatmosphäre zu untersuchen. Mit an Bord sind Bandpassfilter, die am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächen-technik IST entwickelt und hergestellt wurden und die Aufgabe haben, den Wellenlängenbereich auf den Detektoren auf die zu untersuchenden Wellenlängen einzugrenzen und höhere Ordnungen zu blockieren.

### Bandpassfilter blocken das Licht vom UV- bis NIR-Spektralbereich

Im Rahmen der Mission »Sunrise III« wird die Sonne aus einer Flughöhe von etwa 37 Kilometern mit einem Teleskop untersucht. Zentraler Bestandteil ist das vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung gebaute UV-Spektropolarimeter (SUSI). Damit soll der Bereich von 300 bis 430 nm untersucht werden, was von der Erde aus nicht möglich ist, weil er durch die Atmosphäre gestört wird. Neben einer hohen Empfindlichkeit im ultravioletten Spektralbereich ist auch ein geringes Rauschen erforderlich.

Dafür sorgen die am Fraunhofer IST entwickelten Bandpassfilter. Die Wissenschaftler am Institut haben ein Schichtdesign für insgesamt vier Bandpassfilter mit Zentralwellenlängen zwischen 399 nm und 316 nm und einer Mindesttransmission von 80 Prozent berechnet. Zusammen mit der geforderten Blockung von bis zu OD5 im Bereich von 200 bis 1100 nm

waren jeweils mehr als 200 Schichten mit einer Gesamtdicke von 21 bis 23 µm notwendig. Eine Besonderheit liegt darin, dass Bandpass und Blocker einseitig aufgebracht wurden, um Mehrfachreflexionen zu vermeiden. Die Rückseite wurde lediglich mit einer Schicht zur Spannungskompensation und einem Antireflexsystem aus vier Schichten versehen. Dadurch konnte die Rückreflexion im Durchlasswellenlängenbereich unter 0,2 Prozent gehalten werden.

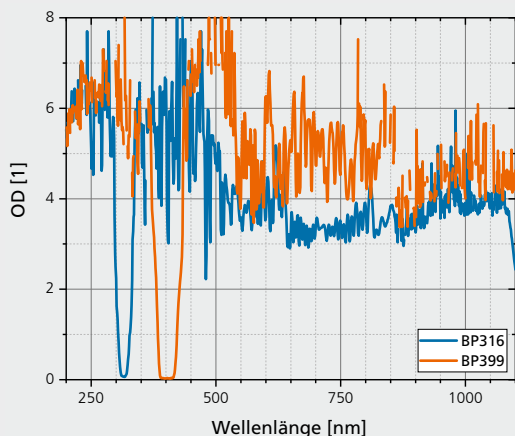
### Herstellung der Bandpassfilter

Die Filter wurden auf der am Fraunhofer IST entwickelten Beschichtungsanlage EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) abgeschieden. Schichten für Filter im ultravioletten Spektralbereich müssen besondere Anforderungen erfüllen, da unterhalb von 400 nm die Absorption und die Streuung deutlich ansteigen. Bei der Herstellung der Filter für die Mission »Sunrise III« setzte das Fraunhofer IST auf neues Material. Während für den 355 nm- und den 399 nm-Filter

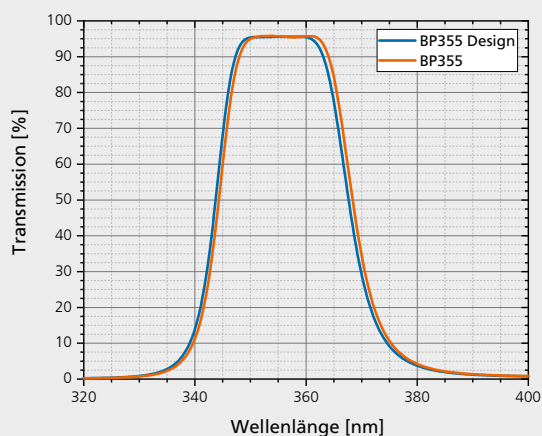
Zentralwellenlänge	Halbwertsbreite	Schichten	Gesamtdicke
316 nm	18 nm	252	21,6 µm
327 nm	20 nm	230	21,3 µm
355 nm	24 nm	216	21,3 µm
399 nm	32 nm	227	23,4 µm

Eigenschaften der Bandpassfilter und des zugehörigen Schichtdesigns.





Die Blockung der Bandpässe mit Zentralwellenlänge bei 316 und 399 nm.



Sehr genaue Deckung zwischen Messung des abgeschiedenen Filters und Design des Bandpasses bei 355 nm.

noch das etablierte Tantaloxid ( $Ta_2O_5$ ) verwendet werden konnte, wurden für die beiden anderen neuartige Rohrtargets aus Zirkoniumoxid ( $ZrO_2$ ) eingesetzt. Der im Target vorhandene Sauerstoff und die besonders hohe Reinheit ermöglichen somit im Zusammenhang mit der Oxidation durch eine RF-Plasmaquelle eine hohe Transmission und geringe Absorption. Zirkonium ist deutlich kostengünstiger als das oft verwendete Hafnium. Die Beschichtungen mit Zirkonium wurden durch Co-Sputtern von Silizium realisiert. Um eine Kristallisation und ein daraus resultierendes Streulicht zu vermeiden, enthalten die  $ZrO_2$ -Schichten wenige Prozent  $SiO_2$ .

#### Breitbandmonitoring – MOCCA<sup>®</sup> zur Prozesskontrolle

Der Beschichtungsprozess wurde jeweils mit Hilfe von dem ebenfalls am Fraunhofer IST entwickelten Monitoringsystem MOCCA<sup>®</sup> (Modular Optical Coating Control Application) überwacht und inklusive mehrerer Testglaswechsel gesteuert. Die Transmissionsmessungen zur Berechnung der jeweils aktuellen Schichtdicke erfolgten dabei im Bereich von 380 bis 1650 nm. Damit lag der Passbereich von drei Filtern außerhalb des Messbereichs. Dennoch konnten Lage und Form der Filter in sehr guter Übereinstimmung mit dem Design realisiert werden.

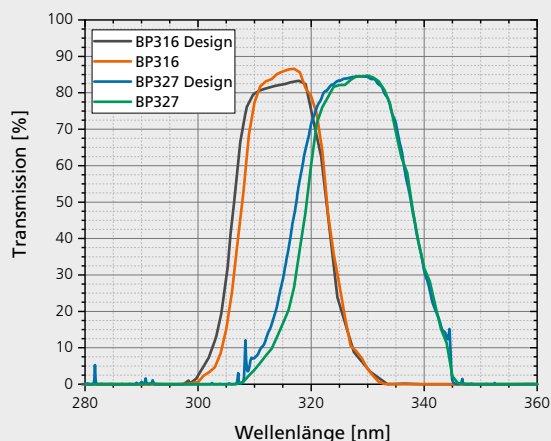
#### Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Prozessentwicklung mit Zirkonoxid-Rohrtargets wurde der mögliche Spektralbereich für optische Beschichtungen in Richtung UV erweitert und eine präzise Kontrolle von Beschichtungen auch außerhalb des während der Beschichtung gemessenen Spektralbereichs realisiert. Für Design und Abscheidung von Interferenzfiltern bieten sich dadurch neue Möglichkeiten.

#### Das Projekt

Die Arbeiten wurden gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projekts »EPIC-Lens« (FKZ 13N14583) und durch das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung im Rahmen des Projekts »Sunrise III«.

- 1 Rohrtarget für die EOS<sup>®</sup> aus unterstöchiometrischem Zirkoniumoxid.
- 2 Auf den Ecken gelagertes, beschichtetes Filtersubstrat in 3D-gedruckter Versandbox.



Vergleich zwischen Design und Messung der mit Zirkoniumoxid abgeschiedenen Filter. Nur der Filter bei 316 nm wurde nach der Abscheidung getempert.

#### KONTAKT

Dipl.-Phys. Stefan Bruns  
 Telefon +49 531 2155 628  
 stefan.bruns@ist.fraunhofer.de





**LIFE SCIENCE UND UMWELT**

2020



## MODELLRECHNUNGEN ZUM ABBAU VON STICKOXIDEN MITTELS PHOTOKATALYSE

Im Zuge der Corona-Pandemie ist es zu einem erheblichen Rückgang des Straßenverkehrs gekommen, und damit einhergehend sind die Stickstoffdioxid-Emissionen ( $\text{NO}_2$ ) stark gesunken. Bereits seit dem Ende des ersten Lockdowns Mitte April 2020 konnten erneut deutlich steigende Werte gemessen werden. Rückblickend auf das Jahr 2019 wurde der Jahresmittelgrenzwert für  $\text{NO}_2$  von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft trotz bereits geltender Dieselfahrverbote sowie eingerichteter Umweltzonen an rund 20 Prozent der verkehrsnahen Messstationen in Deutschland überschritten. Im Vergleich: 2018 waren es noch 42 Prozent der Stationen.

Das Fraunhofer IST verfügt über umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung von Oberflächen, die mit einer photokatalytischen Aktivität ausgestattet dazu beitragen können, Luftschadstoffe abzubauen. Insbesondere im städtischen Raum stehen dafür große bebaute Oberflächen zur Verfügung. Zusammen mit der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wolfenbüttel wurde daher eine Studie im Rahmen einer Masterarbeit initiiert, um mittels numerischer Simulation das Abbaupotenzial photokatalytisch ausgerüsteter Oberflächen zur Stickoxidreduzierung zu bestimmen. Hierzu wurde das Modell eines realen Straßencanyons auf dem Gelände des Fraunhofer IST ausgewählt, da hier zum einen die Schadstoffe bei bestimmten Windbedingungen schlecht abtransportiert werden und zum anderen ausreichend Oberflächen zur Verfügung stehen, die potenziell mit photokatalytischen Eigenschaften ausgerüstet werden können.

### Die Vorgehensweise

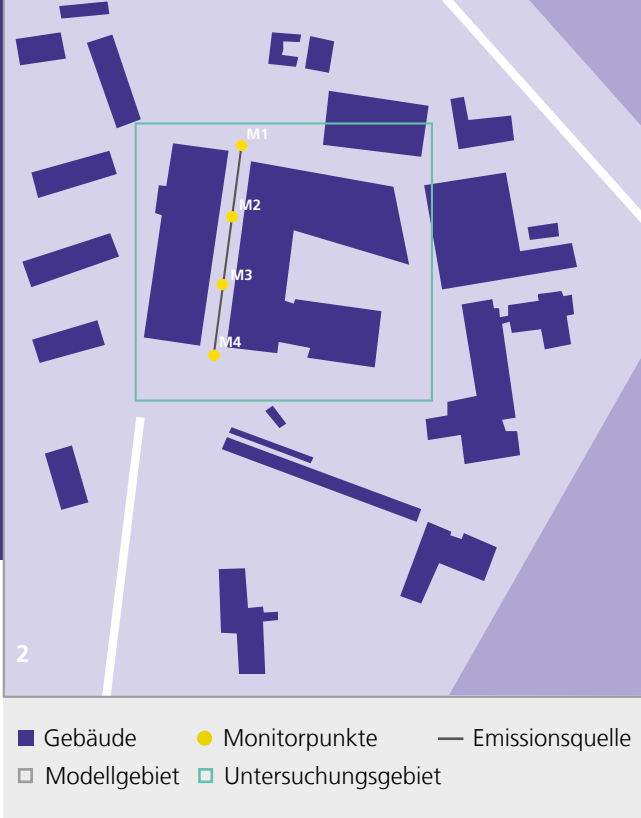
Als Bewertungsgröße für die photokatalytische Aktivität wurde die photokatalytische Depositionsgeschwindigkeit von Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) nach prEN 16980-1:2020 für verschiedenste kommerziell auf dem Markt erhältliche Produkte wie z. B. Glas, Betonpflasterstein und Rauputz im Labor bestimmt.

Aus ihr wird der photokatalytische Widerstand berechnet, der wiederum eine essentielle Größe für atmosphärische Ausbreitungsrechnungen darstellt. Diese Werte dienen in der Untersuchung als Eingangsgröße, um mit den Programmen LASAT (Lagrange-Simulation von Aerosol-Transport zur Simulation der Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre) und WinMISKAM (prognostisches mikroskaliges Strömungs- und Ausbreitungsmodell für Windows) die Reduktion der  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen am Beispiel des Straßencanyons auf dem Gelände des Fraunhofer IST unter Berücksichtigung der meteorologischen Daten zu Windströmung und Sonneneinstrahlung beispielhaft für das Jahr 2018 zu simulieren (vgl. Abbildung 1 und 2).

### Verbesserung der Luftqualität durch Photokatalyse

Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass bei angenommener vollständiger photokatalytischer Ausrüstung von Straße, Fassade und Dach bereits bei geringen Depositionsgeschwindigkeiten von  $0,14 \text{ cm/s}$  die  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen im Jahresmittel um 1 bis 2 Prozent gemindert werden können. Beim Einsatz von photokatalytischen Hochleistungsbaustoffen mit mittleren Depositionsgeschwindigkeiten von bis zu  $1,50 \text{ cm/s}$ , wie sie beispielsweise im BMBF-Verbundvorhaben »PureBau«





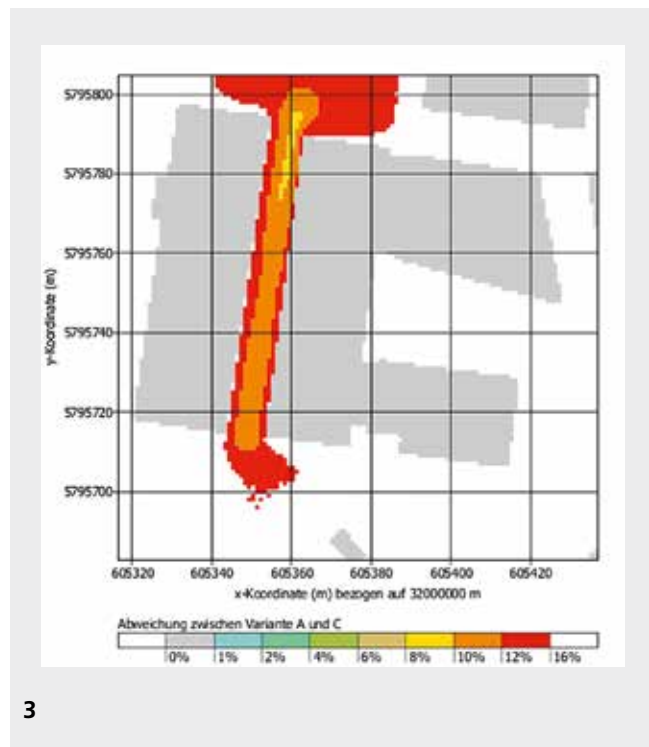
- 1 Modellcanyon auf dem Gelände des Fraunhofer IST in Braunschweig.
- 2 ArcMap-Modellskizze.
- 3 Prozentuale Minderung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen im photokatalytisch aktiv ausgerüsteten Modellcanyon.

entwickelt wurden, können die  $\text{NO}_x$ -Emissionen im Mittel hingegen sogar um 10 bis 12 Prozent reduziert werden (vgl. Abbildung 3). Dabei schwanken die Abbauraten zwischen 2 bis 4 Prozent im Winter sowie zwischen 16 bis 18,5 Prozent an durchschnittlichen Sommertagen.

Die Photokatalyse kann somit nachweislich auch in sonnenärmeren Gegenden einen entscheidenden Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität in unseren Innenstädten beitragen.

### Ausblick

Im Zuge einer Erweiterung der Laborkapazitäten wird die am Fraunhofer IST vorhandene Messtechnik um die Möglichkeit zur Bestimmung der photokatalytischen Depositionsraten von Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Ozon ( $\text{O}_3$ ) erweitert, um die atmosphärischen Eingangsgrößen noch exakter bestimmen zu können. Parallel hierzu unterstützt das IST als Mitglied des DIN-Normenausschusses Photokatalyse die Entwicklung zukünftiger Prüfnormen in diesem Bereich und bietet seinen Kunden zukünftig ein ganzheitliches Angebot zur Bewertung ihrer photokatalytisch aktiven Produkte vom Werkstoff bis in die Anwendung.



### KONTAKT

Dipl.-Ing. (FH) Frank Neumann  
 Telefon +49 531 2155 658  
 frank.neumann@ist.fraunhofer.de

# #WeKnowHow

## FRAUNHOFER VS. CORONA

1

15

LIFE  
ON LAND



## #WEKNOWHOW – DAS FRAUNHOFER IST VS. CORONA

Die Corona-Pandemie hat die Welt verändert und stellt uns in vielen Bereichen vor große Herausforderungen. Die Fraunhofer-Gesellschaft hat das Aktionsprogramm »Fraunhofer vs. Corona« ins Leben gerufen, um Fraunhofer-weit die verschiedenen Kompetenzen der Institute zu bündeln und damit zur Bewältigung der durch das Virus SARS-CoV-2 verursachten direkten und indirekten Folgen beizutragen. Mit seiner verfahrens- und fertigungstechnischen Expertise insbesondere für prozess- und anwendungsorientierte Oberflächentechnik arbeitet das Fraunhofer IST an entsprechenden Lösungsansätzen in den Bereichen Schutztextilien, Medizin sowie Hygiene und Desinfektion.

### Oberflächentechnik für medizinische Lösungen

Sichere Tests zum schnellen Nachweis einer SARS-CoV-2-Infektion sind ein wichtiger Baustein bei der Bekämpfung der Corona-Pandemie. In Kooperation mit dem Städtischen Klinikum Braunschweig ist das Fraunhofer IST an der Weiterentwicklung ultraschneller PCR-Tests beteiligt. Für derartige »Disposables«, die in millionenfacher Stückzahl benötigt werden, sind die Herstellungskosten mitentscheidend. Die Forschenden am IST optimieren dabei die im Test eingesetzten Folien durch eine ortsselektive Funktionalisierung der Oberfläche mittels Plasmatechnologie. Auf diese Weise können die Folien lokal so benetzbar gemacht werden, dass die Empfindlichkeit der fluoreszenzbasierten Diagnostik erhöht und dadurch die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Testsysteme gesteigert wird.

Auch in der medizinischen Versorgung kann die Oberflächentechnik eine wesentliche Rolle spielen. Bei Patienten mit einem schweren Verlauf einer COVID-19-Erkrankung, die in den meisten Fällen mit einer Lungenentzündung einhergeht, ist häufig eine Beatmung notwendig. Um festzustellen, ab wann eine künstliche Beatmung nötig wird und wie lange eine nichtinvasive Beatmung noch ausreicht, ist eine zuverlässige Überwachung der Atmung notwendig. Darüber hinaus sollten betroffene Patienten und auch das medizinische Personal möglichst vor einer Virusinfektion geschützt werden. In Kooperation mit zwei Fraunhofer-Instituten und Industriepartnern arbeitet das Fraunhofer IST daher an einem smarten Virenfilter – eine neuartige Kombination aus schnellen Sensorelementen zur Atemstrom-, Druck- und Atemgasmessung sowie einem BeatmungsfILTER. Das Fraunhofer IST konzentriert sich dabei auf die Entwicklung einer Fertigungstechnik von Dünnschichtsensoren zur Druckmessung, die kostengünstig in der Herstellung sind und sich gut integrieren lassen.



## Schutztextilien – nachhaltig und antiviral

Zu Beginn der Corona-Pandemie fehlte es an geeigneter Schutzkleidung sowie Atemschutzmasken der Klassifizierung FFP2 und FFP3 für medizinisches Personal und Pflegekräfte. Nach wie vor ist vor allem der Bedarf an hochwertigen Schutzmasken hoch. Eine optimale Entkeimung von Masken stellt eine nachhaltige und ressourcenschonende Möglichkeit dar, um eine mehrfache Wiederverwendung von Schutzmasken zu ermöglichen. In Zusammenarbeit mit dem Städtischen Klinikum Braunschweig arbeitete das Fraunhofer IST daher an geeigneten Testverfahren, mit denen sich neben Sterilisationseffekten auch die Partikeldurchlässigkeit und die Dichtigkeit des Materials nach einer Sterilisation überprüfen lassen.

Funktionale Schutzkleidung, die zusätzlich zu ihrer Schutzfunktion auch Viren und andere Keime abtötet, bietet für medizinisches und auch für Pflegepersonal einen verbesserten Schutz vor Ansteckung. In Zusammenarbeit mit acht weiteren Fraunhofer-Instituten steht die Entwicklung und Prüfung neuartiger kohlenstoffbasierter Beschichtungen für antiviral ausgerüstete Schutztextilien im Fokus. Am Fraunhofer IST werden hierfür neuartige Materialien und verfahrenstechnische Ansätze gasphasenbasierter Beschichtungsverfahren untersucht. Die so erzeugten Schichten werden auf ihre antimikrobielle Funktionalität und mechanische Stabilität hin validiert. Ziel ist es, einen nachhaltigen, skalierbaren und sicheren Fertigungsprozess zur antiviralen Ausrüstung textiler Materialien zu etablieren.

## Desinfektion und Reinigung

In Krisenzeiten und Katastrophenfällen wie der Corona-Pandemie können mobile, dezentral einsetzbare Systeme zur Reinigung und Bereitstellung von Desinfektionsmitteln für die medizinische Versorgung der Bevölkerung eine entscheidende Ergänzung der Gesundheitsinfrastruktur sein.

**1** *Expertinnen und Experten von Fraunhofer arbeiten an der Bekämpfung der Pandemie an vorderster Front mit und unterstützen Wirtschaft und Gesellschaft bei der Bewältigung direkter Auswirkungen und späterer Folgen.*

**2** *Durch Strukturierung der Oberfläche in Kombination mit einer ortsselektiven Funktionalisierung können die in PCR-Tests eingesetzten Folien vollständig und dauerhaft benetzbar gemacht werden.*

Vor diesem Hintergrund entwickelt ein Team aus sechs Fraunhofer-Instituten ein integriertes System einer mobilen, dezentralen medizinischen Versorgung. Basierend auf den Erfahrungen bei der dezentralen und autonomen Wasseraufbereitung arbeitet das Fraunhofer IST an einem System zur Flächendesinfektion, das mittels Diamantelektroden oder Plasmaverfahren Desinfektionsmittel direkt in einem Sprühsystem bereitstellen kann. Dieses System soll autark zur Oberflächensterilisation eingesetzt und dabei zum Beispiel in einer mobilen Testplattform angewendet werden können, die auch in Schwellen- und Entwicklungsländern zum Einsatz kommen kann.

Darüber hinaus forscht das Fraunhofer IST ebenso in einem Fraunhofer-Team an Technologien für mobile Desinfektionsroboter, die potenziell kontaminierte Oberflächen in öffentlichen Gebäuden oder im ÖPNV zielgerichtet, effizient und schonend desinfizieren. Der Fokus der Arbeiten des IST liegt dabei auf der Entwicklung miniaturisierter Plasmasysteme und deren Integration in den Desinfektionsroboter sowie auf der Untersuchung und der Bewertung der Materialschädigungen durch die unterschiedlichen Reinigungstools wie Plasma, UV-C oder wässrige Reinigung.



Im Bereich der mobilen Desinfektion ist ein weiteres Ziel des Fraunhofer IST die Entwicklung eines mobilen Raumluftreinigungssystems. Dieses Gerät soll Viren, Bakterien und Pilze in der Raumluft effektiv vernichten, um Ansteckungsrisiken zu mindern. Das Fraunhofer IST arbeitet daher an der Berechnung und Simulation der Strömungsdynamik von Bioaerosolen in Innenräumen. Auf Basis dieser Ergebnisse soll die Entwicklung eines geregelten Plasmaluftreinigers ermöglicht werden.

---

#### **Ausblick**

---

Die in den Anti-Corona-Projekten adressierten verfahrens- und fertigungstechnischen Lösungen auf Basis von Plasma- und Oberflächentechnik legen den Grundstein für zukünftige Arbeiten zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten. So können künftig auch funktionelle Beschichtungen mit antimikrobieller Wirksamkeit und Reinigungstechnologien zur automatisierten und aktiven Bekämpfung von Infektionserregern zur Verhinderung der Ausbreitung bzw. sofortigen Desinfektion von mikrobiellen Kontaminationen im medizinischen Bereich genutzt werden. Durch die Optimierung von medizintechnischen Lösungen in diagnostischen Test- und Überwachungssystemen wird langfristig eine verbesserte Patientenversorgung aufgebaut. Hierbei spielen Nachhaltigkeit und ressourcenschonende Prozesse eine entscheidende Rolle. Am Fraunhofer IST entstehen hier entsprechende Demonstratoren, die im nächsten Schritt gemeinsam mit Industriepartnern optimiert und in die Anwendung transferiert werden.

**3** *Darstellung eines Plasmaluftreinigers.*

**4** *Das Fraunhofer IST arbeitet an Testverfahren, mit denen sich Sterilisationseffekte, die Partikeldurchlässigkeit und die Materialdichtigkeit nach einer Sterilisation überprüfen lassen.*

---

#### **KONTAKT**

Dr. Michael Thomas  
Telefon +49 531 2155 525  
michael.thomas@ist.fraunhofer.de

Dr. Kristina Lachmann  
Telefon +49 531 2155 683  
kristina.lachmann@ist.fraunhofer.de





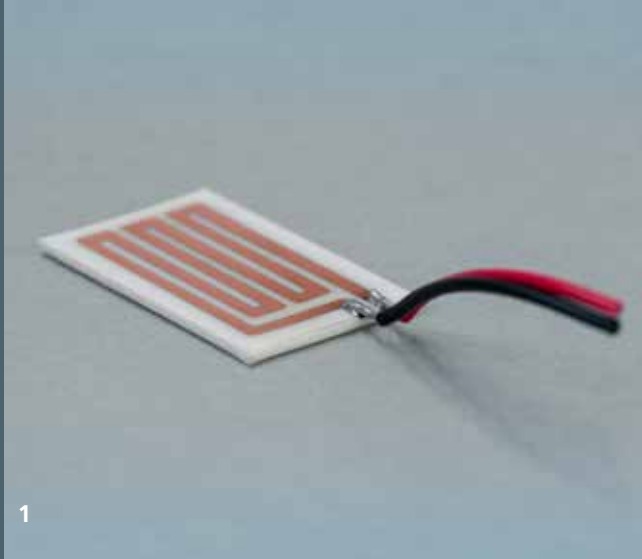




# 2020

**LEISTUNGEN UND  
KOMPETENZEN**





# TECHNOLOGIEFELDER

## Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD)

- Magnetronspütern
- Hochionisierte gepulste Plasmaverfahren, u. a. HIPIMS, MPP
- Hohlkathodenverfahren

## Chemische Gasphasenabscheidung (CVD)

- Heißdraht-CVD
- Atomlagenabscheidung (ALD)
- Plasmaunterstützte CVD (PACVD)

## Plasmadiffusion

- Nitrieren/Carbonitrieren
- Oxidieren
- Borieren

## Atmosphärendruckplasmen

- Plasmapolymerisation
- Dielektrisch behinderte Entladung
- Mikroplasmen und Plasma-Printing
- Integration von Plasma in Additive Fertigungsverfahren
- Plasma-Partikeltechnik
- Kalt-Plasmaspritzen

## Elektrochemie

- Galvanische Metallisierung
- Chemische Metallisierung
- Metallabscheidung aus ionischen Flüssigkeiten
- Dispersionsabscheidung

## Lasertechnik

- Laser-Plasma-Hybridverfahren
- Laserinduzierte Fluoreszenz
- Laserstrukturierung

## Oberflächenchemie

- Tauchbeschichtung
- Spin-Coating
- Photopolymerisation
- Chemische Derivatisierung



3

## ENERGIESPEICHER UND SYSTEME

### Energiespeicherentwicklung und Verfahrenstechnik

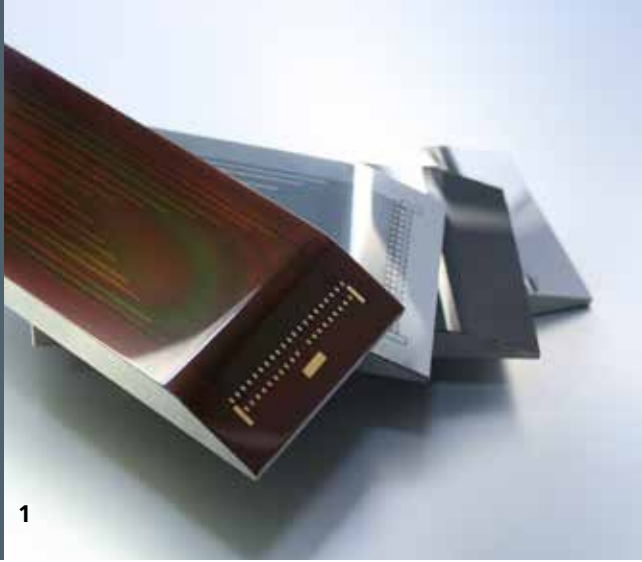
- Entwicklung mobiler und stationärer Energiespeicher und Systeme bis zur industriellen Reife
- Formulierungs- und Fertigungsstrategien für Festkörperbatterien\*
- Skalierbare Herstellung und Fertigung von Materialien für Energiespeichersysteme\*
- Partikel- und Oberflächenbeschichtung
- Oberflächenfunktionalisierung
- Partikel-, Pulver- und Suspensionscharakterisierung\*
- Elektrodenfertigung\*
- Zellcharakterisierung und -sicherheit\*

### Nachhaltige Fabrikssysteme und Life Cycle Management

- Batteriezellfertigung\*
- Modellbasierte Planung und Betrieb von Batterie-Produktionssystemen
- Simulation vom Material bis zur Fabrik
- Vernetzung virtueller Modelle mit realer Batterieproduktion in cyber-physischen Produktionssystemen (CPPS)
- Data Mining und Data Analytics entlang der Prozesskette Batteriefertigung
- Ökologisch-ökonomische Lebensweganalysen

\*in Kooperation mit der Battery LabFactory Braunschweig (BLB).

- 1 *Lötmuster – Kupfer-Leiterbahnen auf PET mit angelötetem Kabel.*
- 2 *In-Line Vakuum-Beschichtungsanlage (FHR Anlagenbau SV470) mit spektroskopischen Plasmamonitoring (PLASUS EMICON).*
- 3 *Elektroden für die Herstellung von Batteriezellen.*



1



2

## KOMPETENZFELDER

### Reibungsminderung und Verschleißschutz

- Amorphe Kohlenstoffschichten (DLC)
- Diamantschichten
- Hartstoffschichten
- Nitride/Kubisches Bornitrid (cBN)
- Metallschichten
- Plasmadiffusion/DUPLEX-Verfahren
- Trockenschmierstoffe
- Erosionsschutz
- Korrosionsschutz
- Antihaft- und Antifouling-Schichten
- Diffusionsbarrieren

### Elektrische und optische Schichten

- Präzisionsoptik
- Transparente leitfähige Schichten (TCOs)
- Elektrochrome Schichten
- Low-E- und Sun-Control-Schichten
- Diamantelektroden
- Siliziumbasierte Schichten für die Photovoltaik und Mikroelektronik
- Halbleiter (oxidische, siliziumbasierte, Diamant)
- Isolationsschichten
- Piezoelektrische Schichten
- Magnetische Schichten
- Kunststoffmetallisierung

### Mikro- und Nanotechnologie

- Dünnschicht-Sensortechnologie
- Mikrotechnik
- Nanokomposite
- Steuerung der Schichtadhäsion
- Strukturierte Oberflächenbeschichtung und -aktivierung

### Biofunktionalisierung

- Antibakterielle Schichten
- Adhäsions- und Antiadhäsionsschichten
- Chemisch reaktive/biologisch aktive Oberflächen

### Photokatalyse

- Luft- und Wasserreinigungssysteme
- Photokatalytisch aktive Schichten mit antimikrobieller Wirksamkeit



- 1 *Sensormodule zur Überwachung des Blecheinzugs für den Tiefziehprozess.*
- 2 *Stahlrohre mit Antifouling-Beschichtung.*
- 3 *Impact-Tester.*

### **Vorbehandlung und Funktionalisierung**

- Nasschemische Reinigung
- Grenzflächenfunktionalisierung und -beschichtung
- Oberflächenstrukturierung
- Plasmaaktivierung und -reinigung
- Oxidation und Reduktion von Metallen
- Plasma-Oberflächenmodifikation
- Optimierung von Haftverbänden

### **Produkt- und Produktionssysteme**

- Life Cycle Management
- Nachhaltige Fabrikplanung
- Auslegung von Prozessketten und Produktionssystemen

### **Simulation**

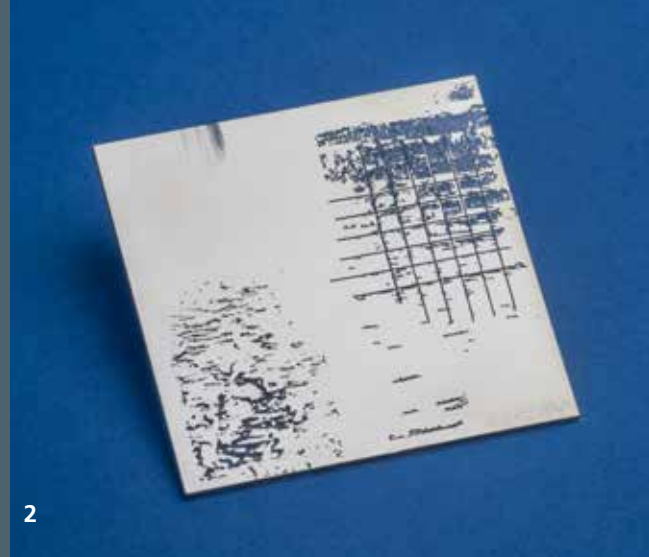
- Simulation von Anlagen, Prozessen und Schichteigenschaften
- Modellbasierte Auslegung von Beschichtungsprozessen

### **Analytik und Qualitätssicherung**

- Chemische Mikrobereichsanalyse
- Kristallstrukturanalyse
- Mikroskopie
- Analyse chemisch reaktiver Oberflächen
- Optische und elektrische Charakterisierung
- Plasma-Diagnostik
- Tribologisches Prüfen
- Mechanische Tests
- Normgerechte photokatalytische Messtechnik inklusive Prüfanlagen und -geräte



1



2

## DIREKTMETALLISIERUNG VON KUNSTSTOFFEN MITTELS HIPIMS

Obwohl metallisierte Kunststoffe seit mehreren Jahrzehnten industriell hergestellt und genutzt werden, ist die Direktmetallisierung von Kunststoffen nach wie vor ein aktuelles Thema. Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Kunststoffe und der erforderlichen individuellen Entwicklung von Zwischenschichten bzw. gezielter Vorbehandlung besteht noch immer ein hoher Bedarf an Verfahren, die eine haftfeste Metallisierung von Kunststoffen ermöglichen. Das Hochleistungs-Impuls-Magnetronspattern (High Power Impulse Magnetron Sputtering HIPIMS) ist ein Verfahren, das dafür ein großes Anwendungspotenzial bietet. Am Fraunhofer IST wurden Untersuchungen zur Direktmetallisierung mit Aluminium und mit Chrom durchgeführt, die vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Haftfestigkeit auf Kunststoff erzielt haben.

### Direktmetallisierung mit Aluminium

Im Rahmen der Untersuchung wurden verschiedene Kunststoffe mit Aluminium beschichtet. Dabei wurde auf jegliche Vorbehandlung außerhalb der Beschichtungskammer sowie jegliche Plasmavorbehandlung verzichtet. Nach dem Einschleusen wurden die Kunststoffe direkt mit Aluminium beschichtet. Speziell für die Polyamide PA6 und PA6.6 sowie für Polymethylmethacrylate (PMMA) konnte eine exzellente Haftung (HK 0) realisiert werden. Insbesondere für PMMA ist bisher eine direkte Plasmabeschichtung mit zuverlässiger Haftung nicht bekannt. Üblicherweise wird ein Lack aufgebracht oder eine Zwischenschicht ohne Plasma aufgedampft, bevor die eigentliche Metallisierung erfolgt. Im vorliegenden Fall stellte sich heraus, dass der Anteil der Ionen im HIPIMS-Prozess eine wesentliche Rolle spielt. Je größer der Ionenanteil, desto besser war die Haftung. Bei Kunststoffen kann es durchaus zu unterschiedlichem Verhalten bei der Beschichtung kommen, wenn die Substrate von verschiedenen Herstellern bezogen werden. Für PMMA konnte auch in wiederholten Versuchen gezeigt werden, dass es generell möglich ist, eine exzellente Haftung herzustellen.

### Direktmetallisierung mit Chrom

Vor allem in Hinblick auf die REACH-Verordnung der EU und das Verbot von sechswertigem Chrom (Cr VI) müssen sowohl die weitverbreitete Vorbehandlung mit Chrombeize als auch die galvanische Beschichtung, sofern Cr VI beteiligt ist, ersetzt werden. Ferner weicht der Farbeindruck von Chromschichten, die mit dreiwertigem Chrom hergestellt werden, von dem bekannten Eindruck der Cr VI-Schichten ab.

Die HIPIMS-Technologie bietet hier die Option, beiden Herausforderungen zu begegnen. Einerseits zeichnen sich die HIPIMS-Schichten durch eine sehr gute Haftung zu den Substraten aus. Eine haftende Schicht konnte sogar auf Teflon realisiert werden, wobei hier für eine gute bis sehr gute Haftung noch weitere Entwicklung erforderlich ist. Andererseits weisen die HIPIMS-Chromschichten einen bläulichen Farbton auf, wie er von vielen etablierten Beschichtungen bekannt ist. Auch hier konnten für Polycarbonat (PC) und Polyamid (PA 6, PA 6.6) sehr gute Haftwerte (HK 0 bis 1) realisiert werden.





3

*Al-Direktmetallisierung von PMMA:*

- 1 *DC-Referenz.*
- 2 *Mittlere Ionisation.*
- 3 *Hohe Ionisation.*

---

### **Charakterisierung der Haftung**

---

Die Charakterisierung der Haftung erfolgte mit einer Kombination von einer Gitterschnittprüfung nach DIN EN ISO 2409 und einem anschließenden Tape-Test. Bei der Gitterschnittprüfung wird zunächst ein Muster in die beschichtete Oberfläche eingeritzt und anschließend die Ausbrüche an den Schnittkanten ausgewertet. Um die Situation zu verschärfen, wird ein Klebeband mit definierter Haftkraft auf die geritzte Oberfläche appliziert und ruckartig abgezogen.

---

### **Ausblick**

---

Das Fraunhofer IST verfügt über verschiedene Vakuumanlagen (Batch- und In-line-Coater) mit unterschiedlichen Kathodengrößen für die kundenspezifische Entwicklung von HIPIMS-Prozessen. Mit seiner hervorragenden industriellen Ausstattung ist es dem Fraunhofer IST möglich, mittels HIPIMS eine haftfeste Metallisierung entweder als Startschicht für eine weitere Verstärkung oder als dünne Funktionsschicht ohne weitere Zusatzprozesse für unterschiedliche Anwendungen umzusetzen.

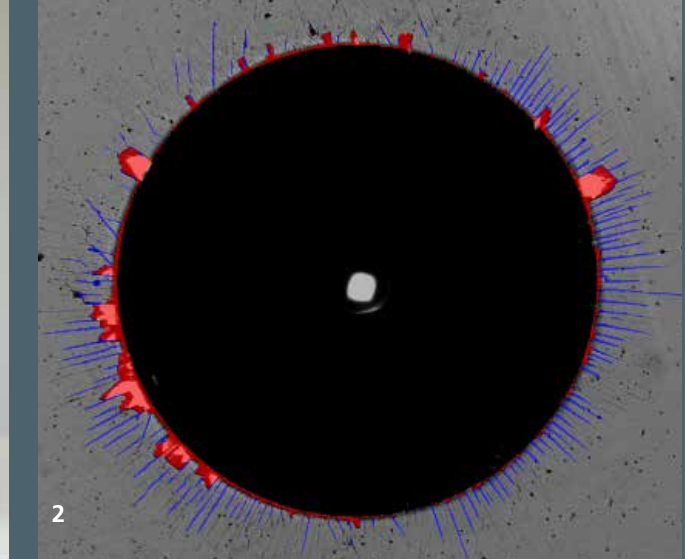
---

### **KONTAKT**

Dr.-Ing. Ralf Bandorf  
 Telefon +49 531 2155 602  
 ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de



1



2

## AUTOMATISIERUNG DES ROCKWELL-SCHICHTHAFTUNGSTESTS FÜR EINE ZUVERLÄSSIGE QUALITÄTSKONTROLLE

Die Schichthftung von Hartstoffschichten ist ein wesentliches Qualitätskriterium für die Funktionssicherheit eines beschichteten Bauteils. In Kooperation mit Industriepartnern wurde an den Fraunhofer-Instituten IST und ITWM ein neues, auf maschinellem Lernen basierendes Auswerteverfahren entwickelt, das es ermöglicht, die Bewertung durch den Rockwell-Schichthftungstest zu automatisieren. Dabei erfolgt nicht nur die Bestimmung der Haftklassen, sondern auch die Rockwellprüfung und die Mikroskopaufnahme automatisiert. Ein Bauteil kann in wenigen Minuten an mehreren Prüfstellen zuverlässig und ohne manuelles Eingreifen auf Schichthftung geprüft werden.

### Rockwell-Schichthftungstest

Die Rockwell-Eindringprüfung ist ein seit vielen Jahren etabliertes Prüfverfahren in Industrie und Forschung zur Bewertung der Schichthftung. Auf dem beschichteten Bauteil wird wie bei einer Rockwell-Härteprüfung ein Härteeindruck mit einem Diamantindenter erzeugt. Vorliegende Schichtschädigungen im Randbereich des Indentoreindrucks werden qualitativ beurteilt und nach visuellem Eindruck in Haftklassen (HF) entsprechend der Normen DIN 4856 und ISO 26443 eingeteilt.

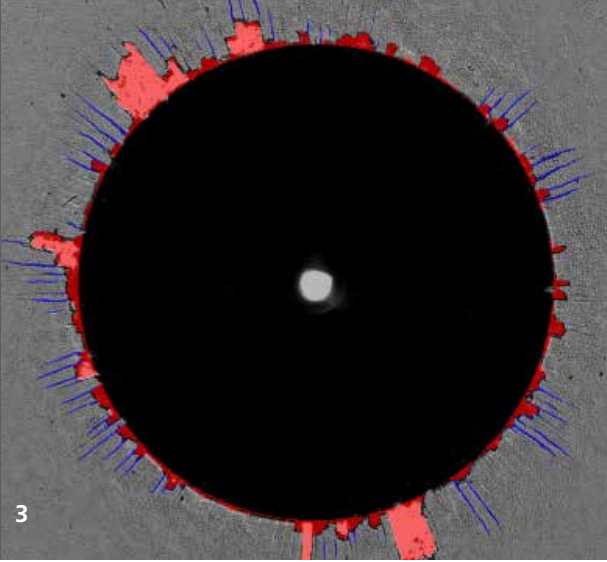
### Problemstellung

Trotz der vorgegebenen Normen für das Verfahren beinhaltet das Ergebnis der Haftungsprüfung je nach Erfahrungsschatz der Prüfperson eine subjektive Note. Eine Stichprobe von gut 500 Aufnahmen, die von vier Fachleuten beurteilt wurden, ergab vielfache Unterschiede: Gute (HF 1) bzw. schlechte Schichthftungen (HF 5 und 6) werden von verschiedenen Prüfpersonen in der Regel einheitlich bewertet. Bei mittleren Schichthftungen (HF 2 bis 4) treten allerdings häufig Bewertungsdifferenzen auf.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen typische Rockwelleindrücke zur Bewertung der Schichthftung, bei denen bei visueller Bewertung Differenzen auftreten können. Je nach Prüfperson wurde in der Abbildung 2 eine Haftklasse von 2 oder 3, in Abbildung 3 HF 3 oder HF 4 vergeben. Für die industrielle Anwendung leitet sich daraus der Bedarf nach einer objektiven Bewertung und feineren Unterteilung der Haftklassen mit einer Nachkommastelle ab, um eine wiederholbare Qualitätssicherung und Kontrollierbarkeit der Beschichtungsprozesse zu ermöglichen.

### Ein neues, automatisiertes Verfahren zur Auswertung

In Kooperation mit den Unternehmen BAQ und Schaeffler wurde eine neue Prüfstation für die Bewertung der Schichthftung entwickelt, die die zuvor erwähnten Ziele erreicht (vgl. Abbildung 1). Die Erzeugung des Rockwelleindrucks sowie die Mikroskopaufnahme werden dabei vollautomatisch durchgeführt. Die automatische Analyse des Schadensbilds erfolgt mittels elektronischer Bildverarbeitung auf der Basis von maschinellem Lernen. Diese wurde am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM entwickelt und



- 1 Von BAQ im Projekt entwickelte Prüfstation für automatisierte Rockwell-Schichthaftungstests.
- 2 Rockwelleindruck, von Prüfpersonen als HF 2 oder 3 bewertet.
- 3 Rockwelleindruck, von Prüfpersonen als HF 3 oder 4 bewertet.

beruht auf einer Merkmalsanalyse, d. h. die Grundlage für die Auswertung bilden die in den Normen vorhandenen schematischen Skizzen jeder Haftklasse. Die Haftklassen HF 2, HF 3 und HF 4 werden mit einer Nachkommastelle angegeben. Die automatisierte Auswertung der Beispielbilder ergibt eine reproduzierbare und objektive Schichthaftung HF 2,9 (Abbildung 2) bzw. HF 3,4 (Abbildung 3). Der automatisierte Rockwell-Schichthaftungstest wurde am Fraunhofer IST anhand realer Industrieteile an verschiedenen amorphen Kohlenstoffschichten (diamond-like carbon, DLC) erprobt, um die optische Aufnahmetechnik sowie die Merkmalskriterien zu optimieren.

---

### Das Projekt

---

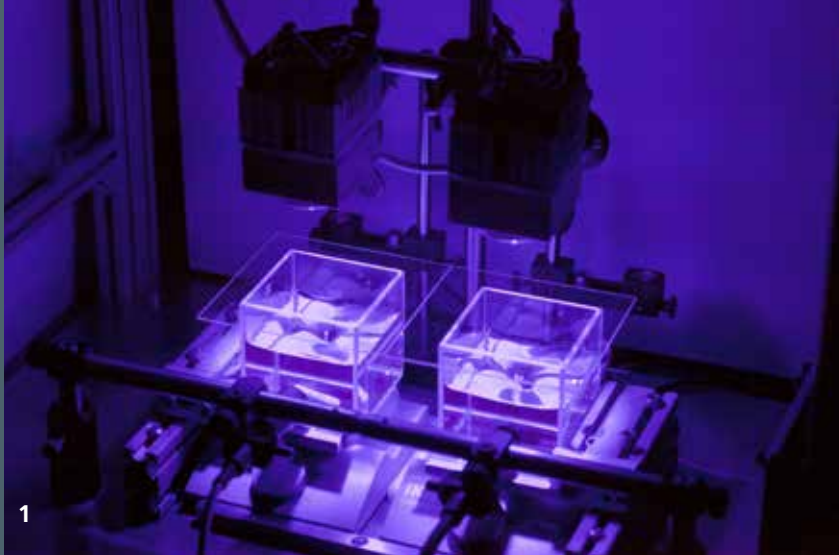
Das Projekt »Automatisierte Rockwell-Schichthaftungsprüfung – AUROS« wird im Rahmen des Förderprogramms »WIPANO« durchgeführt. Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.




---

### KONTAKT

Dr.-Ing. Jan Gäbler  
 Telefon +49 531 2155 625  
 jan.gaebler@ist.fraunhofer.de



## ENTWICKLUNG EINES INDUSTRIESTANDARDS ZUR BESTIMMUNG DER PHOTOKATALYTISCHEN AKTIVITÄT VON OBERFLÄCHEN

Selbstreinigende Oberflächen an Produkten wie Glas und Keramik für den Sanitärbereich oder selbstreinigende Wandfarben oder Dachziegel können eine erhebliche Erleichterung im Alltag darstellen und die Produkt-Lebensdauer erhöhen. Erreicht wird dieser Selbstreinigungseffekt zum Beispiel durch den Einsatz photokatalytisch aktiver Materialien oder Oberflächenbeschichtungen. Fällt Licht der geeigneten Wellenlänge auf die photokatalytisch aktive Oberfläche, werden organische Verunreinigungen abgebaut. Zusätzlich gibt es einen zweiten Effekt: Durch das Licht erfolgt eine sogenannte »Hydrophilisierung« der Oberfläche, sie wird »wasserliebend«, d. h. Wasser bildet einen Film, der die Schmutzpartikel unterwandern kann, sodass sie sich leichter abspülen lassen.

### Abbildung möglichst realer Probenvorkommen

Parallel zur Marktentwicklung derartiger Produkte steigt der Bedarf an genormten Verfahren, um die Wirksamkeit nachzuweisen, ihre Marktakzeptanz zu steigern und letztendlich durch Diskriminierung unwirksamer bzw. schädlicher Produkte aktiven Konsumentenschutz und einen fairen Wettbewerb zu gewährleisten. Zudem wurden seit der ursprünglichen Erarbeitung der ersten Prüfnormen auf dem Sektor der Photokatalysator- und Produktentwicklung wesentliche Fortschritte insbesondere zur Effizienzsteigerung der Materialien erzielt, denen es gilt, Rechnung zu tragen.

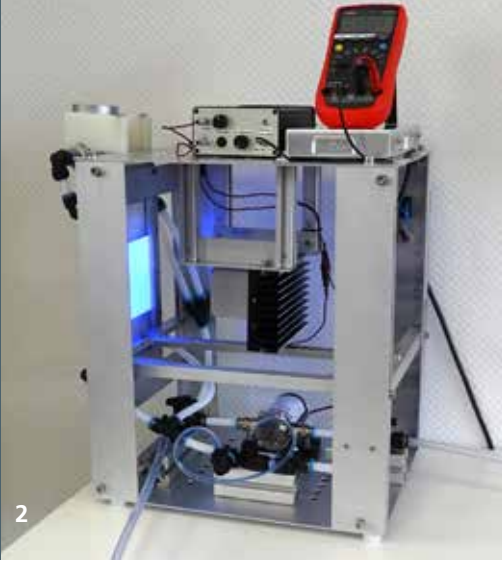
Um die photokatalytische Aktivität verschiedener Produkte vergleichen zu können, findet die Deutsche Industrienorm DIN 52980:2008 Anwendung, wobei der Nachweis über den Abbau von Methyleneblau erfolgt. Der Einsatzbereich ist jedoch auf wenige und zudem kleinformatische Produkte beschränkt. In der Vergangenheit kam es zudem in der Praxis immer wieder zu starken Schwankungen der Messergebnisse, und auch in der wissenschaftlichen Literatur wurde eine Reihe von

Schwachpunkten des aktuellen Verfahrens aufgezeigt. Für das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST ist ein Anlass, gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung einen robusten und anwendungsnahen deutschen Industriestandard zur Charakterisierung der photokatalytischen Aktivität von Oberflächen zu entwickeln und dabei ein möglichst reales Probenvorkommen abzubilden.

### Anwendungsnahe Prüfmethode

Im Rahmen des vom BMWi geförderten Programms »WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen« hat das Fraunhofer IST zusammen mit seinen Projektpartnern im Vorhaben »DePhakto« die Spezifikationen der bisherigen Messmethodik untersucht und Vorschläge für Anpassungen und Neuerungen in einem Revisionsentwurf der Norm erarbeitet. Hierbei wurden neben einem neuen Verfahren für großformatige Proben auch neue keramische Kalibrierstandards entwickelt, charakterisiert und im Hinblick auf ihre definiert abgestufte photokatalytische Beschichtung und Wiederverwendbarkeit untersucht.





- 1 Methyleneblau-Messstand nach DIN 52980.
- 2 Methyleneblau-Prüfstand für großformatige Proben.

Ein vom Fraunhofer IST koordinierter Rundversuch zeigt, dass die Messergebnisse unter Verwendung der neuen anwendungsnahen Kalibrierstandards und der neuen Prüfmethodik wesentlich präziser und zuverlässiger sind als bei dem ursprünglichen Verfahren: Der Variationskoeffizient der Vergleichspräzision beträgt statt ursprünglich 30,6 Prozent nur noch 4,95 Prozent. Auch die zu prüfende Oberfläche konnte auf bis zu 100x100 mm<sup>2</sup> vergrößert werden und ermöglicht nun auch die Beurteilung großformatiger Proben wie ganzer Fliesen oder Dachsteine.

Das Fraunhofer IST engagiert sich aktiv im Arbeitsausschuss Photokatalyse des Deutschen Instituts für Normen DIN. Bereits während der Projektlaufzeit erfolgte stets ein enger Austausch mit den dort vertretenen Institutionen und Industriebetrieben, um die Praxistauglichkeit der erzielten Ergebnisse sicherzustellen. Das neue Prüfverfahren wurde im November 2020 als Entwurf DIN 52980:2020-11 beim Beuth-Verlag veröffentlicht.

---

### Das Projekt

---

Die Durchführung des Forschungsvorhabens »Entwicklung eines robusten und anwendungsnahen deutschen Industriestandards zur Bestimmung der photokatalytischen Aktivität von Oberflächen – DePhakto« wurde durch eine Förderung im Rahmen des Programms »WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen« mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie – BMWi mit dem Förderkennzeichen FKZ 03TNG016C ermöglicht.

---

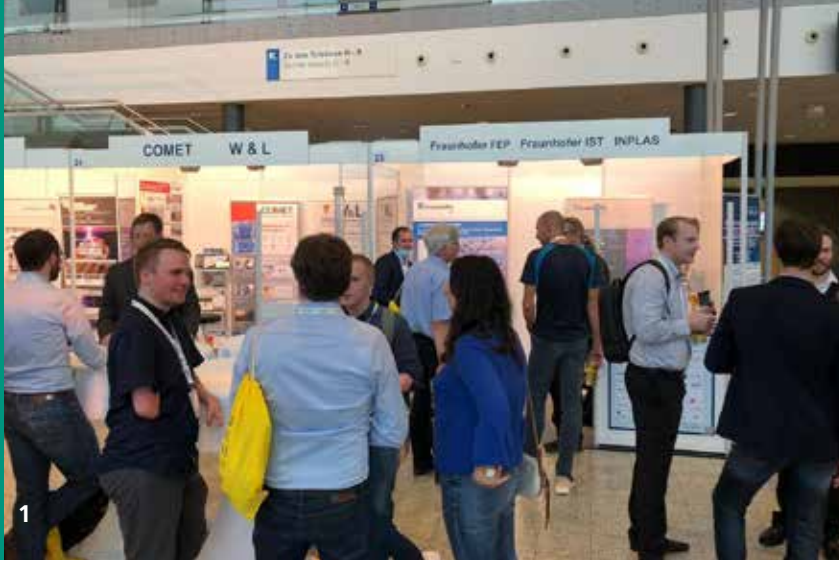
### KONTAKT

Dipl.-Ing. (FH) Frank Neumann  
 Telefon +49 531 2155 658  
 frank.neumann@ist.fraunhofer.de



**NAMEN, DATEN, EREIGNISSE**

2020



## MESSEN, AUSSTELLUNGEN, KONFERENZEN

---

### **DVG-Mitgliederkontakttag**

---

Karlsruhe, 10. – 11. Februar 2020. Unter dem Motto »Wissenschaft trifft Industrie + Industrie trifft Wissenschaft« fand am 10. und 11. Februar 2020 der Mitgliederkontakttag der Deutschen Vakuum Gesellschaft DVG e.V. statt, um die Brücke zwischen Industrie und Wissenschaft für vakuumgestützte Technologien und Anwendungen zum gegenseitigen Nutzen auszubauen. Den Themenschwerpunkt der Veranstaltung bildete die »Moderne PVD-/CVD-Beschichtungstechnologie – Vakuumtechnik für Forschung und Industrie im Interesse der Umwelt«. Zwei Beiträge kamen aus dem Fraunhofer IST.

---

### **Fachtagung »Schlüsseltechnologien für die Oberflächenmodifikation«**

---

Lüdenscheid, 3. – 4. Juni 2020. Die Fachtagung »Schlüsseltechnologien zur Oberflächenmodifikation« gab einen Überblick über die marktgängigen Verfahren im Bereich Werkzeugoberflächen, den Stand der Technik sowie neue Entwicklungen und stellte vielfältige Anwendungsmöglichkeiten vor. Das Fraunhofer IST war durch Dr.-Ing. Jochen Brand mit einem Vortrag zum Thema »Diamantähnliche Kohlenstoffschichten für Werkzeuge« vertreten.

---

### **Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC**

---

Online, 23. Juni 2020. Bedingt durch die Corona-Pandemie fand in diesem Jahr die erste virtuelle Fraunhofer Direct Digital Manufacturing-Konferenz DDMC statt. Diese wurde live vom Fraunhofer-Forum in Berlin übertragen und moderiert. Fast 20 Redner aus aller Welt wählten sich ein, um sich zu den Themen im Kontext der additiven Fertigung mit den Teilnehmern auszutauschen. Das Fraunhofer IST ergänzte das Programm mit einem Beitrag zum Thema »Post-Processing«.

---

### **Fraunhofer Competence Forum China**

---

Online, 14. Juli 2020. Das Fraunhofer Competence Forum China fand pandemiebedingt online statt. Experten der Fraunhofer-Institute ISC, IST, IZFP und ITWM stellten ihre Kompetenzen im Bereich der »Oberflächentechnologien« vor. Das Fraunhofer IST präsentierte Ergebnisse aus dem Bereich der Dünnschichtsensorik sowie der Präzisionsoptik.



- 1 *Industrieabend auf der diesjährigen Special PSE in Erfurt.*
- 2 *Das digitale Fraunhofer-Event im Herbst 2020 – die Fraunhofer Solution Days.*

---

## **International Conference on Plasma Surface Engineering / Special PSE 2020**

---

Erfurt, 7. – 10. September 2020. Bei der zum 17. Mal stattfindenden International Plasma Surface Engineering PSE drehte sich in diesem Jahr alles um die Rolle der Plasmatechnologie für neue Energiekonzepte. Das Fraunhofer IST nahm an der Special PSE im Rahmen des Gemeinschaftsstands des Kompetenznetzes INPLAS an der Ausstellung teil und beteiligte sich mit Beiträgen am wissenschaftlichen Tagungsprogramm.

---

## **37<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition PVSEC**

---

Online, 7. – 11. September 2020. Die EU PVSEC ist die größte internationale Fachkonferenz für Photovoltaik in den Bereichen Forschung, Technologien und Anwendungen mit begleitender Industrie-Ausstellung, in der Vertreter der Photovoltaik-Industrie ihre Technologien, Innovationen und neuen Konzepte präsentieren. In diesem Jahr fand die EU PVSEC ausschließlich online statt. Das Fraunhofer IST beteiligte sich mit einer Posterpräsentation.

---

## **Fraunhofer Solution Days 2020**

---

Online, 26. – 29. Oktober 2020. Im Herbst dieses Jahres fanden die Fraunhofer Solution Days, ein digitales Fraunhofer-Event statt. Dabei standen vier Themen mit hoher Relevanz für die Innovationskraft Deutschlands und Europas im Fokus: Gesundheit. Digitale Wirtschaft. Anlagen- und Maschinenbau. Mobilität. Das Fraunhofer IST beteiligte sich gemeinsam mit dem Team des Projekts »KryoRet« sowie seinem Beitrag bei der Entwicklung einer intelligenten Schraubverbindung im Rahmen des Forschungszentrums IoT-COMMs an dem Event.



## EREIGNISSE

---

### Science Day am Fraunhofer IST

---

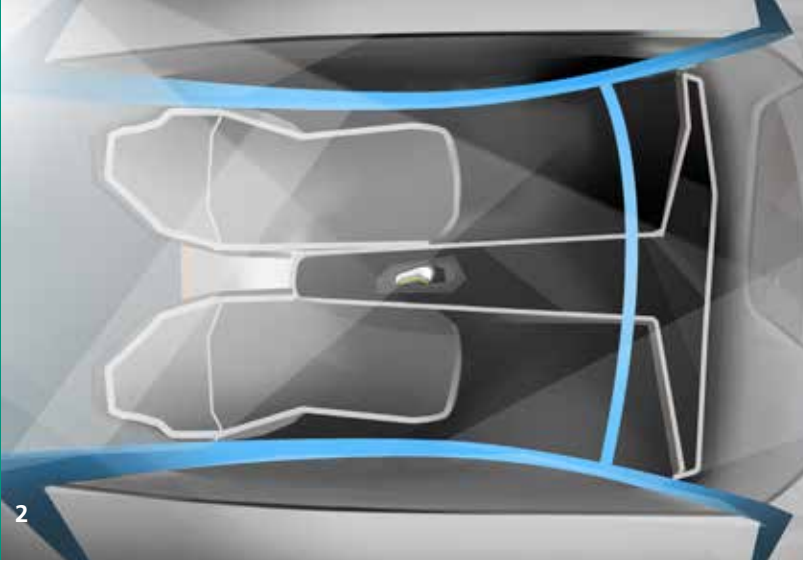
Braunschweig, 28. Januar 2020. Zum vierten Mal fand auch in diesem Jahr der »Science Day« am Fraunhofer IST statt. Promovierende des Fraunhofer IST sowie der Institute für Oberflächentechnik IOT und für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF der TU Braunschweig nutzten an diesem Tag die Möglichkeit, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der drei Institute die Konzepte und bisherigen Ergebnisse ihrer Promotionen vorzustellen. Für die Doktorandinnen und Doktoranden ist der »Science Day« ein Forum, ihr Forschungsfeld vorzustellen und konstruktiv über offene Fragen zu diskutieren. Für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der beteiligten Institute ist es eine Gelegenheit, sich in lockerer Runde über aktuelle Forschungsthemen auszutauschen und zu informieren.

---

### Flexibel und individuell: Fraunhofer-Team entwickelt visionäres Fahrzeugkonzept

---

Wie lässt sich individuelle Luxusmobilität für die Welt im Jahr 2040 gestalten? Eine Welt, die von der Idee einer Kreislaufwirtschaft und deutlich gestiegenen Produktlebensdauern angetrieben sein wird. Eine Welt, die aber ebenso von dem Wunsch nach individuellen, sich schnell verändernden Lebensstilen bestimmt sein wird. Wie erreicht man zwischen diesen Polen maximalen Fahrkomfort? Um diese Fragen zu beantworten hat ein interdisziplinäres Forschungsteam bestehend aus Expertinnen und Experten der Fraunhofer-Institute ICT, IST, IAO, IFAM, IWU und WKI »Vision PI«, ein modulares Zukunftskonzept der Mobilität entwickelt, das je nach Einsatz flexibel und individuell gestaltet werden kann. Das Konzept sieht eine Fahrgastzelle vor, die nach der Logik eines Schalen-Prinzips modular aufgebaut ist und flexibel an die individuellen Bedürfnisse der Reisenden angepasst werden kann: Tagsüber dient es als kommunikative Lounge, nachts wird es zur Ruhekapsel für eine erholsame Langstreckenfahrt. Der Innenraum ist flexibel anpassbar sowie adaptiv in seinen Einstellungen, die eingesetzten Materialien bestehen aus nachwachsenden Rohstoffen oder sind auf optimale Wiederverwertbarkeit ausgelegt. Das gesamte Modul kann an verschiedene Mobilitätsträger angekoppelt werden – je nach Bedarf an eine Fahrzeugplattform, ein Flugtaxi oder an eine Hyperloop-Lösung. Es kann ebenso zur interaktiven VR-Lounge umgestaltet werden, die grenzenloses virtuelles Reisen um die ganze Welt ermöglicht und damit zu einem innovativen Bestandteil neuer Mobilitäts- und Gebäude-Gestaltungen beiträgt.



2

Das innovative Mobilitätskonzept war einer von fünf Vorschlägen, mit denen Fraunhofer im Jahr 2020 am Ideenwettbewerb »#NEXTGen Moving Tomorrow Pitch« des Autokonzerns BMW teilgenommen hat. Gesucht wurde dabei ein »visionäres, nachhaltiges und holistisches Gesamtkonzept für die Mobilität im Jahr 2040«. Weltweit hatte BMW Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus insgesamt zehn renommierten Forschungseinrichtungen aufgefordert, Vorschläge einzureichen, die das Leben der künftigen Generationen verbessern, am Nutzenden orientiert sind, Städte smarter machen oder völlig neue Technologien ermöglichen sollen. Fraunhofer war die einzige nicht-universitäre Forschungseinrichtung, die sich an dem Ideenwettbewerb beteiligte. Neben zwei Teams der chinesischen Elite-Universität Tsinghua schaffte es das Fraunhofer-Team »Vision PI« mit seiner Idee einer individuellen Fahrgastzelle ins Finale unter die Top 3.

1 Doktorandinnen und Doktoranden des Fraunhofer IST und sowie der Institute für Oberflächentechnik IOT und für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF der TU Braunschweig am »Science Day«.

2 Skizze des Interieurs von »Vision PI«.

# EREIGNISSE

## DAS FRAUNHOFER IST VERABSCHIEDET SEINEN LANGJÄHRIGEN INSTITUTSLEITER

Am 30. September 2020 endete die aktive Zeit von Prof. Dr. Günter Bräuer als Leiter des Fraunhofer-Instituts für Schicht- und Oberflächentechnik IST. Da der geplante offizielle Festakt pandemiebedingt verschoben werden musste, fand die Verabschiedung in kleinem Rahmen campusintern als hybrides Format statt. Doch selbst auf ein Ständchen musste Günter Bräuer nicht verzichten, das ganz coronakonform aus Einzelaufnahmen der Mitarbeitenden zusammengeschnitten wurde. Professor Herrmann und der langjährige Wegbegleiter und ehemalige Kurator Eckhard Dietrich würdigten die Verdienste Bräuers rund um die Plasmatechnik und seines 21-jährigen Wirkens für das Institut und Dr. Andreas Dietz, ein Mitarbeiter der ersten Stunde am Fraunhofer IST, plauderte aus dem Nähkästchen.

1999 übernahm Günter Bräuer die Leitung des Fraunhofer IST in Braunschweig und bis 2008 darüber hinaus zusätzlich die des Fraunhofer-Instituts für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden. Motiviert hat ihn damals der Spaß an der Zusammenarbeit mit Studierenden und der Wunsch, etwas von seinen Industrieerfahrungen aus der Zeit bei Leybold bei Fraunhofer einzubringen.

Noch im selben Jahr erhielt Bräuer einen Ruf an die Technische Universität Braunschweig. Seit 2003 leitete er neben dem IST auch das Institut für Oberflächentechnik an der TU Braunschweig und hat seitdem etwa 250 studentische Arbeiten betreut. 2013 wurde er zum »Visiting Professor« an der Sheffield Hallam University in Großbritannien ernannt.

Günter Bräuer erhielt zahlreiche Ehrungen und Auszeichnungen für seine wissenschaftliche Arbeit und sein Engagement im Bereich der Vakuumbeschichtung und Plasmatechnik. Darüber hinaus wurde ihm 2012 auch die Fraunhofer-Medaille für seine besonderen Verdienste um die Fraunhofer-Gesellschaft verliehen. Für seinen Ruhestand hat er schon viele Pläne. Dass er sich dennoch bereit erklärt hat, dem IST auch künftig beratend zur Seite zu stehen, darüber freuen sich nicht nur der Institutsleiter Professor Christoph Herrmann und der stellvertretende Institutsleiter Dr. Lothar Schäfer, sondern auch das ganze Team.

- 1 *Mitbegründer und Leiter des Fraunhofer IST bis 1999, Prof. Dr. Heinz Dimigen (rechts) und Prof. Dr. Günter Bräuer (links).*
- 2 *2012 erhält Prof. Dr. Günter Bräuer die Fraunhofer-Medaille.*
- 3 *Die Institutsleitung von 2018 bis 2020, Prof. Dr. Günter Bräuer (links) und Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann (rechts).*
- 4 *Die Verabschiedung von Professor Bräuer fand als hybrides Format statt. Die meisten Mitarbeitenden nahmen an der Veranstaltung online teil.*









**DAS FRAUNHOFER IST  
IN NETZWERKEN**





# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

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 werteorientierter 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 75 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 29.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,8 Milliarden Euro. Davon fallen 2,4 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich 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 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter 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.



1

## 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) <sup>3</sup>
- Lasertechnik ILT  
[www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de) <sup>2</sup>
- Angewandte Optik und Feinmechanik IOF  
[www.iof.fraunhofer.de](http://www.iof.fraunhofer.de) <sup>5</sup>
- Physikalische Messtechnik IPM  
[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de) <sup>4</sup>
- Schicht- und Oberflächentechnik IST  
[www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de) <sup>1</sup>
- Werkstoff- und Strahltechnik IWS  
[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de) <sup>6</sup>
- 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.

---

### KONTAKT

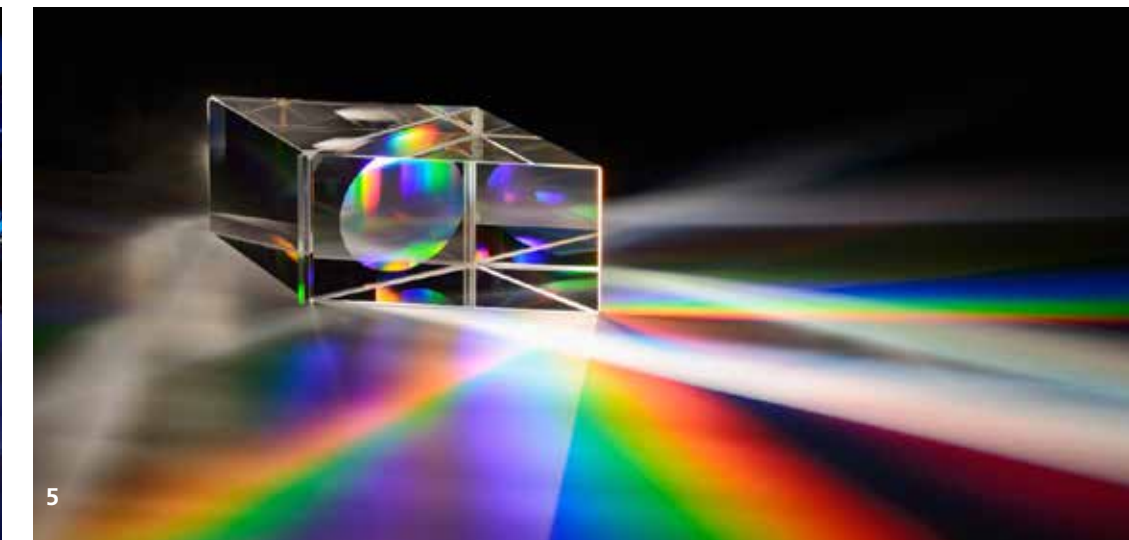
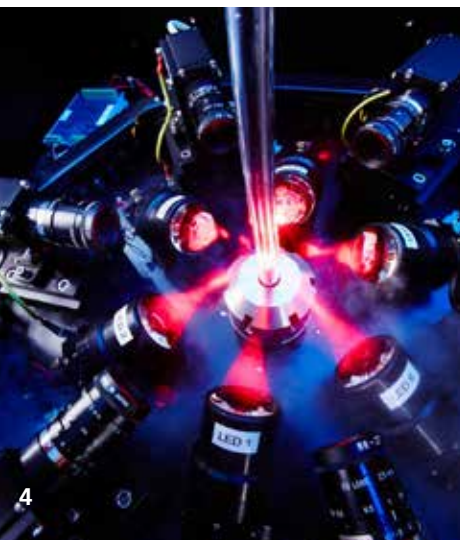
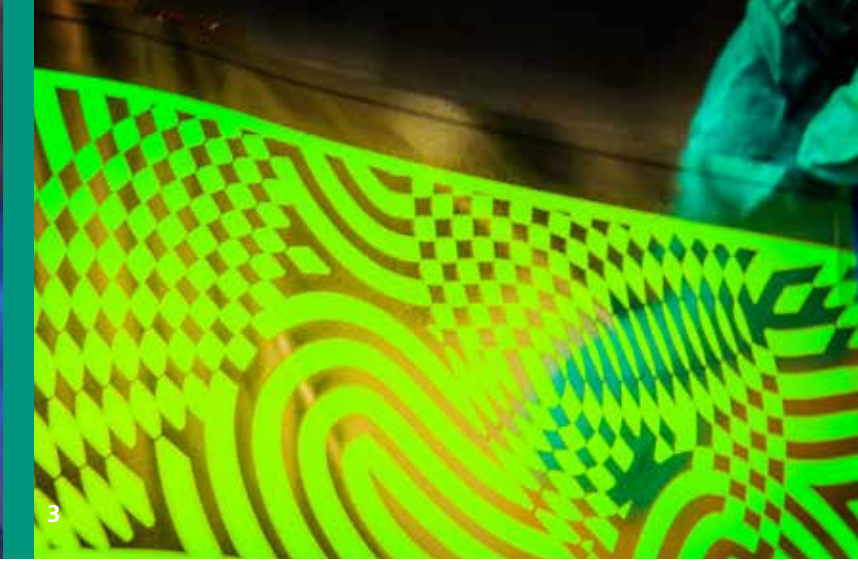
#### VORSITZENDER DES VERBUNDS

Prof. Dr. Karsten Buse  
[karsten.buse@ipm.fraunhofer.de](mailto:karsten.buse@ipm.fraunhofer.de)

#### LEITER DER GESCHÄFTSSTELLE DES VERBUNDS

Dr. Heinrich Stülpnagel  
Telefon +49 761 8857-269  
[heinrich.stuelpnagel@ipm.fraunhofer.de](mailto:heinrich.stuelpnagel@ipm.fraunhofer.de)

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



# VERNETZUNG INNERHALB DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Das Fraunhofer IST ist Mitglied in den Allianzen, Forschungs- und Geschäftsbereichen, Forschungs- und Kompetenzfeldern sowie Netzwerken der Fraunhofer-Gesellschaft. Darüber hinaus ist das Fraunhofer IST Teil der strategischen Kooperation »Fraunhofer Innovation Platform for the Water-Energy-Food Nexus at Stellenbosch University (FIP-WEF@SU)«. Die FIP-WEF@SU ist ein Kooperationsprojekt der Universität Stellenbosch und der Fraunhofer-Institute IGB, ISE, IOSB und IST sowie der Fraunhofer-Allianz SysWasser als assoziierter Partner. Ziel der Innovationsplattform ist es, Know-how und Technologien auf dem Gebiet der Wasserbehandlung und Wassernutzung zusammenzuführen und durch gemeinsame Forschung und Entwicklung Lösungen für Südafrika und die Sub-Sahara-Staaten zu erarbeiten.

## FRAUNHOFER-ALLIANZ AUTOMOBILPRODUKTION

## FRAUNHOFER-ALLIANZ BATTERIEN

## FRAUNHOFER-ALLIANZ SPACE

## FORSCHUNGSBEREICH TEXTIL

## FRAUNHOFER-ALLIANZ SYSWASSER



FRAUNHOFER-NETZWERK  
**WASSERSTOFF**

FORSCHUNGSFELD  
**LEICHTBAU**

FRAUNHOFER GESCHÄFTSBEREICH  
**ADAPTRONIK**

GESCHÄFTSBEREICH  
**REINIGUNG**

FRAUNHOFER KOMPETENZFELD  
**ADDITIVE FERTIGUNG**

FRAUNHOFER-NETZWERK  
**NACHHALTIGKEIT**

FRAUNHOFER-NETZWERK  
**SIMULATION**

# VERNETZUNG REGIONAL UND DEUTSCHLANDWEIT

Eine stärkere Vernetzung und Verzahnung sowohl der Forschungsthemen als auch der Forschungsakteure steht im Vordergrund der Aktivitäten des Fraunhofer IST innerhalb Braunschweigs, aber auch deutschlandweit. So soll die Forschungseffizienz gesteigert werden. Ziel ist es, Kunden und Partnern auch technologieübergreifend optimale Lösungen für deren Aufgabenstellungen anzubieten.

---

## **ForschungRegion Braunschweig**

---

Um Wissen zu vernetzen, Innovationen nachhaltig zu fördern und die Spitzenposition der Wissenschaftsregion Braunschweig zu stärken, schlossen sich im Jahr 2004 insgesamt 27 Hochschulen, Bundesforschungsanstalten, Helmholtz-Institute, Fraunhofer-Institute, Forschungseinrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft, Museen, Bibliotheken, das Klinikum Braunschweig und weitere Einrichtungen mit international hoch angesehener Forschung zur ForschungRegion Braunschweig e. V. zusammen – mit dabei ist auch das Fraunhofer IST.

---

## **Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg**

---

Der Leichtbau-campus »Open Hybrid LabFactory e. V. (OHLF)« gilt in Deutschland als eine der führenden Adressen für die Erforschung und Entwicklung von hybriden Bauteilen der Zukunft. Hier arbeiten das Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg und die TU Braunschweig gemeinsam an dem Ziel, hybride Leichtbaukomponenten aus Metallen, Kunststoffen und textilen Strukturen für die industrielle Anwendung wirtschaftlich und ökologisch nachhaltig herzustellen. Im Fraunhofer-Projektzentrum Wolfsburg forscht das Fraunhofer IST gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IFAM, IWU und WKI an der Erarbeitung von Lösungsansätzen, die gesamte Prozesskette für Leichtbaustrukturen im Automobilsektor zu entwickeln und großseriennah zu erproben.

---

## **Wasserstoff Campus Salzgitter**

---

Am Wasserstoff Campus Salzgitter arbeitet das Fraunhofer IST in Zusammenarbeit mit der Stadt Salzgitter, Salzgitter AG, MAN Energy Solutions, Bosch, Alstom, WEVG und dem

Projektbüro Südostniedersachsen daran, mit regionaler Wasserstoffkompetenz CO<sub>2</sub>-neutrale Lösungen für die industrielle Nutzung zu entwickeln.

---

## **Kooperationen mit der TU Braunschweig**

---

- Battery LabFactory Braunschweig BLB
- Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik NFF
- Niedersächsisches Forschungszentrum für Luftfahrt NFL
- Zentrum für Pharmaverfahrenstechnik PVZ
- Open Hybrid LabFactory e. V.

---

## **Standorte Göttingen und Dortmund**

---

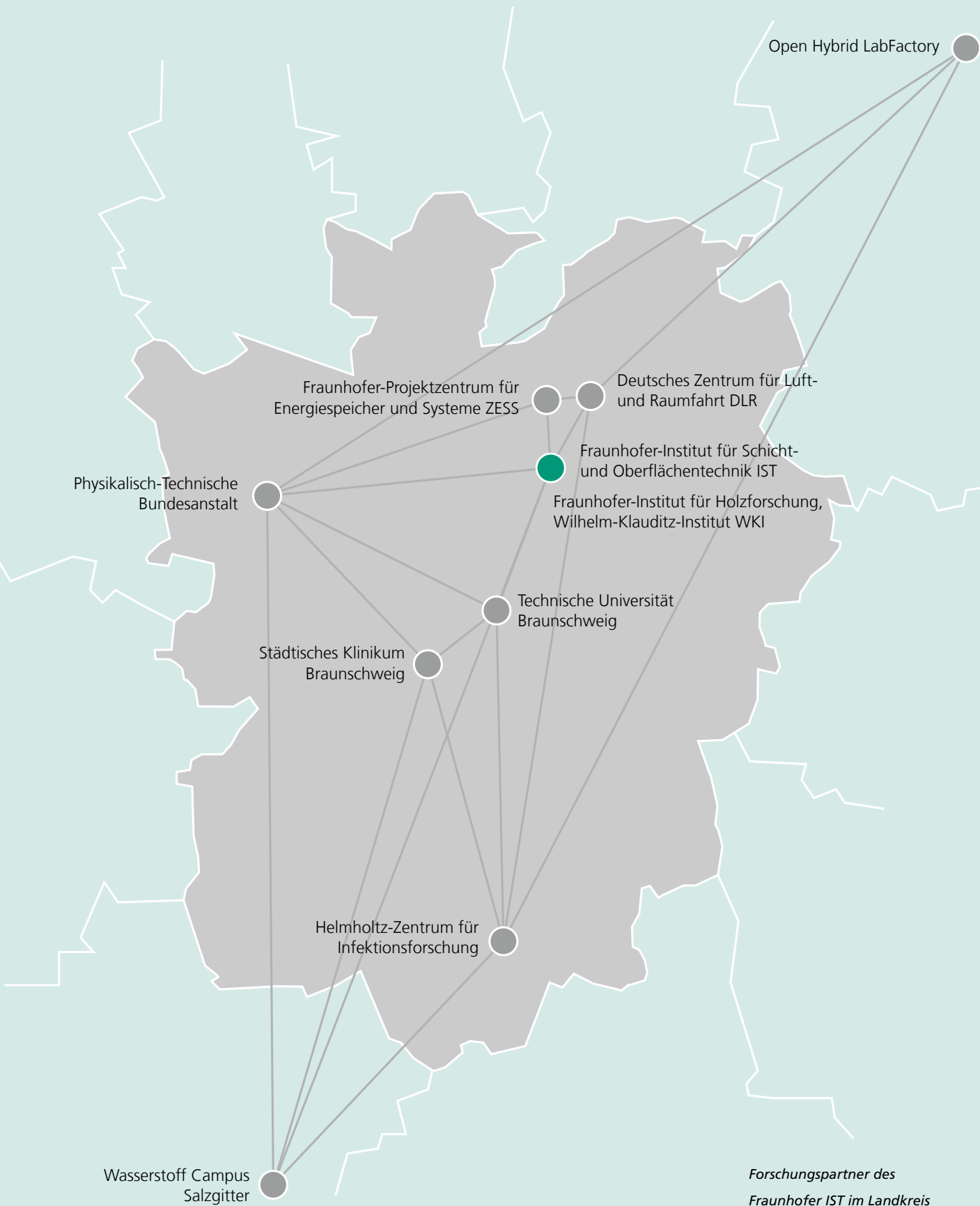
Die Erforschung neuer anwendungsorientierter Einsatzfelder im Bereich der Plasmatechnologien bei Atmosphärendruck und der Photonik sowie die Entwicklung maßgeschneiderter Plasmaquellen sind die Schwerpunkte der Abteilung Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des Fraunhofer IST in Göttingen in Kooperation mit der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst HAWK. Am Dortmunder Oberflächen-Centrum DOC entwickelt ThyssenKrupp Steel Europe gemeinsam mit seinen Partnern vor Ort, dem Fraunhofer IST und dem Fraunhofer IWS industrietaugliche Lösungen im Bereich der Oberflächentechnik für Flachstahlprodukte. Das Fraunhofer IST bietet am Standort Dortmund in erster Linie Schichten für den Aufbau verschleiß- und temperaturresistenter Oberflächen an.

---

## **Strategische Partnerschaft mit dem Kompetenzzentrum Tribologie in Mannheim**

---

In Zusammenarbeit mit der Hochschule Mannheim arbeitet das Fraunhofer IST am Ausbau der gemeinsamen Forschungsaktivitäten in den Bereichen Tribologie und Oberflächen.



*Forschungspartner des  
Fraunhofer IST im Landkreis  
Braunschweig und der Region.*



WISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT IN  
EINEM JOB GEHT NICHT.

**DOCH.**

Finden Sie es heraus bei Fraunhofer.

## NACHWUCHSFÖRDERUNG UND AUSBILDUNG AM FRAUNHOFER IST

Nachwuchsförderung – für das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST bedeutet das nicht nur als Ausbilder und im universitären Rahmen aktiv zu sein, sondern auch, Jugendliche an naturwissenschaftliche Themen heranzuführen, ihnen Berührungspunkte zu nehmen und junge Menschen für industrienaher Forschung zu begeistern. Aufgrund der Corona-Pandemie und der damit einhergehenden Maßnahmen in Bezug auf die Beschränkung von persönlichem Kontakt konnte im Jahr 2020 sowohl der Zukunftstag für Jungen und Mädchen als auch das Angebot von Schülerpraktika nicht stattfinden.

---

### Ausbildungsberufe

---

Gemeinsam mit dem Fraunhofer WKI bildet das Fraunhofer IST insgesamt sieben verschiedene Berufe aus:

- Physiklaborant/in
- Oberflächenbeschichter/in (Galvaniseur/in)
- Kauffrau / Kaufmann für Büromanagement
- Fachangestellte/r für Medien- und Informationsdienste –  
Fachrichtung Bibliothek
- Fachinformatiker/in – Fachrichtung Systemintegration
- Holzmechaniker/in
- Industriemechaniker/in

In diesem Jahr konnten zwei Auszubildende ihre Ausbildung zur Physiklaborantin und zum Physiklaboranten beginnen.



DAS FRAUNHOFER IST IN NETZWERKEN





# DAS KOMPETENZNETZ INDUSTRIELLE PLASMA-OBERFLÄCHENTECHNIK E.V. – INPLAS

Das Kompetenznetz INPLAS e. V., das als Netzwerk beim Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) im Programm »go-cluster« akkreditiert ist und 2020 für weitere drei Jahre erneut mit dem Silber-Label der European Cluster Excellence Initiative (ECEI) rezertifiziert wurde, hat seine Geschäftsstelle in den Räumlichkeiten des Fraunhofer IST in Braunschweig. INPLAS hat aktuell 54 Mitglieder aus Industrie und Wissenschaft mit ca. 200 aktiven Personen. 75 Prozent der Mitglieder kommen aus der Industrie.

Ziel des Netzwerks ist es, die Plasmatechnik weiter bekannt zu machen und die Entwicklung in den zahlreichen Anwendungsgebieten in ihrer jeweiligen Komplexität zu unterstützen, zu fördern und zu moderieren. Das Jahr 2020 stellte pandemiebedingt auch das Netzwerk INPLAS vor viele Herausforderungen. Die meisten Präsenzveranstaltungen entfielen oder wurden auf digitale Formate umgestellt. Wir danken allen Mitgliedern, die auch in dieser Zeit die Aktivitäten im Netzwerk unterstützen und vorantreiben. Einige Highlights der Aktivitäten, Projekte und Veranstaltungen 2020 werden im Folgenden vorgestellt:

## 17<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering – Special PSE 2020 in Erfurt

Die Special PSE 2020 in Erfurt ersetzte dieses Jahr aufgrund der Randbedingungen im Zusammenhang mit den Restriktionen zur Einschränkung der Covid19-Pandemie die traditionell in Garmisch-Partenkirchen stattfindende PSE. Insgesamt kamen ca. 200 Besucher nach Erfurt. Die begleitende Industrieausstellung verzeichnete 40 Aussteller. Auch INPLAS war wieder mit einem Gemeinschaftsstand vertreten, an dem die Comet AG, Fraunhofer FEP und IST, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, SINGULUS TECHNOLOGIES AG, W&L Coating Systems GmbH und die INPLAS-Geschäftsstelle teilnahmen.

## 43. Treffen des Industrie-Arbeitskreises »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe« (IAK)

Werkzeughersteller und -anwender, überwiegend aus der Industrie, trafen sich Anfang November 2020 zur 43. Ausgabe des dieses Mal in virtueller Form abgehaltenen IAK, um sich zu neuesten Entwicklungen und Trends auf dem Gebiet der Zerspanungswerkzeuge und deren Beschichtungen auszutauschen. Zu den in Vorträgen aus Industrie und Wissenschaft vorgestellten Themen zählen beispielsweise PVD-Viellagenschichten für Hartmetall-Zerspanungswerkzeuge, die Lateral ARC and Central Sputtering (LACS)-Technologie, CVD-beschichtete Zerspanungswerkzeuge durch Laserschärfen, geklebte PcBN-Fräswerkzeuge und CVD-Diamant-Mikroschleifstifte. Der von den Partnern IWF der TU Berlin, Fraunhofer IPK, Fraunhofer IST und INPLAS e. V. ausgerichtete IAK findet zweimal jährlich statt, üblicherweise im Frühjahr in Berlin und im Herbst in Braunschweig.

## INPLAS-Arbeitsgruppen

Die AG »Neuartige Plasmaquellen und -prozesse« mit dem Leitungsteam Dr. Ulf Seyfert, Von Ardenne GmbH, Matthias Nestler, scia systems GmbH und Dr. Anke Hellmich, Applied Materials GmbH & Co. KG, widmete sich in einem virtuellen



2

Treffen im November schwerpunktmäßig der Solid-State-Mikrowellentechnik und der Partikelvermeidung bei Niederdruckplasmaprozessen.

Die AG »Werkzeugbeschichtungen« unter der Leitung von Hanno Paschke, Fraunhofer IST, traf sich 2020 zweimal in virtueller Form. Auf den beiden Treffen im Juni und im November diskutierten die Teilnehmer die Möglichkeiten des Einsatzes von künstlicher Intelligenz zur Verwertung von Analysedaten aus der digitalisierten Plasmaproduktion Plasma 4.0 und neue Projektideen, beispielsweise zu Standardisierungswerkzeugen für die Zerspanung.

Im Rahmen der Aktivitäten der AG »Plasma4Life« fand im September 2020 ein Business-Treff bei unserem Partner BioEconomy Cluster statt. Schwerpunktthema des Treffens war die Zellulose und ihre Rolle bei der Entwicklung und Umsetzung einer zirkulären Bioökonomie. Das INPLAS-Mitglied Fraunhofer IST hat einen Vortrag zur Plasmafunktionalisierung von Papier beigetragen. In der Bioökonomie ist die Plasmatechnik jedoch nicht nur für individuelle Verbesserungen von Eigenschaften biobasierter Produkte von Interesse, sondern auch in der sicheren Lebensmittelherstellung sowie zur Realisierung eines nicht chemischen Pflanzenschutzes in der Landwirtschaft.

In den beiden Sitzungen des Gemeinschaftsausschusses GA »Kombinierte Oberflächentechnik«, der von Dr. Petra Uhlmann, Leibniz-Institut für Polymerforschung, geleitet wird, befassten sich die Teilnehmer im Februar 2020 bei der Schaeffler Technologies AG & Co. KG und online im September 2020 mit der Metallisierung von Kunststoffen mit einem Fokus auf Chrom(VI)-freie Prozesse. Weitere Themen stellten die Oberflächenmodifizierung galvanisierter Kunststoffteile und die Optimierung komplexer galvanischer Prozesse durch cyber-physische Systeme dar.

1 INPLAS-Gemeinschaftsstand auf der Industrieausstellung der Special PSE 2020 in Erfurt.

2 INPLAS-Mitgliederübersicht

(Stand: Dezember 2020).

## 15. INPLAS-Mitgliederversammlung

Die 15. INPLAS-Mitgliederversammlung musste leider auch digital stattfinden, so dass auch bei diesem wichtigen Mitgliedertreffen der persönliche Kontakt nicht so intensiv wie üblich genutzt werden konnte. Wesentliche Agendapunkte waren die Vorstellung der neuen Mitglieder, Satzungsänderungen, u. a. um Start-ups eine Mitgliedschaft bei INPLAS zu erleichtern, sowie thematische Schwerpunkte wie die INPLAS-Verbundprojektangebote auf den Gebieten der Antihafschichten, Plasma 4.0, CO<sub>2</sub>-Footprint und Entwicklungen in den Bereichen Hygiene, Pharmazie- und Medizintechnik.

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Carola Brand  
Geschäftsführerin  
Telefon +49 531 2155 574  
carola.brand@inplas.de

Dr. Jochen Borris  
Telefon +49 531 2155 666  
jochen.borris@inplas.de

www.inplas.de

---

### Mitgliedschaften

---

Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und  
Werkstofftechnik e.V.  
[www.awt-online.org](http://www.awt-online.org)

A.SPIRE  
[www.spire2030.eu](http://www.spire2030.eu)

DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und  
Biotechnologie e. V.  
[www.dechema.de](http://www.dechema.de)

Deutsche Gesellschaft für Elektronenmikroskopie e. V.  
[www.dge-homepage.de](http://www.dge-homepage.de)

DGO Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V.  
[www.dgo-online.de](http://www.dgo-online.de)

Deutsche Vakuum-Gesellschaft DVG e.V.  
[www.physik.uni-kl.de/dvg/index.php/die-dvg](http://www.physik.uni-kl.de/dvg/index.php/die-dvg)

Europäische Forschungsgesellschaft für  
Blechverarbeitung e.V. (EFB)  
[www.efb.de](http://www.efb.de)

Europäische Forschungsgesellschaft  
Dünne Schichten e. V. (EFDS)  
[www.efds.org](http://www.efds.org)

European Factories of the Future Research Association (EFFRA)  
[www.effra.eu](http://www.effra.eu)

European Joint Committee on Plasma and Ion Surface  
Engineering (EJC/PISE)  
[www.ejc-pise.org](http://www.ejc-pise.org)

Fachverband Angewandte Photokatalyse (FAP)  
[www.vdmi.de/deutsch/produkte/angewandte-photokatalyse.html](http://www.vdmi.de/deutsch/produkte/angewandte-photokatalyse.html)

FGW Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V.  
[www.fgw.de](http://www.fgw.de)

F.O.M. Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und  
Medizintechnik e. V.  
[www.forschung-fom.de](http://www.forschung-fom.de)

ForschungRegion Braunschweig e. V.  
[www.forschungregion-braunschweig.de](http://www.forschungregion-braunschweig.de)

Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische  
Baugruppen 3-D MID e. V.  
[www.3d-mid.de](http://www.3d-mid.de)

Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion  
[www.automobil.fraunhofer.de](http://www.automobil.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Allianz Batterien  
[www.batterien.fraunhofer.de](http://www.batterien.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Allianz Space  
[www.space.fraunhofer.de](http://www.space.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Allianz SysWasser  
[www.syswasser.de](http://www.syswasser.de)

Fraunhofer Forschungsbereich Textil  
[www.textil.fraunhofer.de](http://www.textil.fraunhofer.de)

Fraunhofer Forschungsfeld Leichtbau  
[www.leichtbau.fraunhofer.de](http://www.leichtbau.fraunhofer.de)

Fraunhofer Geschäftsbereich Adaptronik  
[www.adaptronik.fraunhofer.de](http://www.adaptronik.fraunhofer.de)

Geschäftsbereich Reinigung  
[www.allianz-reinigungstechnik.de](http://www.allianz-reinigungstechnik.de)

Fraunhofer Kompetenzfeld Additive Fertigung  
[www.additiv.fraunhofer.de](http://www.additiv.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit  
[www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/corporate-responsibility/governance/nachhaltigkeit/fraunhofer-netzwerk-nachhaltigkeit.html](http://www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/corporate-responsibility/governance/nachhaltigkeit/fraunhofer-netzwerk-nachhaltigkeit.html)

Fraunhofer-Netzwerk Simulation  
[www.simulation.fraunhofer.de](http://www.simulation.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Netzwerk Wasserstoff  
[www.fraunhofer.de/de/forschung/aktuelles-aus-der-forschung/wasserstoff.html](http://www.fraunhofer.de/de/forschung/aktuelles-aus-der-forschung/wasserstoff.html)

Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces  
[www.light-and-surfaces.fraunhofer.de](http://www.light-and-surfaces.fraunhofer.de)

Deutsches Flachdisplay-Forum e. V.  
[www.displayforum.de](http://www.displayforum.de)

German Water Partnership  
[www.germanwaterpartnership.de](http://www.germanwaterpartnership.de)

Göttinger Research Council  
[www.uni-goettingen.de](http://www.uni-goettingen.de)

Haus der Wissenschaft Braunschweig GmbH  
[www.hausderwissenschaft.org](http://www.hausderwissenschaft.org)

Innovationsnetzwerk Niedersachsen  
[www.innovationsnetzwerk-niedersachsen.de](http://www.innovationsnetzwerk-niedersachsen.de)

International Council for Coatings on Glass e. V.  
[www.iccg.eu](http://www.iccg.eu)

Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e. V.  
(INPLAS)  
[www.inplas.de](http://www.inplas.de)

Measurement Valley e. V.  
[www.measurement-valley.de](http://www.measurement-valley.de)



Nanotechnologie Kompetenzzentrum Ultrapräzise  
Oberflächenbearbeitung CC UPOB e. V.  
[www.upob.de](http://www.upob.de)

NANOfutures European Technology Integration and  
Innovation Platform (ETIP) in Nanotechnology  
[www.nanofutures.info](http://www.nanofutures.info)

Optence e.V.  
[www.optence.de](http://www.optence.de)

Open Hybrid LabFactory e. V.  
[www.open-hybrid-labfactory.de](http://www.open-hybrid-labfactory.de)

PhotonicNet GmbH – Kompetenznetz Optische  
Technologien  
[www.photonicnet.de](http://www.photonicnet.de)

Plasma Germany  
[www.plasmagermany.org](http://www.plasmagermany.org)

Spectaris – Deutscher Industrieverband für Optik,  
Photonik, Analysen- und Medizintechnik e. V.  
[www.spectaris.de](http://www.spectaris.de)

[netzwerk-surface.net](http://netzwerk-surface.net) – Kompetenznetzwerk für  
Oberflächentechnik e.V.  
[www.netzwerk-surface.net](http://www.netzwerk-surface.net)

Wissens- und Innovations-Netzwerk Polymertechnik (WIP)  
[www.wip-kunststoffe.de](http://www.wip-kunststoffe.de)

---

**Mitarbeit in Gremien**


---

Abraham, T.: Fachausschuss FA 10 »Funktionelle Schichten« der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e.V. AWT, Mitglied.

Bandorf, R.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Beirat.

Bandorf, R.: Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V., Mitglied.

Bandorf, R.: International Conference on HIPIMS, Conference Chairman.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Member Board of Directors.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Program Chairman.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Volunteer Mentor.

Baron, S.: VDI-Richtlinien-Fachausschuss »CVD-Diamant-Werkzeuge«, Mitglied.

Brand, C.: Arbeitgeberverband Region Braunschweig, Mitglied.

Brand, C.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied.

Brand, C.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e.V., Geschäftsführerin.

Brand, C.: Plasma Germany, Mitglied des Koordinierungsausschusses.

Brand, J.: Gesellschaft für Tribologie (GfT), Mitglied.

Brand, J.: International Colloquium Tribology, Tribology and Lubrication Engineering, Mitglied im Programme Planning Committee.

Bräuer, G.: European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE), Chairman.

Bräuer, G.: International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG), Vorsitzender des Organisationskomitees.

Bräuer, G.: International Council for Coatings on Glass (ICCG) e.V., Mitglied des Vorstands.

Bräuer, G.: Institut für Solarenergieforschung, Mitglied des Beirats.

Bräuer, G.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e.V., Vorstandsvorsitzender.

Bräuer, G.: Zeitschrift »Vakuum in Forschung und Praxis«, Mitglied des Kuratoriums.

Bräuer, G.: Zentrum für Mikroproduktionstechnik e.V., Mitglied des Vorstands.

Dietz, A.: Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschung (AGEF), Mitglied.

Dietz, A.: Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO), Mitglied des Vorstands.

Dietz, A.: EARTO - European Association of Research and Technology Organisations, Working Group Space Research.

Dietz, A.: Fachausschuss »Forschung« der DGO, Mitglied.

Dietz, A.: Fachausschuss »Kombinationsschichten« der DGO, Mitglied.

Gäbler, J.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss »01-60 Überzüge und Korrosion«, Mitglied.

Gäbler, J.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss NA 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss »01-64 Kohlenstoffschichten und keramische Hartstoffschichten«, stellvertretender Obmann.

Gäbler, J.: European Technology Platform for Advanced Materials and Technologies EuMaT, Mitglied.

Gäbler, J.: European Technology Platform NANOfutures, Mitglied.

Gäbler, J.: ISO Technical Committee TC 107 »Metallic and other inorganic coatings«, Mitglied.

Gäbler, J.: VDI-Richtlinien-Fachausschuss »CVD-Diamant-Werkzeuge«, Mitglied.

Gerdas, H.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Gerdas, H.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Gerdas, H.: VDI/VDE-GMA Fachausschuss 2.11 »Elektrische Messverfahren; DMS-Messtechnik«, Mitglied.

Keunecke, M.: EFDS-Fachausschuss »Tribologische Schichten«, Mitglied.

Keunecke, M.: SAE International, Mitglied.

Keunecke, M.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Keunecke, M.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Lachmann, K.: COST Action MP1101 »Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology«, Management Committee, Substitute.

Neumann, F.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss NA 062-02-93 AA »Photokatalyse«, Stellvertretender Obmann des Ausschusses.

Neumann, F.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss NA 062-02-93 AA »Photokatalyse«, Leitung des Arbeitskreises »Photokatalytische Selbstreinigung«.

Neumann, F.: Europäisches Komitee für Normung, CEN/TC 386 »Photocatalysis«, Delegierter des Technischen Komitees.

Neumann, F.: Europäisches Komitee für Normung, CEN/TC 386 »Photocatalysis«, Mitglied.

Neumann, F.: Fachverband Angewandte Photokatalyse (FAP), Forschungsausschuss, Mitglied.

Neumann, F.: Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Versorgungstechnik, Studiengang »Bio- und Umwelttechnik«, Mitglied des Beirats.

Neumann, F.: ISO Normenausschuss TC 206/WG 9 »Photocatalysis«, Mitglied.

Paschke, H.: Fachausschuss FA10 »Funktionelle Schichten« der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. AWT, Mitglied.

Paschke, H.: Industrie-Arbeitskreis »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«, Leitung.

Paschke, H.: Kompetenznetzwerk für Oberflächentechnik »netzwerk-surface.net«, wissenschaftlicher Beirat (Sprecher).

Paschke, H.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Arbeitsgruppenleiter Werkzeugbeschichtungen.

Schäfer, L.: Beirat der CONDIAS GmbH, Mitglied.

Schäfer, L.: Industriearbeitskreis »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«, Mitglied.

Schäfer, L.: Nanotechnologie-Kompetenzzentrum Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung CC UPOB e. V., Mitglied.

Schäfer, L.: VDI-Richtlinien-Fachausschuss »CVD-Diamant-Werkzeuge«, Mitglied.

Schäfer, L.: Kompetenznetz Optence e.V., »Networking in Photonics«, Mitglied.

Sittinger, V.: European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Scientific Committee Member, Paper Review Expert.

Sittinger, V.: Society of Vacuum Coaters, Program Chairman, Session Chairman.

Stein, C.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Stein, C.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Stein, C.: VDI-Arbeitskreis »Schneidstoffanwendungen«, Mitglied.

Thomas, M.: Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma (AK-ADP), Mitglied.

Thomas, M.: Arbeitsgruppe »Plasma4Life« INPLAS e.V., Mitglied.

Thomas, M.: DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V., Mitglied.

Thomas, M.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Vorstandsmitglied.

Thomas, M.: Plasma Germany, Koordinierungsausschuss, Mitglied.

Thomas, M.: International Conference on Plasma Surface Engineering, International Program Committee IPC, Mitglied.

Thomas, M.: European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE), Chairman.

Vergöhl, M.: Europäische Forschungsvereinigung für dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied des Vorstands.

Vergöhl, M.: Europäische Forschungsvereinigung für dünne Schichten e.V. (EFDS), stellvertretende Leitung des Fachausschusses »Beschichtungstechnologien für optische und elektronische Funktionalisierung«.

Vergöhl, M.: Lenkungskreis »Photonik« des VDMA, Mitglied.

Vergöhl, M.: Optical Society (OSA), Dozent.

Viöl, W.: Amt für regionale Landesentwicklung Braunschweig, Mitglied Fachbeirat Südniedersachsen.

Viöl, W.: Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Mitglied des Programmbeirats.

Viöl, W.: Deutsche Gesellschaft für Plasmatechnologie e. V. DGPT, Mitglied des Vorstands.

Viöl, W.: DFG Fachkollegien, Mitglied.

Viöl, W.: Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e. V. GDNÄ, Mitglied im Fachbeirat.

Viöl, W.: HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Vizepräsident für Forschung und Transfer.

Viöl, W.: Hochschulrektorenkonferenz Forschungskommission Fachhochschulen.

Viöl, W.: Kompetenznetz für Nachhaltige Holznutzung (NHN) e. V., Vorstandsmitglied.

Viöl, W.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Kassenwart.

Viöl, W.: Nationales Zentrum für Plasmamedizin, Vorstandsmitglied.

Viöl, W.: Spectaris–Deutscher Industrieverband für Optik, Photonik, Analysen- und Medizintechnik e. V., Fachverband Photonik, Mitglied des Lenkungsausschusses.



---

**Publikationen**


---

Abraham, Tim; Bialuch, Ingmar; Bräuer, Günter; Flegler, Felix; Groche, Peter: Deposition of nanoscopically smooth DLC tool coatings for dry forming of aluminum sheets. In: JOM 72 (2020) 7, pp. 2504 - 2510. DOI: 10.1007/s11837-020-04174-9.

Abraham, Tim; Bräuer, Günter; Flegler, Felix; Groche, Peter; Demmler, Matthias: Global Conference on Sustainable Manufacturing <17, 2019, Shanghai>: Dry sheet metal forming of aluminum by smooth DLC coatings : a capable approach for an efficient production process with reduced environmental impact. In: Procedia manufacturing 2020, pp. 642 - 649 DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.140.

Bandorf, Ralf; Biehl, Saskia; Brand, Jochen: Oberflächenintegrierte Dünnschichtsensoren. In: Journal für Oberflächentechnik 60 (2020) Sonderheft 4, S. 26 - 27. DOI: 10.1007/s35144-020-0701-5.

Bandorf, Ralf; Biehl, Saskia; Brand, Jochen: Oberflächenintegrierte Dünnschichtsensoren. In: Journal für Oberflächentechnik 60 (2020) 1, S. 48 - 50. DOI: 10.1007/s35144-019-0446-1.

Bandorf, Ralf; Walton, Scott G.; Junghähnel, Manuela; Stoessel, Chris H.: Preface: selected papers of the »Society of Vacuum Coaters Annual Technical Conference« [2018 SVC TechCon]. In: Surface and coatings technology 382 (2020) 125163. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2019.125163.

Bandorf, Ralf; Ortner, Kai; Krau, Marco: PVD-Abscheidung von CoSm-Schichten für magnetische Maßstäbe: Hohlkathoden-Gasfluss-Sputtern (GFS) für hochwertige Hartmagnetschichten / CoSm coatings for magnetic scales. In: Vakuum in Forschung und Praxis 32 (2020) 5, S. 28 - 32. DOI: 10.1002/vipr.202000743.

Bethke, Reinhold; Nöcker, Nadine: Schichtdicke und Verschleiß präzise bestimmen. In: Journal für Oberflächentechnik 60 (2020) 7/8, S. 72 - 77. DOI: 10.1007/s35144-020-0628-x.

Bethke, Reinhold; Nöcker, Nadine: Schichtdicke und Verschleiß präzise bestimmen. In: Journal für Oberflächentechnik 60 (2020) Sonderheft 2, Special Messen und Prüfen, S. 36 – 41. DOI: 10.1007/s35144-020-0607-2.

Blume, Christine; Blume, Stefan; Thiede, Sebastian; Herrmann, Christoph: Data-driven digital twins for technical building services operation in factories: a cooling tower case study. In: Journal of manufacturing and materials processing 4 (2020) 4, 97, 24 pp. DOI: 10.3390/jmmp4040097.

Bräuer, Günter: Dünne Schichten für eine bessere Welt: eine Zeitreise durch vier Jahrzehnte. In: Journal für Oberflächentechnik 60 (2020) 7/8, S. 26 - 31. DOI: 10.1007/s35144-020-0636-x.

Bräuer, Günter: »Science meets industry. Trends meet innovations. Technology meets application.«: International Conference on Coatings on Glass and Plastics – ICCG13 vom 23. – 26. März 2020 in Braunschweig: Editorial. In: Vakuum in Forschung und Praxis 32 (2020) 1, S. 3. DOI: 10.1002/vipr.202070101.

Fauroux, Antoine; Vandenabeele, Cédric; Pflug, Andreas; Lucas, Stéphane: Experimental and theoretical study of a magnetron DC-PECVD acetylene discharge: determination of the main species and reactions taking place in the plasma. In: Surface and coatings technology 400 (2020) 126195, 14 pp. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2020.126195.

Flegler, Felix; Groche, Peter; Abraham, Tim; Bräuer, Günter: Dry deep drawing of aluminum and the Influence of sheet metal roughness. In: JOM 72 (2020) 7, pp. 2511 - 2516. DOI: 10.1007/s11837-020-04173-w.

González, Germán; Plogmeyer, Marcel; Zanger, Frederik; Biehl, Saskia; Bräuer, Günter; Schulze, Volker: Effect of tool coatings on surface grain refinement in orthogonal cutting of AISI 4140 steel. In: Procedia CIRP 87 (2020) pp. 176 - 180. DOI: 10.1016/j.procir.2020.02.113.

Herrmann, Christoph; Büth, Lennart; Juraschek, Max; Abraham, Tim; Schäfer, Lothar: CIRP Life Cycle Engineering Conference <27, 2020, Online>: Application of biological transformation to foster positive urban production. In: Procedia CIRP 90 (2020) pp. 2 - 9. DOI: 10.1016/j.procir.2020.02.138.

Herrmann, Christoph; Cerdas, Felipe; Abraham, Tim; Büth, Lennart; Mennenga, Mark: Biological transformation of manufacturing as a pathway towards environmental sustainability: calling for systemic thinking. In: CIRP journal of manufacturing science and technology (2020) Article in Press. Corrected Proof. First published: 13 December 2020. DOI: 10.1016/j.cirpj.2020.10.008.

Herrmann, Christoph: Die Ökobilanz als Pflichtlektüre: warum Nachhaltigkeit unser neues Normal werden muss. In: IQ-Journal (2020) 3, S. 4 - 5.

Höft, Steffi; Grahn, Sebastian; Bialuch, Ingmar; Augustin, Wolfgang; Scholl, Stephan: Low-fouling heat exchanger for biofuel usage in combined heat and power units. In: Heat transfer engineering 41 (2020) 4, pp. 311 - 323. DOI: 10.1080/01457632.2018.1540452.

Kuisat, Florian; Abraham, Tim; Schmidt, Torsten; Weber, Martin; Demmler, Matthias; Bräuer, Günter; Lasagni, Andrés Fabián: Surface modification of forming tools for aluminum sheet metal forming. In: Journal of laser micro/nanoengineering 15 (2020) 1, pp. 49 - 55. DOI: 10.2961/jlmn.2020.01.2009.

Leiden, Alexander; Herrmann, Christoph; Thiede, Sebastian: Cyber-physical production system approach for energy and resource efficient planning and operation of plating process chains. In: Journal of cleaner production (2020), Article in Press. Corrected Proof. First published: 19 November 2020, 17 pp. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125160.

Leiden, Alexander; Kölle, Stefan; Thiede, Sebastian; Schmid, Klaus; Metzner, Martin; Herrmann, Christoph: Model-based analysis, control and dosing of electroplating electrolytes. In: The international journal of advanced manufacturing technology (2020) Article in Press. Published online: 17 October 2020, 16 pp. DOI: 10.1007/s00170-020-06190-0.

Leiden, Alexander; Brand, Jochen; Cerdas, Felipe; Thiede, Sebastian; Herrmann, Christoph: CIRP Life Cycle Engineering Conference <27, 2020, Online>: Transferring life cycle engineering to surface engineering. In: Procedia CIRP 90 (2020) pp. 557 - 562. DOI: 10.1016/j.procir.2020.02.132.

Mathioudaki, Stella; Vandenabeele, Cédric; Tonneau, Romain; Pflug, Andreas; Tennyson, Jonathan; Lucas, Stéphane: Plasma polymerization of cyclopropylamine in a low-pressure cylindrical magnetron reactor: a PIC-MC study of the roles of ions and radicals. In: Journal of vacuum science & technology A : JVST 38 (2020) 033003, 18 pp. DOI: 10.1116/1.5142913.

Maurer, Viktor; Frank, Claudia; Porsiel, Julian Cedric; Zellmer, Sabrina; Garnweitner, Georg; Stosch, Rainer: Step-by-step monitoring of a magnetic and SERS-active immunosensor assembly for purification and detection of tau protein. In: *Journal of biophotonics* 13 (2020) 3, e201960090, 10 pp. DOI: 10.1002/jbio.201960090.

Messmer, Christoph; Goraya, Baljeet S.; Nold, Sebastian; Schulze, Patricia S.C.; Sittinger, Volker; Schön, Jonas; Goldschmidt, Jan Christoph; Bivour, Martin; Glunz, Stefan W.; Hermle, Martin: The race for the best silicon bottom cell: efficiency and cost evaluation of perovskite–silicon tandem solar cells. (2020) Article in Press. Version of Record online: 27 November 2020, 16 pp. DOI: 10.1002/pip.3372.

Pinheiro Melo, Sofia; Cerdas, Felipe; Barke, Alexander; Thies, Christian; Spengler, Thomas; Herrmann, Christoph: CIRP Life Cycle Engineering Conference <27, 2020, Online>: Life Cycle Engineering of future aircraft systems: the case of eVTOL vehicles. In: *Procedia CIRP* 90 (2020) pp. 297 - 302. DOI: 10.1016/j.procir.2020.01.060.

Pinheiro Melo, Sofia; Barke, Alexander; Cerdas, Felipe; Thies, Christian; Mennenga, Mark; Spengler, Thomas; Herrmann, Christoph: Sustainability assessment and engineering of emerging aircraft technologies: challenges, methods and tools. In: *Sustainability* 12 (2020) 14, 5663, 26 pp. DOI: 10.3390/su12145663.

Reinders, Phillip Marvin; Patel, Rohit Roopchand; Kaestner, Peter; Bräuer, Günter: Ein Diffusionsmodell für Plasmanitrierprozesse austenitischer Stähle. In: *Vakuum in Forschung und Praxis* 32 (2020) 6, S. 38 - 41. DOI: 10.1002/vipr.202000750.

Schulz, Philipp; Pflug, Andreas; Kricheldorf, Hans-Ulrich: International Symposium on Sputtering and Plasma Processes <15, 2019, Kanazawa>: Simulation of microparticle motion and contamination in plasma coating systems. In: *Journal of vacuum science & technology B: JVST* 38 (2020) 2, 022203, 8 pp. DOI: 10.1116/1.5130720.

Tonneau, Romain; Pflug, Andreas; Lucas, Stéphane: Magnetron sputtering: determining scaling relations towards real power discharge using 3D particle-in-cell Monte Carlo models. In: *Plasma sources science and technology* 29 (2020) 11, 115007, 17 pp. DOI: 10.1088/1361-6595/abb3a0.

Tonneau, Romain; Moskovkin, Pavel; Müller, Jérôme; Melzig, Thomas; Haye, Emile; Konstantinidis, Stephanos; Pflug, Andreas; Lucas, Stéphane: Understanding the role of energetic particles during the growth of TiO<sub>2</sub> thin films by reactive magnetron sputtering through multi-scale Monte Carlo simulations and experimental deposition. In: *Journal of physics / D* (2020) Accepted Manuscript online 29 December 2020. DOI: 10.1088/1361-6463/abd72a, 49 pp.

Sittinger, Volker; King, Hunter: Optimization of transparent conductive oxides for silicon perovskite tandem solar cells. In: *Proceedings of 37<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference*, (2020) 769-771.

---

**Vorträge und Poster**

---

Bandorf, R.: Aktuelle Forschungsthemen und industrielle Beispiele der HIPIMS-Technologie, DVG-Mitgliederkontakttag, Karlsruher Institut für Technologie, 10. Februar 2020 – Vortrag.

Brand, J.: Diamantähnliche Kohlenstoffschichten für Werkzeuge. Fachtagung »Schlüsseltechnologien für die Oberflächenmodifikation. 03.-04.06.2020 – Vortrag.

Dilger, N.; Hesselbach, J.; Grube, M.; Neubert, T.; Zellmer, S.; Kwade, A. (2020): The potential of thin film technologies in the production of All Solid State Batteries. International Battery Production Conference - IBPC, Online/Braunschweig, DE, 02.-04.11.2020 – Präsentation.

Dilger, N.; Blume, S.; Cerdas, F.; Zellmer, S.; Herrmann, C. (2020): Model based technology integration to support Life Cycle Engineering of All-Solid-State-Batteries. SETAC Europe 30<sup>th</sup> Annual Meeting, Online/Dublin, IR, 03.-07.05.2020 – Poster.

Dilger, N.; Hesselbach, J.; Blume, S.; Zellmer, S.; Kwade, A.; Herrmann, C. (2020): Analysing interdependencies between processing parameters, product quality and production costs – Exemplified by the production of Lithium metal anodes. International Battery Production Conference - IBPC, Online/Braunschweig, DE, 02.-04.11.2020 – Poster.

Gäbler, J.; Bethke R.: Automated Rockwell indentation test for the evaluation of coating adhesion, 17<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering - Special PSE 2020, Erfurt, 7 – 10 September 2020 – Poster.

Grube, M.; Hofer, M.; Zellmer, S.; Michalowski, P.; Kwade, A. (2020): Skalierbare Synthese sulfidischer Festelektrolyte. Batterieforum Deutschland, Berlin, DE, 22.-24.01.2020 – Poster.

Grube, M.; Hofer, M.; Zellmer, S.; Michalowski, P.; Kwade, A. (2020): Skalierbare Produktionsverfahren für sulfidische Festelektrolyte. FestBatt Industrietag 2020, Online, DE, 15.10.2020 – Poster.

Grube, M.; Hofer, M.; Molaiyan, P.; Zellmer, S.; Michalowski, P.; Kwade, A. (2020): Upscaling of mechanochemical syntheses of sulfide-based solid electrolytes. International Battery Production Conference - IBPC, Online/Braunschweig, DE, 02.-04.11.2020 – Poster.

Herrmann, C. (2020): Advanced Sustainable Manufacturing: Energy Efficient Manufacturing. Politecnico di Milano, 20.11.2020 – Gastvorlesung.

Herrmann, C. (2020): Application of biological transformation to foster positive urban production. The 27<sup>th</sup> CIRP Conference on Life Cycle Engineering, 13.05.2020, Online – Vortrag.

Herrmann, C. (2020): Circular Economy – Läuft die Zukunft rund? Scientists for Future. 23.07.2020, Online – Vortrag.

Herrmann, C. (2020): Ringvorlesung »Kernbegriffe für die Stadt der Zukunft«: Stadtfabrik, 08.09.2020, Online – Vortrag.

Herrmann, C. (2020): CO<sub>2</sub>-neutrale Fabrik - Chance oder Herausforderung. Die CO<sub>2</sub>-neutrale Fabrik, Stuttgart, 08.09.2020 – Vortrag.

Herrmann, C. (2020): Environmental Sustainability Assessment and Electric Mobility. WGP Scientific Meeting »Production and Environment«. 16.07.2020 – Vortrag.

Herrmann, C. (2020): Life Cycle Engineering von Leichtbaustrukturen. DLR Wissenschaftstage 2020 »Kreislaufwirtschaft im Faserverbundleichtbau«. 29.10.2020, Online – Vortrag.

Herrmann, C. (2020): Manufacturing & Life-Cycle Thinking – Contradiction or Not? ITAP Connect. 30.07.2020, Online – Vortrag.

Herrmann, C. (2020): Nachhaltigkeit in der Produktion – Warum »Life Cycle Thinking« wichtig ist. Kongress der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik – WGP-Jahreskongress. 24.09.2020, Online – Vortrag.

Herrmann, C. (2020): Towards a more sustainable aviation through Integrated Computational Life Cycle Engineering. Cluster Symposium 2020 - Sustainable and Energy Efficient Aviation, TU Braunschweig. 27.10.2020 – Vortrag.

Kiesewetter, A.; Dilger, N.; Blume, S.; Cerdas, F.; Zellmer, S.; Herrmann, C. (2020): Environmental Screening of Environmental Impacts of ASSB. International Battery Production Conference - IBPC, Online/Braunschweig, DE, 02.-04.11.2020 – Poster.

Reinders, P.; Bräuer, G.; Patel, R.: Development of a Model to Predict the s-Phase Thickness of Plasma Nitrided Austenitic Steels, 17<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering - Special PSE 2020, Erfurt, 7 – 10 September 2020.

Schäfer, L.: Fabrication and application of thin film sensors by integrated processes. Fraunhofer Competence Forum China. 14.07.2020 – Vortrag.

Sittinger, V.; King, H.: Optimization of transparent conductive oxides for silicon perovskite tandem solar cells, 37<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, Online, September 2020 – Poster.

Sittinger, V.; Höfer, M.; Armgardt, M.; Justianto, M.; Schäfer, L.: Produkte der Heißdraht-CVD für eine nachhaltige Lebensweise: Hocheffiziente Photovoltaik und innovative Wasserbehandlung, DVG-Mitgliederkontakttag, Karlsruher Institut für Technologie, 10. Februar 2020 – Vortrag.

Vergöhl, M.: Deposition of demanding optical coatings by magnetron sputtering. Fraunhofer Competence Forum China. 14.07.2020 – Vortrag.

Vogtmann, J.: Diffusion treatment and hard coating of additive manufactured metal components. Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference. 23.06.2020 – Vortrag.

---

### Dissertationen

---

Dillmann, H.: Einsatz von Polyelektrolyt-Multischichten für das temporäre Waferbonden. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2020 (Berichte aus Forschung und Entwicklung 45). Zugl.: Braunschweig, Technische Universität Braunschweig, Diss., 2019.



# BILDVERZEICHNIS

- Titelbild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 2 Bild: Holger Gerdes, Fraunhofer IST
- 3 Bild: Ulrike Balhorn, Fraunhofer IST
- 7 Bild 1: Dr. Philipp Lichtenauer
- 7 Bild 2: Ruhr-Universität Bochum
- 7 Bild 3: Peter Sierigk, Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH
- 7 Bild 4: Frank Benner
- 7 Bild 5: SMS group GmbH
- 7 Bild 6: Schaeffler AG
- 7 Bild 7: DLR
- 7 Bild 8: Dr. Sebastian Huster
- 7 Bild 9: Volkswagen AG
- 7 Bild 10: Singulus Technologies, Fotograf: Marc Krause, Frankfurt
- 7 Bild 11: B. Braun Melsungen AG
- 7 Bild 12: BAUER Gruppe
- 7 Bild 13: Dr. Gerry van der Kolk
- 7 Bild 14: GRT GmbH & Co.KG
- 8 Bild 1: ITK Dr. Kassen GmbH
- 8 Bild 2: ITK Dr. Kassen GmbH
- 8 Bild 3: ITK Dr. Kassen GmbH
- 9 Bild: ITK Dr. Kassen GmbH
- 11 Illustration: Marén Gröschel, Fraunhofer IST
- 14 Illustration: Marén Gröschel, Fraunhofer IST
- 15 Bild 2: Stadt Salzgitter
- 21 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 22 Bild 1: Markus Breig, KITCroM für BMBF, Fraunhofer IST
- 22 Bild 2: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 23 Bild: Jan Benz, Fraunhofer IST
- 24 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 25 Bild: Timon Dreßler, Fraunhofer IST
- 26 Grafik: United Nations Department of Public Information
- 27 Bild: Rony Michaud, Pixabay
- 28 Bild 1: Engin Akyurt, Pixabay
- 28 Bild 2: Jan Benz, Fraunhofer IST
- 29 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 30 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 32 Bild 1: Fraunhofer IIS
- 32 Bild 2: Fraunhofer IIS
- 33 Bild 3: Fraunhofer IST
- 33 Grafik: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 34 Bild 1: Torben Seemann, Fraunhofer IST
- 34 Bild 2: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 35 Bild 3: Torben Seemann, Fraunhofer IST
- 36 Bild 1: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 36 Bild 2: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 37 Bild 3: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST
- 38 Bild 1: Fraunhofer IST
- 38 Bild 2: Martin Keunecke, Fraunhofer IST
- 39 Grafik 3: Fraunhofer IST
- 40 Bild 1: Fraunhofer IST
- 42 Grafik 1: Fraunhofer IST
- 43 Bild 2: Fraunhofer IST
- 43 Bild 3: Fraunhofer IST
- 44 Bild: Rainer Meier, BFF Wittmar

46 Bild 1: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 46 Bild 2: Fraunhofer IST  
 47 Bild 3: Fraunhofer IST  
 48 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 50 Illustration: Marén Gröschel, Fraunhofer IST  
 50 Bild 2: Architektenbüro HDR  
 51 Bild 3: Fraunhofer IST, Michael Grube  
 52 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 54 Bild 1: Tobias Zickenrott, Fraunhofer IST  
 54 Bild 2: Tobias Zickenrott, Fraunhofer IST  
 56 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 58 Bild 1: Inga Ziemer, Fraunhofer IST  
 59 Bild 2: Fraunhofer IST  
 59 Bild 3: Fraunhofer IST  
 60 Bild 1: Fraunhofer  
 61 Bild 2: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 62 Bild 3: Clara Valentin, HAWK  
 63 Bild 4: Pixabay, Andreas Lischka  
 64 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 66 Bild 1: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 66 Bild 2: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 67 Bild 3: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 68 Bild 1: Manuela Lingnau, Fraunhofer WKI  
 68 Bild 2: Timon Dreßler, Fraunhofer IST  
 69 Bild 3: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 70 Bild 1: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 70 Bild 2: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 71 Bild 3: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 72 Bild 1: BAQ  
 72 Bild 2: Fraunhofer ITWM  
 73 Bild 3: Fraunhofer ITWM  
 74 Bild 1: Fraunhofer IST  
 75 Bild 2: MRC Systems GmbH  
 76 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 78 Bild 1: Carola Brand, Fraunhofer IST  
 79 Bild 2: Fraunhofer  
 80 Bild 1: Timon Dreßler, Fraunhofer IST  
 81 Bild 2: Fraunhofer IAO  
 83 Bild 1: Sascha Gramann  
 83 Bild 2: Fraunhofer IST  
 83 Bild 3: Ulrike Balhorn, Fraunhofer IST  
 83 Bild 4: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 84 Bild: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 86 Grafik: Fraunhofer  
 88 Bild 1: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST  
 89 Bild 2: Volker Lannert, Fraunhofer ILT, Aachen  
 89 Bild 3: Fraunhofer FEP  
 89 Bild 4: Fraunhofer IPM  
 89 Bild 5: Fraunhofer IOF  
 89 Bild 6: Fraunhofer IWS  
 93 Grafik: Fraunhofer IST  
 94 Bild 1: Fraunhofer  
 95 Bild 2: Jan Benz, Fraunhofer IST  
 96 Bild 1: Carola Brand, Fraunhofer IST  
 97 Bild 2: INPLAS e. V.

# IMPRESSUM

Das Fraunhofer-Institut für Schicht-  
und Oberflächentechnik IST

## **Institutsleitung**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

## **Stellvertretender Institutsleiter**

Dr. Lothar Schäfer

Bienroder Weg 54 E  
38108 Braunschweig  
Telefon +49 531 2155-0  
Fax +49 531 2155-900  
info@ist.fraunhofer.de  
www.ist.fraunhofer.de

## **Redaktion und Koordination**

Dr. Simone Kondruweit  
Sandra Yoshizawa

## **Layout**

nils hildebrandt designer  
www.nilshildebrandt-designer.de

© Fraunhofer IST 2021



020

