

Fraunhofer-Institut für Schicht-
und Oberflächentechnik IST

Jahresbericht 2021

Fraunhofer IST
Jahresbericht



2021



Vorwort der Institutsleitung



Auch im Jahr 2021 haben wir wichtige Weichenstellungen für das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik vorgenommen und in den Ausbau unserer Kompetenzen in den Bereichen Digitalisierung und Automatisierung von Prozessketten für eine nachhaltige Produktion investiert.«

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann / Institutsleiter

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit unserem Jahresbericht 2021 blicken wir auf eine ereignisreiche Zeit zurück. Das Jahr 2021 begann für uns mit einem besonderen Highlight: Am 18. Februar landete der NASA-Rover »Perseverance« erfolgreich auf dem Mars – mit dabei ein optischer Interferenzfilter aus dem Fraunhofer IST. Doch nicht nur das, im Jahr 2021 haben wir auch wichtige Weichenstellungen für die weitere Entwicklung des Instituts vorgenommen.

So sind wir seit letztem Jahr Mitglied des Fraunhofer-Vereins Produktion, in dem inzwischen 11 Institute ihr Know-how bündeln, um Expertenwissen für die »Produktion der Zukunft« bereitzustellen und deutschen und internationalen Unternehmen Systemlösungen anzubieten. Dabei greifen wir natürlich auch auf unsere Kompetenzen in der Oberflächentechnik zurück und pflegen weiterhin den engen Austausch mit den Instituten im Fraunhofer-Verein Light & Surfaces.

Im Herbst haben wir im Rahmen des Fraunhofer-Strategieprozesses ein Audit durchgeführt und damit die Basis für die weitere Schärfung der inhaltlich-thematischen Ausrichtung unserer Arbeit geschaffen. Den Auditoren möchten wir an dieser Stelle noch einmal für wertvolle Diskussionen und Hinweise danken.

Die regionale Vernetzung war und ist für uns ein wichtiger Erfolgsfaktor. Durch die Kooperationen mit der TU Braunschweig, dem Städtischen Klinikum Braunschweig sowie der Zusammenarbeit mit den Partnern im Wasserstoff Campus Salzgitter und der Open Hybrid LabFactory in Wolfsburg erschließen wir immer neue, wichtige Zukunftsfelder wie Energiespeicher, Wasserstofftechnologien, Mobilität oder nachhaltige Produktion sowie Medizin- und Pharmatechnologie. Gemeinsam mit dem Zentrum für Pharmaverfahrenstechnik (PVZ) der TU Braunschweig entsteht ein einzigartiges Translationslabor für individuelle Arzneimittelproduktion.

Die Digitalisierung von Prozessketten und der Aufbau von Modellfabriken sind wichtige Treiber der angewandten Forschung am Fraunhofer IST. Unter der Überschrift »Reinigung 4.0« zeigen wir, wie cyber-physische Produktionssysteme in der industriellen Praxis umgesetzt werden können. Das zugrundeliegende Konzept werden wir gemeinsam mit Unternehmen sukzessive auf weitere Prozesse und Prozessketten übertragen.



Auch im vergangenen Jahr beeinflusste die Corona-Pandemie unsere Arbeit, organisatorisch und inhaltlich. Mobiles Arbeiten und New Work sind Themen, die uns auch nach der Pandemie weiter begleiten werden. Im Zuge unserer »Anti-Corona-Forschung« konnten wir erfolgreich verschiedene Projekte abschließen: Ein mobiler Reinigungsroboter mit einem Plasmamodul und eine Desinfektionsspritze, in der ozoniertes Wasser durch unsere diamantbeschichteten Elektroden erzeugt wird, sind nur zwei Beispiele.

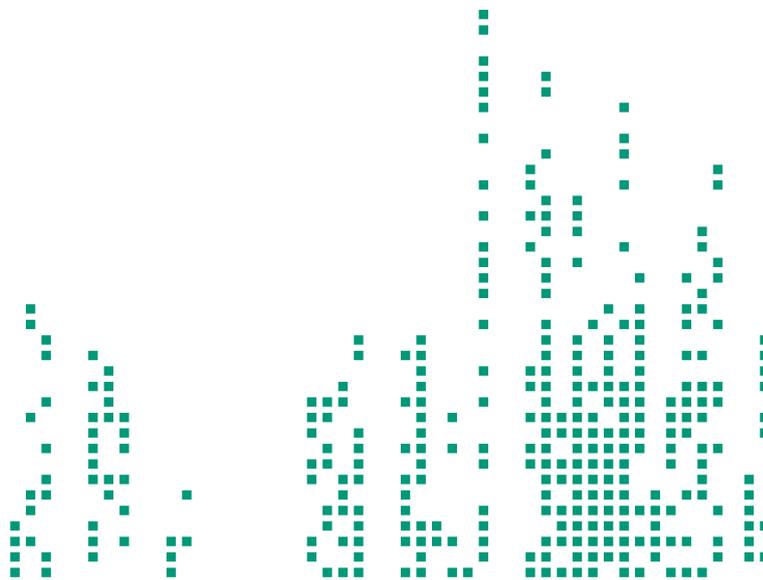
Nachhaltigkeit ist ein zentrales Leitbild für unsere Forschung. Wir haben uns daher sehr über die Auszeichnung des Projekts »SafeWaterAfrica« mit dem Solar Impulse Label gefreut, das für saubere und rentable Lösungen verliehen wird. Das bestärkt uns in unseren Zielen, auch im kommenden Jahr weiterhin zukunftsfähige Produkt- und zugehörige Produktionssysteme unter Maßgabe der Nachhaltigkeit zu gestalten.

Mit einem Blick zurück und nach vorn möchten wir an dieser Stelle nicht nur Ihnen, liebe Leserin und lieber Leser, für Ihr Interesse danken. Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeitenden des Instituts, unseren Partnern aus Forschung und Entwicklung, den Auftraggebern aus der Industrie, unseren Förderern, Kollegen und Freunden. Wir danken Ihnen für die vertrauensvolle Zusammenarbeit und freuen uns auf weitere spannende Projekte mit Ihnen. Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen.

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Inhalt

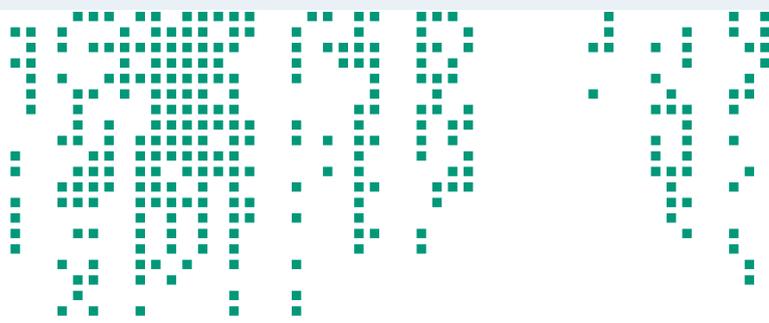
Vorwort der Institutsleitung	2
Inhalt	4
Unser Kuratorium	8
Ausgezeichnete Zusammenarbeit	10
Ein Interview mit Clas Schmitz, CEO der Pfaudler interseal GmbH	10
Das Institut im Profil	12
Das Institut in Zahlen	14
Professuren an Universitäten und Hochschulen	16
Ihre Ansprechpersonen	18
Institutsleitung und Verwaltung	18
Abteilungs-, Gruppen- und Teamleitung	19
Highlights	24
Technologie des Fraunhofer IST landet auf dem Mars	24
Robust und anwendungsorientiert – Ein neuer Industriestandard zur Bestimmung der photokatalytischen Aktivität von Oberflächen	26
Start des Leistungszentrums Medizin- und Pharmatechnologie in Norddeutschland	27
Forschung aus Braunschweig ermöglicht innovative Arzneimittel	28
Patientenzimmer der Zukunft kommt nach Braunschweig	29
Ausgezeichnete Forschung	30
Dr. Michael Thomas wird Honorarprofessor an der TU Braunschweig	30
Manfred Hirschvogel Preis; Preis der Deutschen Kautschukindustrie; Wissenschaftspreis Niedersachsen	31
SafeWaterAfrica: Nachhaltig, profitabel und jetzt auch ausgezeichnet	32



Im Fokus: Digitalisierung in der Oberflächentechnik	34
Umsetzungsstrategie für ein Data-Mining-Projekt	36
Unsere Kompetenzen entlang der gesamten Prozesskette	40
Verfahrens- und Fertigungstechnik für nachhaltige Energiespeicher	42
Nachhaltige Fabrikssysteme und Life Cycle Engineering	44
Material- und Prozessentwicklung	46
Automatisierte Prozessketten für die zirkuläre Produktion	47
Aus der Forschung: Transformation des Industriestandorts Salzgitter mit grünen Wasserstofftechnologien	48
Tribologie und Sensorik	50
Tribologische Systeme	52
Flexible Produktionssysteme	53
Aus der Forschung: Erfolgsfaktor Oberflächenreinigung – Reinigung 4.0	54
Aus der Forschung: Werkzeugbeschichtungen zum Schneiden von Faserverbundkunststoffen	56
Aus der Forschung: Smartes, modulares und nachhaltiges Interieur für die Mobilität der Zukunft	58
Mikro- und Sensortechnologie	60
Aus der Forschung: Dünnschichtsensorik für die Überwachung der Temperierung im Kunststoffspritzguss	62
Dortmunder OberflächenCentrum DOC	65
Diamantbasierte Systeme und CleanTech	66
Atomlagenabscheidung	68
Photo- und elektrochemische Umwelttechnik	70
Heißdraht-CVD	71
Aus der Forschung: Texturierte Werkzeugoberflächen	72
Aus der Forschung: Vertikale Integration von MEMS-Sensoren auf elektrischen Schaltungen	74
Aus der Forschung: Ultraharte optische Diamantschichten	76

Inhalt

Optische Systeme und Anwendungen für die Oberflächentechnik	78
Präzisionsoptische Schichten	80
Optische und elektrische Systeme	81
Aus der Forschung: Nachhaltiger Wasserstoff aus Sonnenlicht	82
Simulation & Digital Services	84
Aus der Forschung: Prozessautomatisierung mit MOCCA®	86
Grenzflächenchemie und adaptive Haftsysteme	88
Galvanotechnik und nasschemische Prozesse	90
Aus der Forschung: Digitalisierung in der Galvanotechnik	92
Aus der Forschung: Optimierung galvanischer Prozesse durch das Verständnis des Wasserstoff-Gefährdungspotenzials	94
Medizintechnik und pharmazeutische Systeme	96
Aus der Forschung: Verbesserung der inhalativen Therapie durch Antihaftoberflächen	98
Atmosphärendruck-Plasmaverfahren	100
Aus der Forschung: Atmosphärendruck-Plasmaquellen für die additive Fertigung	102
Anwendungszentrum an der HAWK Göttingen	104
Reinigung von Raumluft mittels Plasma – PlasmaAirCleaner	106
Schicht- und Oberflächenanalytik für die Industrie und Forschung	108
Chemische und strukturelle Analyse	110
Mikroskopie und Oberflächenvermessung	112
Mechanische Charakterisierung	113
Reibungs- und Verschleißmessung	113
Optische Charakterisierung und Messtechnik	114
Photokatalytische Messtechnik	115
Aus der Forschung: Wie tief dringt Wasserstoff in Oberflächen ein?	116



Das Fraunhofer IST in Netzwerken	118
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	120
Synergien durch Vernetzung – Netzwerke innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft	122
Fraunhofer-Verbund Produktion	124
Vernetzung regional und deutschlandweit	126
Das Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e.V. – INPLAS	128
Mitgliedschaften	130
Publikationen	132
Berichte	135
Konferenzbeiträge	136
Dissertationen	137
Erteilte Patente	137
Bildverzeichnis	138
Impressum	140

Unser Kuratorium



Die Mitglieder unseres Kuratoriums beraten und unterstützen uns bei Fragen der fachlichen Ausrichtung und strukturellen Veränderungen. Im Jahr 2021 fand die Kuratoriumssitzung digital statt. Unser hochkarätig besetztes Kuratorium besteht aus Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und dem öffentlichen Leben:





Vorsitz

Dr. Philipp Lichtenauer¹
Plasmawerk Hamburg GmbH

Prof. Dr. Peter Awakowicz²
Ruhr-Universität Bochum

Dr. med. Thomas Bartkiewicz³
Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH

Frank Benner⁴
B+T Technologies GmbH

Claudia Martina Buhl⁵
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Prof. Dr. Tim Hosenfeldt⁶
Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Dr. Sebastian Huster⁷
Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur

Cordula Miosga⁸
Arbeitgeberverband Region Braunschweig e.V.

Dr.-Ing. Stefan Rinck⁹
Singulus Technologies AG

Dr. Joachim Schulz¹⁰
Aesculap AG

Michael Stomberg¹¹
Bauer AG

Dr. Jutta Trube¹²
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.

Dr. Ernst-Rudolf Weidlich¹³
GRT GmbH & Co. KG

Gast:
Dr. Kai U. Ziegler¹⁴
EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG

Ausgezeichnete Zusammenarbeit

Ein Interview mit Clas Schmitz, CEO der Pfaudler interseal GmbH



Zur Person

Clas Schmitz ist Geschäftsführer der Pfaudler interseal GmbH und bereits seit dem Jahr 2000 im Bereich der Dichtungstechnik aktiv.

Als Quereinsteiger ist er in das 1983 gegründete Ein-Mann-Unternehmen »Interseal« von Rolf Schmitz eingetreten und hat die Weiterentwicklung der technischen Konzepte der Produkte zu seiner Aufgabe gemacht – bis hin zur Serienreife und weltweiten Markteinführung der neuen Technologie, die den Dichtungsmarkt signifikant verändert hat. Mit dem Verkauf der interseal im Jahr 2017 an die Pfaudler Holding wurde ein wesentlicher Schritt zur Marktdurchdringung der innovativen patentierten Dichtungslösungen umgesetzt, um die Kunden mit diesen fortschrittlichen Technologien zu versorgen.

Heute leitet Clas Schmitz als Geschäftsführer der Pfaudler interseal GmbH mit Sitz nahe Frankfurt den weiteren Aufbau der Firma innerhalb des Konzerns als »Kompetenz Center für Dichtungstechnik«, welches Dichtungslösungen weit über den Produktportfolio-Bereich der Pfaudler-Gruppe hinaus an systemrelevante Produktionsbetriebe wie etwa die BASF vermittelt.

Was sind die aktuellen Herausforderungen für Ihre Branche und welchen Beitrag leistet in diesem Zusammenhang das Fraunhofer IST?



Die Komponenten der Dichtungstechnik sind als wesentliche Bauteile in einem Produktionsprozess zu definieren, da nur ein einwandfreier und störungsfreier Betrieb eine sichere und hochwertige Produktion möglich macht. Die sich daraus ergebenden ständig steigenden Anforderungen an dynamische Systeme stellen die Branche im Allgemeinen vor die Herausforderung, die Systeme in puncto Lebenszeit zu optimieren.

Das Fraunhofer IST leistet mit seinem umfassenden und tiefgehenden Wissen im Bereich der Tribologie und Sensorik einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung der dynamischen Abdichtungssysteme unserer Firma. Die technischen Möglichkeiten des Fraunhofer IST zur Identifizierung von Grenzen im Bereich der Tribologie ermöglichen es, unsere Systeme signifikant zu optimieren und neue Optionen für unsere Kunden zu erarbeiten.

Ferner ist das Fraunhofer IST im Bereich Sensorik für uns ein innovativer Partner, um für unser Produkt – in einer sehr anspruchsvollen Prozessumgebung – die notwendige Digitalisierung zur Überwachung einer dynamischen Dichtung zu implementieren, um ungeplante Produktionsstillstände zu vermeiden. Insbesondere ist hierbei die individuelle, unkomplizierte und produktspezifische Betreuung hervorzuheben, die es uns ermöglicht, unsere Produkte zu optimieren.«





2

Hightech-Dichtungstechnik. © Pfaudler interseal GmbH

Sie arbeiten seit 2005 mit dem Fraunhofer IST zusammen. An welches besondere Projekt erinnern Sie sich, das Ihre Zusammenarbeit mit dem IST auszeichnet?



Eines unserer ersten Projekte im Bereich Tribologie ist uns bis heute in bleibender Erinnerung geblieben. Die DLC-Beschichtung des metallischen Dichtsystems DN350 war zu jener Zeit noch etwas Außergewöhnliches in Bezug auf die Baugröße und Anwendung in der Zellstofffaserindustrie. Hieraus hat sich im Rahmen der weiteren Entwicklung unter anderem die Beschichtung von Serienbauteilen für unsere dynamischen Abdichtungssysteme (dry9000®) entwickelt, die heute in unseren Produkten zur Abdichtung von Rührwerken, Filternutschen, Trocknern etc. weltweit im Bereich von hochkorrosiven Prozessen der chemischen und pharmazeutischen Industrie bis hin zur Lebensmittelindustrie zur Anwendung kommen.«

Welche Pläne haben Sie – auch in Bezug auf das Fraunhofer IST – für die Zukunft?



Für unsere zukünftigen Projekte und die Weiterentwicklung bzw. Optimierung unserer Produktpalette setzen wir auch weiterhin auf eine enge Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IST. Wir planen, an unseren inzwischen weltweiten Standorten die Prozesse unserer lokalen Kunden mit unseren Produkten zu optimieren. Das Fraunhofer IST soll hierbei ein steter Begleiter und Ideengeber sein. Dabei wird der Bereich der Digitalisierung von Messwerten, deren Auswertung und Übersetzung in Entscheidungshilfen einen wesentlichen Teil einnehmen. Der rege Erfahrungsaustausch mit dem Fraunhofer IST ist für uns dabei auch in Zukunft wesentlicher Bestandteil für eine erfolgreiche Zusammenarbeit.«

Mit der trockenlaufenden dry9000®-Dichtungstechnologie entwickelt und fertigt Pfaudler eine Wellendichtungslösung für alle Arten von Dichtungsanwendungen in der Pharmazie, der chemischen Industrie sowie für die Lebensmittelverarbeitung.
© Pfaudler interseal GmbH

Die Pfaudler interseal GmbH

Als Anbieter innovativer Produkte im Bereich der Dichtungstechnik hat sich die Pfaudler interseal GmbH auf die Herstellung von dynamischen Dichtungen und Dichtungskomponenten für Anwendungen in der chemischen, petrochemischen, pharmazeutischen und Lebensmittelindustrie konzentriert.

Einer der Schwerpunkte liegt hierbei auf Dichtungslösungen, die eine Kontamination durch sonst übliche Sperrmedien bei rotierenden Dichtungen verhindern. Ziel ist die Verbesserung der Produktqualität. Daneben sollen ungeplante Stillstände der Produktionsprozesse vermieden werden mit dem Ziel, die Total Cost of Ownership (TCO) zu reduzieren.

Weitere Informationen: www.pfaudler.com



Das Institut im Profil



Als innovativer und international anerkannter Partner für Forschung und Entwicklung entwickeln wir am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST zukunftsfähige Produkte einschließlich der zugehörigen wettbewerbsfähigen und skalierbaren Produktionssysteme.

Unsere Forschung umfasst die Anlagentechnik, gesamte Prozessketten der Verfahrens-, Prozess- und Fertigungstechnik bis hin zur Betrachtung ganzer Fabriken. Ausgehend von den Anforderungen der Nachhaltigkeit haben wir den gesamten Produktlebensweg im Blick – vom Werkstoff über den Prozess zum Bauteil und Produkt bis hin zum Recycling.

Maßgeschneidert und nachhaltig: Unsere Branchenlösungen

In interdisziplinären Teams und aufbauend auf unseren Technologie- und Kompetenzfeldern bieten wir unseren Kunden aus Industrie und Forschung maßgeschneiderte und nachhaltige Lösungen für verschiedene Branchen, z. B. Anlagen- und Maschinenbau, Werkzeuge, Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Energie, Optik, Medizin- und Pharmaverfahrenstechnik, Umwelttechnik, chemische Industrie und Digitalwirtschaft.

Auf der Basis eines breiten Spektrums an Kompetenzen, Technologien, Verfahren und Schichtwerkstoffen gestalten wir die für die jeweilige Aufgabenstellung optimale Prozesskette bis hin zur digitalen Auslegung der Gesamtfabrik.

Schwerpunkte des Fraunhofer IST sind:

- Energiespeicher und Systeme mit dem Fokus auf Batteriezellfertigung und Wasserstofftechnologie
- Mikro- und Sensortechnologie / Industrie 4.0
- Tribologische Systeme
- Präzisionsoptische Beschichtungen

- Multifunktionale Oberflächen für Medizintechnik und Pharmaproduktion
- Flexible Produktionssysteme
- Cyber-physische Systeme und Computational Surface Engineering & Science

Unsere Kompetenzen setzen wir in vielfältigen Technologien zur Beschichtung, Behandlung und Strukturierung von Oberflächen ein. Das sind u.a.:

- Elektrochemische Verfahren, insbesondere Galvanik
- Atmosphärendruck-Plasmaverfahren
- Niederdruck-Plasmaverfahren mit den Schwerpunkten Magnetronputtern, hochionisierte Plasmen und plasmaaktivierte Gasphasenabscheidung
- Chemische Gasphasenabscheidung mit dem Schwerpunkt Heißdraht-CVD
- Atomlagenabscheidung ALD
- Chemische, mechanische und thermische Oberflächenbehandlung

Dazu verfügt das Fraunhofer IST 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 Gestaltung nachhaltiger Produktions- und Fabrikssysteme sowie das Life Cycle Engineering (Life Cycle Costing, Life Cycle Assessment).



Elektromobilität, Industrie 4.0, intelligente Werkzeuge, individualisierte Medizin, Präzisionsoptik für Weltraumanwendungen – am Fraunhofer IST bieten wir Lösungen für unterschiedlichste Branchen.«

Prof. Dr-Ing. Christoph Herrmann / Institutsleiter

Neben anwendungsorientierter Forschung arbeiten die Mitarbeitenden des Fraunhofer IST in Kooperationen mit Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auch an den zugehörigen wissenschaftlichen Grundlagen. Neben direkter Auftragsforschung werden Projekte mit öffentlichen Mitteln des Landes Niedersachsen, des Bundes, der Europäischen Union und anderer Institutionen gefördert.

Am Hauptstandort Braunschweig verfügt das Institut über 4000 m² Büro- und Laborfläche. Darüber hinaus stehen am Anwendungszentrum des Fraunhofer IST am Standort Göttingen in Kooperation mit der dortigen Hochschule weitere 1500 m² Labor- und Bürofläche zur Verfügung. Ein Schwerpunkt ist hier das Kaltplasmaspritzen.

Am Fraunhofer-Zentrum ZESS entwickeln wir gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IKTS und IFAM nachhaltige Energiespeicher der nächsten Generation und führen diese zur Marktreife. Dabei betrachten wir den gesamten Lebensweg, vom Rohstoff bis zum Recycling, unter technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten. Für die Arbeiten ist ein Forschungsneubau am Campus Forschungsflughafen in Braunschweig geplant. In der Übergangsphase stehen den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Laborflächen im Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) und Büros im Lilienthalhaus am Forschungsflughafen Braunschweig zur Verfügung.

Am Standort Wolfsburg bildet das Fraunhofer IST zusammen mit den Fraunhofer-Instituten IFAM, IWU und WKI ein weiteres Fraunhofer-Zentrum. Das Zentrum ist Teil der Open Hybrid LabFactory (OHLF), ein Forschungscampus und öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen. Im Fokus stehen die Themen Circular Economy, Produktionstechnik, Leichtbau und Materialentwicklung.

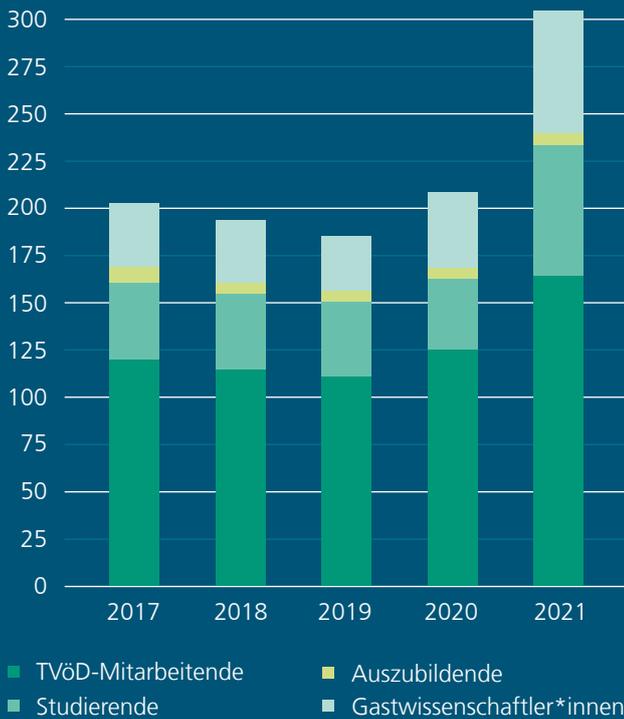
Die industrielle Wasserstoffnutzung ist sowohl im Hinblick auf die Energiewende als auch im Hinblick auf eine resiliente Energieversorgung höchst relevant. Am Standort Salzgitter und dem dortigen Wasserstoff Campus arbeitet das Fraunhofer IST gemeinsam mit regionalen Unternehmen an Technologien und Konzepten für die Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff.

Die Leistungsangebote des Fraunhofer IST werden insbesondere komplementiert durch die weiteren Mitgliedsinstitute und -einrichtungen des Fraunhofer-Verbands Produktion. Der Verbund bündelt das Know-how der Fraunhofer-Gesellschaft für die »Produktion der Zukunft« und erarbeitet innovative Systemlösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette für deutsche und internationale Unternehmen.

Unter der Überschrift »Eine Vision – zwei Organisationen« bestehen zudem enge Kooperationen mit Instituten der TU Braunschweig. Dazu gehören u. a. die mit dem Fraunhofer IST direkt verbundenen Institute, das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF), das Institut für Oberflächentechnik (IOT) und das Institut für Partikeltechnik (iPAT).

Das Institut in Zahlen

Personalentwicklung



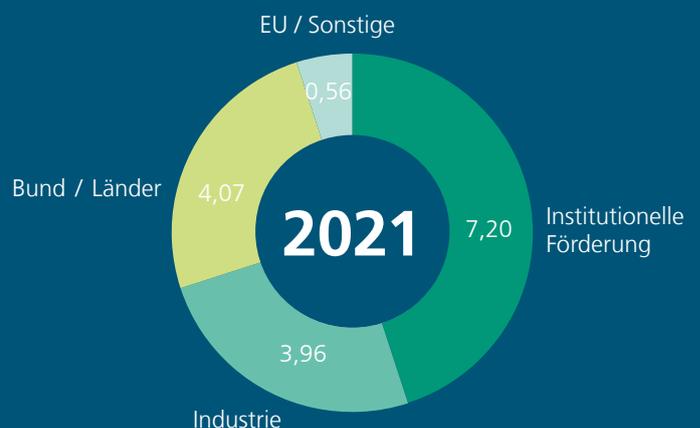
305
Mitarbeitende



Betriebshaushalt



15,79 Mio.
Betriebshaushalt



6 
Professuren

10 
Nationalitäten

>15 
Fachdisziplinen

23 
Konferenzbeiträge

46  
Publikationen und Patente



5 
Standorte

29 
Lehrveranstaltungen

14 
Masterarbeiten

2 
Promotionen

Professuren an Universitäten und Hochschulen

Das Fraunhofer IST kooperiert mit zahlreichen Instituten und Zentren der Technischen Universität Braunschweig. Durch die enge Universitätsanbindung können wir in unserer Projektarbeit auf neuesten Ergebnissen aus der universitären Forschung aufbauen. Aktuell ist das Fraunhofer IST mit fünf Professuren an der TU 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 am Standort Göttingen.

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

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder

Forschungsschwerpunkte:

- Fertigungstechnologien
- Hybrider Leichtbau & integrierte Formgebung
- Montage und Fertigungsautomatisierung
- Prozessautomatisierung

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
- Magnetronspütern
- Plasmadiffusionsverfahren

Prof. Dr. Michael Thomas (Honorarprofessur)

Forschungsschwerpunkte:

- Grenzflächenchemie
- Atmosphärendruck-Plasmaverfahren
- Elektrochemische Verfahren
- Oberflächenanalytik

Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim / Holzminden / Göttingen HAWK

Fakultät Ingenieurwissenschaften und Gesundheit

Prof. apl. Prof. Dr. Wolfgang Viöl

Forschungsschwerpunkte:

- Lasertechnologie
- Plasmatechnologie
- Plasmamedizin



Ihre Ansprechpersonen

Institutsleitung und Verwaltung

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann¹
Telefon: 0531 2155-503
christoph.herrmann@ist.fraunhofer.de

Stellvertretende Institutsleitung

Dr. Lothar Schäfer²
Telefon: 0531 2155-520
lothar.schaefer@ist.fraunhofer.de

Forschungsplanung und -netzwerke

Assistenz der Institutsleitung
Dipl.-Ing. Carola Brand³
Telefon: 0531 2155-574
carola.brand@ist.fraunhofer.de

Prozess- und Innovationsmanagement

Dr.-Ing. Marko Eichler⁴
Telefon: 0531 2155-636
marko.eichler@ist.fraunhofer.de

Institutsverwaltung

Ass. Iur. Annelie Maria Lambert⁵
Telefon: 0531 2155-519
annelie.lambert@ist.fraunhofer.de

Marketing und Kommunikation

Dr. Simone Kondruweit⁶
Telefon: 0531 2155-535
simone.kondruweit@ist.fraunhofer.de

IT

Andreas Schlechtweg⁷
Telefon: 0531 2155-633
andreas.schlechtweg@ist.fraunhofer.de

Technische Dienste

Stephan Thiele⁸
Telefon: 0531 2155-440
stephan.thiele@ist.fraunhofer.de



Abteilungs-, Gruppen- und Teamleitung

Verfahrens- und Fertigungstechnik für nachhaltige Energiespeicher

Dr.-Ing. Sabrina Zellmer⁹
 sabrina.zellmer@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-528

Material- und Prozessentwicklung

Dr.-Ing. Jutta Hesselbach¹⁰, Dr.-Ing. Clara Sangrós¹¹
 jutta.hesselbach@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-613
 clara.sangros@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0151 6345 8522
Produktentwicklung und -design / Herstellung und Konditionierung von Energiespeichermaterialien / Produktion von Batteriekomponenten (Elektroden, Separator) / Rekonditionierung und Recycling / Partikel, Material- und Prozesssimulation

Nachhaltige Fabrikssysteme und Life Cycle Management

Christoph Imdahl M.Sc.¹², Nikolas Dilger M.Sc.¹³
 christoph.imdahl@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-669
 nikolas.dilger@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-660
Planung, Modellierung, Simulation von Prozessketten und Fabriken / Digitalisierung der Produktion / Nachhaltigkeitsbewertung durch Life Cycle Assessment und Life Cycle Costing

Automatisierte Prozessketten für die zirkuläre Produktion

Dr.-Ing. Jan Beuscher¹⁴
 jan.beuscher@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-663
Herstellung von Brennstoffzellenkomponenten, -modulen und -systemen / Automatisierung der Produktion / Reverse Manufacturing / Produktsimulation



Grenzflächenchemie und adaptive Haftsysteme

Prof. Dr. Michael Thomas¹⁵
michael.thomas@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-525

Atmosphärendruck-Plasmaverfahren

Dr. Kristina Lachmann¹⁶
kristina.lachmann@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-683
Plasmapolymerisation und chemische Funktionalisierung / Prozess- und Quellenentwicklung für Atmosphärendruckplasmen / Oberflächenreinigung und chemische Analytik / Additive Fertigungsverfahren

Galvanotechnik und nasschemische Prozesse

Rowena Duckstein M. Sc.¹⁷
rowena.duckstein@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-619
Kunststoffmetallisierung / Elektrochemie mit ionischen Flüssigkeiten / Dispersionsabscheidung / Galvanik 4.0 / Vorbehandlung und Recycling

Medizintechnik und pharmazeutische Systeme

Dr. Kristina Lachmann¹⁶
kristina.lachmann@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-683
Individualisierte Arzneimittelproduktion und Verpackungstechnologien / Medizintechnische Lösungen (Reinigung und Hygiene, Schutzausrüstung, Implantate, Disposables) / Qualitätssicherung für Herstellungsverfahren

Optische Systeme und Anwendungen

Dr. Michael Vergöhl¹⁸
michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-640

Präzisionsoptische Schichten

Dr. Philipp Henning¹⁹
philipp.henning@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-645
Produktionstechnik optischer Präzisionsschichten / Herstellung optischer Schichten / Optische Online- und Offline-Messtechnik

Optische und elektrische Systeme

Dr.-Ing. Ralf Bandorf²⁰
ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-602
Optische, elektrische und magnetische Funktionsschichten / Großflächenbeschichtung / Gasfluss-Sputtertechnik / Sensorik

Simulation & Digital Services

Dr. Andreas Pflug²¹
andreas.pflug@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-629
Kinetische und CFD-Simulation PIC-MC / DSMC / Cyber-physische Systeme / Softwareentwicklung / Messtechnik



Diamantbasierte Systeme und CleanTech

Dr. Volker Sittinger²²
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-512

Atomlagenabscheidung

Dr.-Ing. Tobias Graumann, PMP²³
tobias.graumann@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-780
Fertigungsmaterial »ALD« für Medizinprodukte / Beschichtung von 3D-Substraten für Mikrooptiken und Membranen / Partikelbeschichtung / Katalysatorabscheidung für Energiewandlung und -systeme

Heißdraht-CVD

Dr.-Ing. Christian Stein²⁴
christian.stein@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-647
Anwendungsspezifische Diamantschichten und -prozesse / Lösungen für Diamantwerkzeuge und Maschinenelemente / Entwicklung von HCVD-Komponenten und Produktionssystemen / Entwicklung hocheffizienter Solarzellen

Photo- und elektrochemische Umwelttechnik

Dipl.-Ing. (FH) Frank Neumann²⁵
frank.neumann@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-658
Schichten und Systeme zur Luft-, Wasser-, Bodenaufbereitung und -desinfektion / Akkreditiertes Prüflabor für photokatalytische Materialien

Tribologie und Sensorik

Dr.-Ing. Jochen Brand²⁶
jochen.brand@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-600

Mikro- und Sensortechnologie

Anna Schott M. Sc.²⁷
anna.schott@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-674
Sensorik für tribologisch belastete Systeme / Kraft- und Temperatursensorik / Mikrostrukturierung / Datenübertragung und -verarbeitung / Sensoren für elektrische Speicher und Wandler

Tribologische Systeme

Dr.-Ing. Martin Keunecke²⁸
martin.keunecke@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-652
Ressourceneffiziente und resiliente Tribosysteme / Systemanalysen und Bewertungen / Kohlenstoffschichten, Hartstoffschichten, Diffusionsbehandlungen, Duplex-Prozesse / Prozesskette inkl. Vorbehandlungen und Qualitätssicherung

Flexible Produktionssysteme

Dr.-Ing. Torben Seemann²⁹
torben.seemann@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-605
Flexible Produktionssysteme für die Oberflächentechnik / Interieur für mobile Anwendungen / Reuse- und Verwertungsstrategien für Komponenten

Dortmunder OberflächenCentrum DOC

Dipl.-Ing. Hanno Paschke³⁰
hanno.paschke@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0231 844 5453
Duplex-Behandlungen durch Plasmanitrieren und PACVD-Technologie / Borhaltige Hartstoffschichten / Werkzeugbeschichtungen / Schichten für die Warmformgebung / Beschichtungen von Industriemessern



Analytik und Qualitätssicherung

Dr. Kirsten Schiffmann³¹
kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-577
Chemische und strukturelle Analyse / Mikroskopie, Kristallstruktur und Oberflächenvermessung / Mechanische Charakterisierung / Reibungs- und Verschleißmessung / Prüftechnik / Kundenspezifische Prüfverfahren / Auftragsuntersuchungen

Anwendungszentrum

Dr.-Ing. Jochen Brand²⁶
jochen.brand@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-600

Prof. Dr. Wolfgang Viöl³²
wolfgang.vioel@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0551 3705-218
Kaltplasmaspritzen / Partikelbeschichtung / Entwicklung produktionsgerechter Plasmaquellen / Partikelsorption und -modifikation / Plasmacharakterisierung

Fraunhofer-Zentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS

Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade³³
arno.kwade@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 391-9610
Entwicklung mobiler und stationärer Energiespeicher und -systeme / Entwicklung und Skalierung von Prozesstechnologien / Batterieproduktion / Verfahrenstechnik / Gestaltung des Produktionssystems für Energiespeicher / Life Cycle Management

Fraunhofer-Zentrum Wolfsburg im Open Hybrid LabFactory e.V. (OHLF)

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann¹
christoph.herrmann@ist.fraunhofer.de | Telefon: 0531 2155-503
Beschichtungstechnologien / Mikro- und Sensortechnologien / Entwicklung smarter Oberflächen / Entwicklung funktionaler Schichten und oberflächenintegrierter Dünnschichtsensoren



Highlights

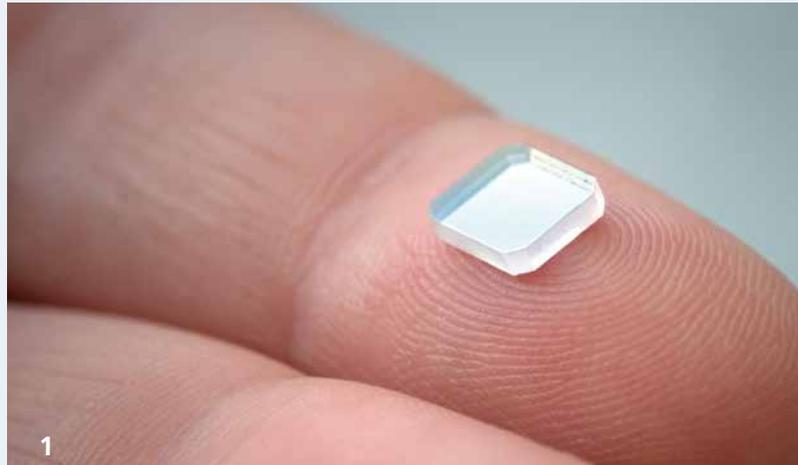
Technologie des Fraunhofer IST landet auf dem Mars

4. März 2021 / Am 18. Februar 2021 landete der NASA-Rover »Perseverance« erfolgreich auf dem Mars – mit dabei ein optischer Interferenzfilter aus dem Fraunhofer IST. Der 5 x 6 mm kleine Filter hilft dem Rover bei der Untersuchung des Staubs in der Atmosphäre des Planeten – und das unter den extremen Bedingungen.

Nach über einem halben Jahr und 472 Millionen Kilometern Reise ist der neue Mars-Rover »Perseverance« erfolgreich auf dem Mars gelandet und liefert seitdem spektakuläre Bilder des Nachbarplaneten. Das Ziel: Wichtige Erkenntnisse über etwaiges Leben auf dem Mars gewinnen. Dafür ist in dem eine Tonne schweren Rover umfangreiche, hochempfindliche Technik verbaut – auch aus Braunschweig.

Konkret befindet sich der optische Filter in einem optischen Sensor zur Staubcharakterisierung im »Mars Environmental Dynamics Analyzer«, kurz MEDA. Dieser führt Wettermessungen durch, u. a. werden Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit gemessen, aber auch Strahlung sowie Menge und Größe von Staubpartikeln in der Marsatmosphäre. Der MEDA soll im Zuge der Mission wesentlich dazu beitragen, die Erforschung des Mars durch Menschen vorzubereiten.

Hergestellt wurde der sogenannte Bandpassfilter mittels Magnetronspütern auf der EOSS®-Beschichtungsanlage am Fraunhofer IST. Um zu gewährleisten, dass die extrem dünnen Einzelschichten des Filters hochpräzise und homogen abgeschieden werden, wird das ebenfalls am Institut entwickelte optische Monitoring-System MOCCA® eingesetzt.



Interferenzfilter für die Mars-Mission.

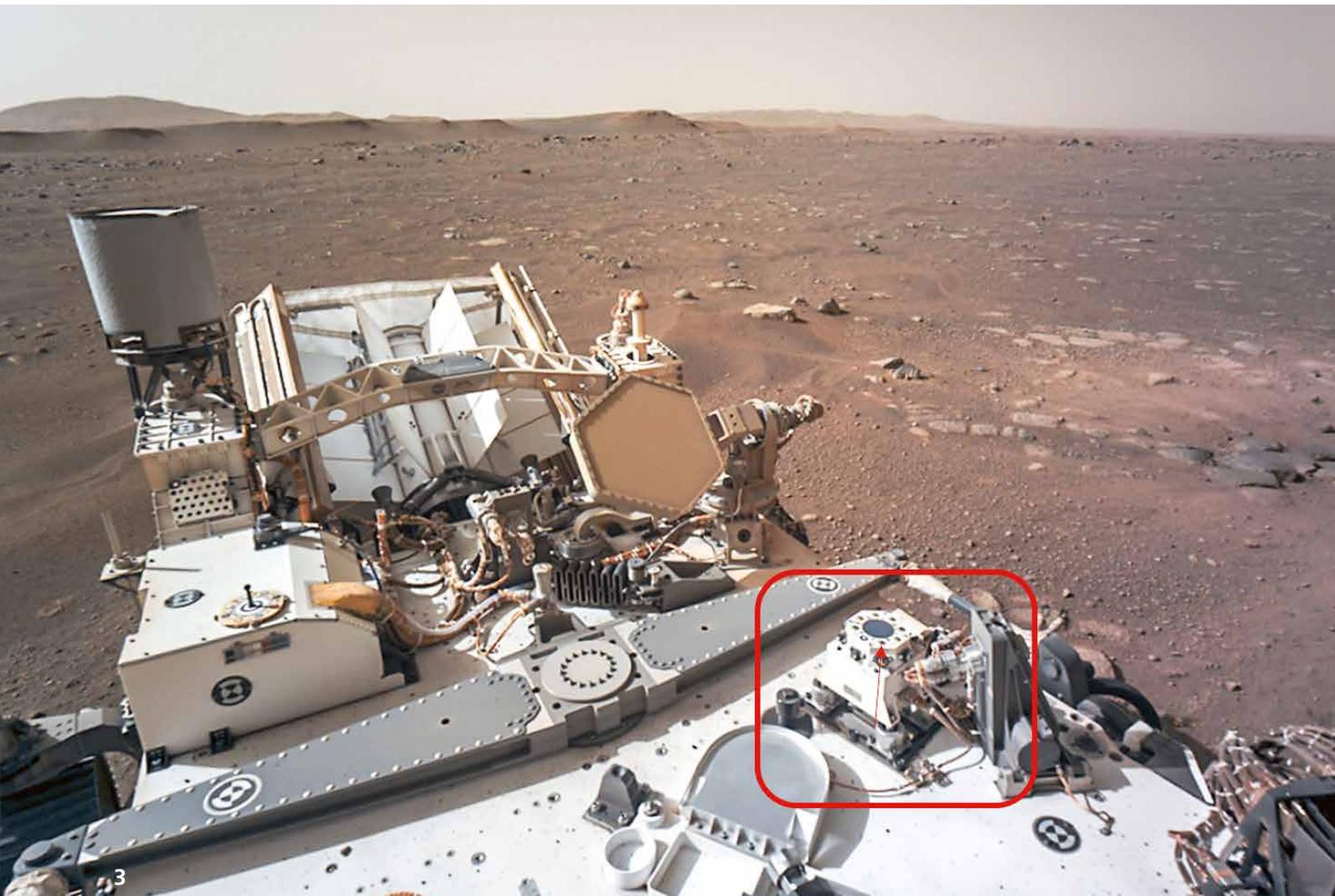


Aufsicht auf den Drehteller der EOSS®-Beschichtungsanlage von oben.

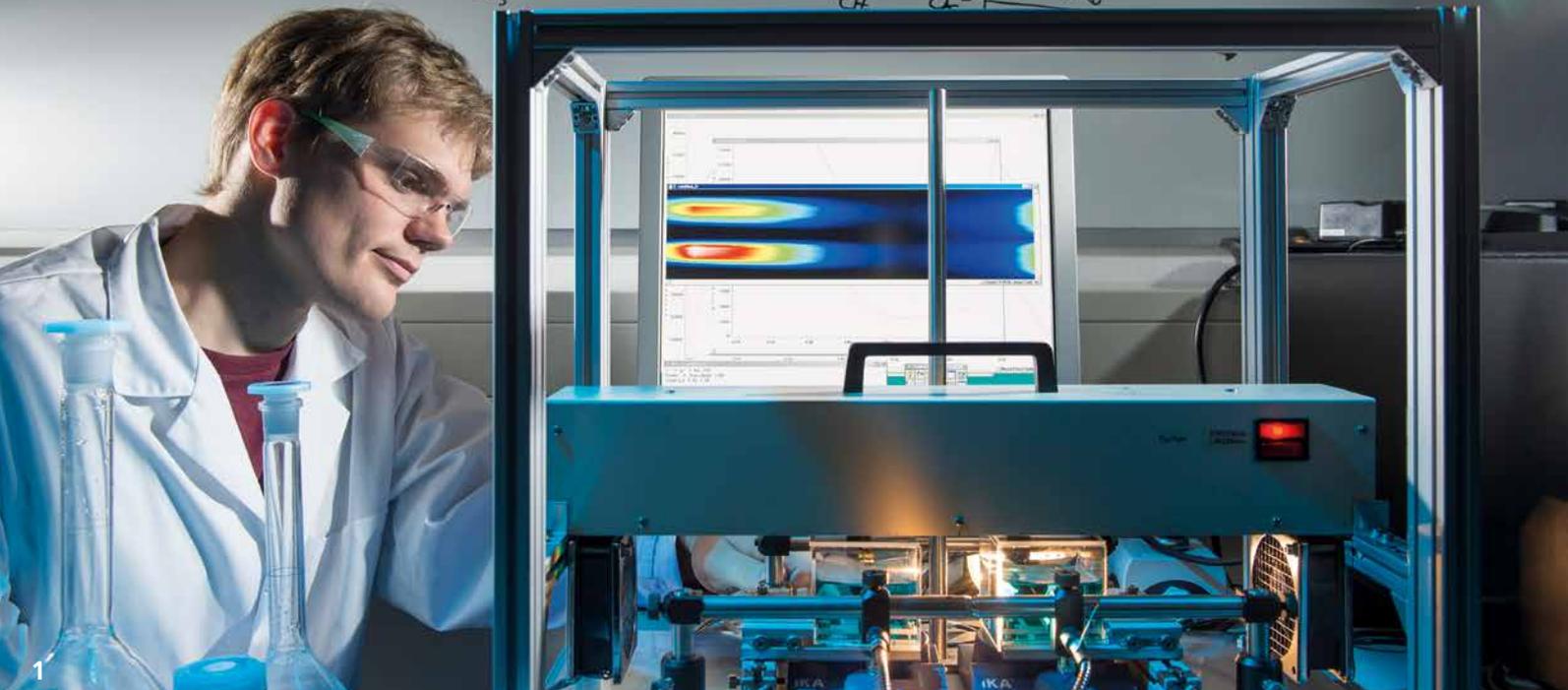
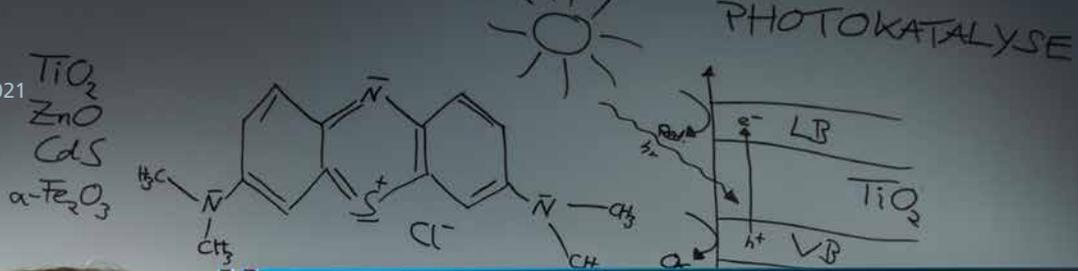


Für mich ist es etwas Besonderes, dass ein Messgerät in 470 Millionen Kilometern Entfernung auf dem Mars funktioniert, weil wir einen passenden optischen Filter dafür hergestellt haben.«

Dipl.-Phys. Stefan Bruns / Projektleiter



3
Der Interferenzfilter ist Bestandteil eines optischen Sensors zur Staubcharakterisierung im »Mars Environmental Dynamics Analyzer«, kurz MEDA. © Courtesy NASA / JPL-Caltech



Photokatalytische Prüfverfahren schaffen einen Mehrwert in der Anwendung.

Robust und anwendungsorientiert – Ein neuer Industriestandard zur Bestimmung der photokatalytischen Aktivität von Oberflächen

1. April 2021 / Alles sauber – fast ohne Putzen! Wer wünscht sich das nicht? Gerade im Sanitärbereich können selbstreinigende Keramik und Fliesen oder Gläser für Duschkabinen nicht nur eine erhebliche Erleichterung im Alltag bieten, sondern auch die Lebensdauer der Produkte erhöhen.

Erreicht wird dieser Selbstreinigungseffekt zum Beispiel durch den Einsatz photokatalytisch aktiver Materialien oder Oberflächenbeschichtungen. Um die photokatalytische Aktivität verschiedener Produkte vergleichen zu können, findet die Deutsche Industrienorm DIN 52980:2008 Anwendung, wobei der Nachweis der Selbstreinigungswirkung über den Abbau von Methylenblau erfolgt.

In der Vergangenheit kam es dabei 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. Gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung hat das Fraunhofer IST einen robusten und anwendungsnahen deutschen Industriestandard zur Charakterisierung der photokatalytischen Aktivität von Oberflächen entwickelt. Neben einem neuen Prüfverfahren für großformatige Proben wurden auch neue Prüfstandards entwickelt. Diese bestehen aus langzeitstabiler Keramik mit definiert abgestufter photokatalytischer Beschichtung, wurden charakterisiert und im Hinblick auf ihre Regenerierbarkeit untersucht.

Start des Leistungszentrums Medizin- und Pharmatechnologie in Norddeutschland



Patientenspezifische Implantate und Respirationssysteme sowie individualisierte Arzneimittelherstellung stehen im Fokus des Forschungs- und Innovationstransfers durch das Leistungszentrum Medizin- und Pharmatechnologie.

28. April 2021 / Den Innovationstransfer zu beschleunigen, haben sich die Fraunhofer-Leistungszentren auf die Fahnen geschrieben. Im März 2021 ist das Leistungszentrum Medizin- und Pharmatechnologie an den Start gegangen. Mit Fokus auf personalisierte Implantate und Respirationssysteme sowie individualisierte Arzneimittelherstellung ist es das Ziel, eine Plattform für die Forschung und den Innovationstransfer in die Patientenversorgung zu schaffen.

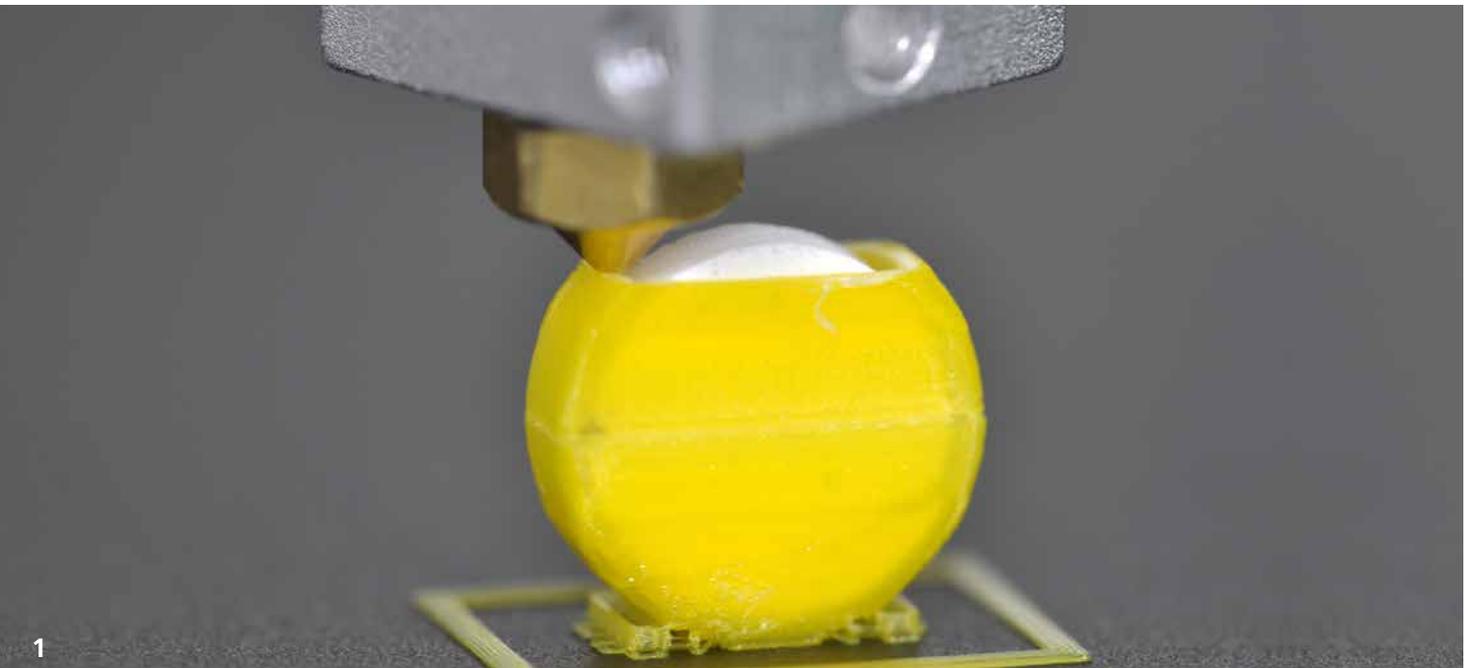
Unter der Federführung des Fraunhofer-Instituts für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM in Hannover haben sich das Fraunhofer IST in Braunschweig und die Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik IMTE in Lübeck zu dem Leistungszentrum Medizin- und Pharmatechnologie zusammengeschlossen.

In der gemeinsamen Transferinfrastruktur arbeiten die Partner zusammen, um zukünftig als norddeutscher Ansprechpartner auf den Gebieten der Medizin- und der Pharmatechnologie für externe Industrie- und Forschungspartner zu dienen. Dafür werden sogenannte Translationslabore eingerichtet, in denen wichtige Schritte der Verfahrens- und Produktentwicklung sowie der regulierten Produktprüfung erfolgen können.



Funktionalisierung von Wirk- und Hilfsstoffen mittels Plasmaverfahren für eine optimierte Herstellung individualisierter Arzneimittel.

Forschung aus Braunschweig ermöglicht innovative Arzneimittel



Einsatz von 3D-Druck für die Herstellung individualisierter Arzneimittel.

30. April 2021 / Braunschweig baut seine Stärken in der Herstellung individueller Arzneimittel weiter aus. Dafür bauen das Fraunhofer IST und das Zentrum für Pharmaverfahrenstechnik (PVZ) der Technischen Universität Braunschweig ein in Deutschland einzigartiges Translationslabor auf.

Die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt in Braunschweig mit einer halben Million Euro den Aufbau eines Translationslabors »Pharma- und Medizintechnikproduktion« als Teil des neuen niedersächsischen Leistungszentrums Medizin und Pharmatechnologie. Es entsteht eine gemeinsam nutzbare Infrastruktur für die individualisierte Arzneimittelproduktion mit dem Ziel, Forschungsergebnisse und Innovationen gemeinsam noch schneller in die Anwendung zu bringen sowie Partner als Innovationslotsen zu begleiten.

Ein Ziel der Forschung in der patientenzentrierten Medizin ist es, Tabletten oder Kapseln so zu gestalten, dass sie in kleinen Stückzahlen flexibel, d. h. individualisiert für einen Patienten oder eine kleine Patientengruppe, hergestellt werden können. Dies bringt hohe Anforderungen an die Herstellung mit sich. Verfahrens- und Fertigungstechnik aus Braunschweig soll dabei künftig eine wichtige Rolle spielen und mit der Expertise aus der Pharmazie kombiniert werden.

Das Fraunhofer IST wird in Kooperation mit dem PVZ u. a. neue Verfahren wie den 3D-Druck in Kombination mit innovativen Plasmasystemen und neuen Oberflächenbeschichtungen erforschen. Diese sollen Teil einer neuen modularen Prozesskette zur Herstellung von solchen individualisierten Arzneiformen werden.



Durch Anpassung der räumlichen Gegebenheiten und der Integration von zwei Nasszellen kann die Infektionsprävention in einem Zweibettzimmer deutlich verbessert werden. Realisiert wurde dies im KARMIN-Forschungsprojekt der TU Braunschweig, das als Forschungs- und Studienlabor künftig mit dem Fraunhofer IST und dem Städtischen Klinikum Braunschweig weiterentwickelt wird.

Patientenzimmer der Zukunft kommt nach Braunschweig

15. Juni 2021 / Architektur kann Infektionen im Krankenhaus verhindern. Wie das geht, zeigt das begehbare Modell eines neuartigen Patientenzimmers.

Entwickelt wurde dieses von einem Team aus den Bereichen Architektur, Medizin und Molekularbiologie im Forschungsprojekt KARMIN. Nachdem der Prototyp im vergangenen Jahr 2020 auf dem Gelände der Charité in Berlin der Öffentlichkeit vorgestellt wurde, soll das Patientenzimmer jetzt unter der Federführung des Instituts für Konstruktives Entwerfen, Industrie- und Gesundheitsbau (IKE) der TU Braunschweig, des Fraunhofer IST und des Städtischen Klinikums Braunschweig zu einem anwendungsorientierten Forschungs- und Studienlabor werden. Errichtet wird der Demonstrator auf einer Freifläche des Klinikums.



Funktionalisierte Oberflächen und automatisierte Reinigungssysteme haben das Potenzial, im Krankenhaus der Zukunft zum Game Changer zu werden.«

Prof. Dr. Michael Thomas / Leiter der Abteilung Grenzflächenchemie und adaptive Haftsysteme

Ausgezeichnete Forschung

Dr. Michael Thomas wird Honorarprofessor an der TU Braunschweig



Urkundenübergabe mit der kommissarischen Präsidentin Professorin Katja Koch (links), Professor Klaus Dröder (Dekan der Fakultät Maschinenbau) und Professor Christoph Herrmann (rechts).



Dr. Michael Thomas zum Honorarprofessor bestellt.

15. April 2021 / Dr. Michael Thomas, Abteilungsleiter am Fraunhofer IST, wurde am 14. April 2021 zum Honorarprofessor der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Braunschweig bestellt.

Die Fakultät würdigt damit sein Engagement als Lehrbeauftragter für die Mastervorlesungen »Analytik und Prüfung in der Oberflächentechnik (APO)«, »Oberflächentechnik mit Atmosphärendruck-Plasmaverfahren (OAP)« und »Ausgewählte Funktionsschichten (AFS)«. Seine Lehrtätigkeit stärkt die bisher schon intensive Zusammenarbeit des Fraunhofer IST mit den Forschungszentren der TU Braunschweig an der Schnittstelle zur angewandten Forschung.

Manfred Hirschvogel Preis geht an Dr.-Ing. Sabrina Zellmer

06. Oktober 2021 / Maßgeschneiderte Strukturen aus Nanopartikeln könnten zukünftig in vielen Anwendungsbereichen von großer Bedeutung sein. Wie gelingt es jedoch, diese zu stabilisieren?

Sabrina Zellmer beschäftigte sich im Rahmen ihrer Doktorarbeit am Institut für Partikeltechnik der TU Braunschweig mit dieser Fragestellung. Für ihre Forschung wurde die Leiterin der Abteilung Verfahrens- und Fertigungstechnik für nachhaltige Energiespeicher am Fraunhofer IST nun mit dem Manfred Hirschvogel Preis ausgezeichnet.



Dr.-Ing. Sabrina Zellmer (l.) und Prof. Dr.-Ing. Michael W. Gee von der Frank Hirschvogel Stiftung.



Der Preisträger Dr. Marvin Omelan.

Preis der Deutschen Kautschukindustrie geht an Dr. Marvin Omelan

08. Oktober 2021 / Im Rahmen der diesjährigen Mitgliederversammlung zeichnete der Arbeitgeberverband der Deutschen Kautschukindustrie (ADK) Dr. Marvin Omelan als einen der Jahrgangsbesten für seine Promotion im Bereich angewandter Polymerchemie an der Leibniz-Universität Hannover aus.

In seiner Arbeit am Deutschen Institut für Kautschuktechnologie e.V. (DIK) beschäftigte sich Omelan mit der Entwicklung von elektrisch hochleitfähigen Elastomerwerkstoffen mit geringer Härte, die u. a. für Anwendungen in der Medizintechnik von großer Bedeutung sind. Am Fraunhofer IST ist Dr. Marvin Omelan seit April 2021 in der Abteilung Grenzflächenchemie und adaptive Haftsysteime im Bereich Atmosphärendruck-Plasmaverfahren tätig.

Prof. Arno Kwade erhält Wissenschaftspreis Niedersachsen

19. November 2021 / Für seine Forschungsleistungen sowie sein gesellschaftliches Engagement wurde Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade mit dem Wissenschaftspreis Niedersachsen in der Kategorie Forschung ausgezeichnet.

Den mit 25000 Euro dotierten Preis erhielt er für seine Arbeit in den Bereichen Pharmaverfahrenstechnik sowie Batteriezellentechnologie und -produktion, mit der er u. a. einen großen Beitrag zur Entwicklung kostengünstiger und sicherer Energiespeicher geleistet und damit zur Umsetzung der Energiewende beigetragen hat.



Ausgezeichnet mit dem Wissenschaftspreis Niedersachsen 2021: Professor Arno Kwade.



SafeWaterAfrica – eine von 1000 Lösungen, die die Welt verändern. #1000solutions to change the world.



Rohwasserentnahmestelle des Demonstrators in Südafrika aus einem belasteten Fließgewässer.

SafeWaterAfrica: Nachhaltig, profitabel und jetzt auch ausgezeichnet

25. Juni 2021 / Nicht nur, dass das Projekt SafeWaterAfrica die Trinkwasserversorgung in Südafrika und Mosambik verbessert und die Umwelt schützt. Für die Technologien zur Wasseraufbereitung sind zuallererst afrikanische Unternehmen verantwortlich, die Wirtschaft und Beschäftigung in den jeweiligen Ländern stärken. Für diesen ökologischen und auch ökonomischen Erfolg ist das Projekt unter Federführung des Fraunhofer IST mit dem Solar Impulse Efficient Solution Label ausgezeichnet worden.

Pro Tag 20000 Liter Trinkwasser nach WHO-Standard

Das Projekt SafeWaterAfrica hat es möglich gemacht: In Südafrika und Mosambik können zwei Demonstratoranlagen aus dem Wasser von Flüssen täglich jeweils 10000 Liter Trinkwasser erzeugen – und das in einer Qualität, die dem Standard der Weltgesundheitsorganisation (WHO) entspricht. In der Nähe von Johannesburg sorgen seit September 2018 Solarzellen und Batterien für ein energieautarkes Wasseraufbereitungssystem, das sich aus verschiedenen Reinigungs- und Filterstufen zusammensetzt und den CO₂-Ausstoß senkt.



Wir freuen uns sehr über diese Auszeichnung. Die damit verbundene Öffentlichkeit möchten wir nutzen, um die Umsetzung vor Ort weiter voranzutreiben.«

Dr. Lothar Schäfer / Stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer IST und Koordinator von SafeWaterAfrica



Demonstrationsanlage in Südafrika: Gesamtansicht mit den Solarmodulen zur Versorgung mit dem benötigten Strom.



Elektrodeneinheiten im SafeWaterAfrica-System in Ressano Garcia, Mosambik.

Partner aus Afrika haben größten Anteil am Projekt

In dem Projekt, gefördert durch das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation Horizont 2020, hat eine Reihe von Partnern zusammengearbeitet. Der größte Teil von ihnen kommt aus Afrika. Nur zwei Schlüsseltechnologien der Wasseraufbereitungsanlage stammen aus Europa, darunter die Technologie des Fraunhofer IST. Die beiden Demonstratoren sind so ausgereift, dass sie in Zukunft in weiteren Ländern zum Einsatz kommen können und dort wirtschaftlich betrieben werden können. Dass SafeWaterAfrica sowohl für die Umwelt als auch für die Wirtschaft ein Gewinn ist, hat die Solar Impulse Foundation veranlasst, das Projekt mit dem Solar Impulse Efficient Solution Label auszuzeichnen. Die Schweizer Stiftung, gegründet von Umweltvisionär und Forscher Bertrand Piccard, honoriert effiziente technische Lösungen, die den Klimawandel nachhaltig bekämpfen und auch wirtschaftlich tragfähig sind.



Das Solar Impulse Efficient Solution Label dient als Auszeichnung für saubere und rentable Lösungen.

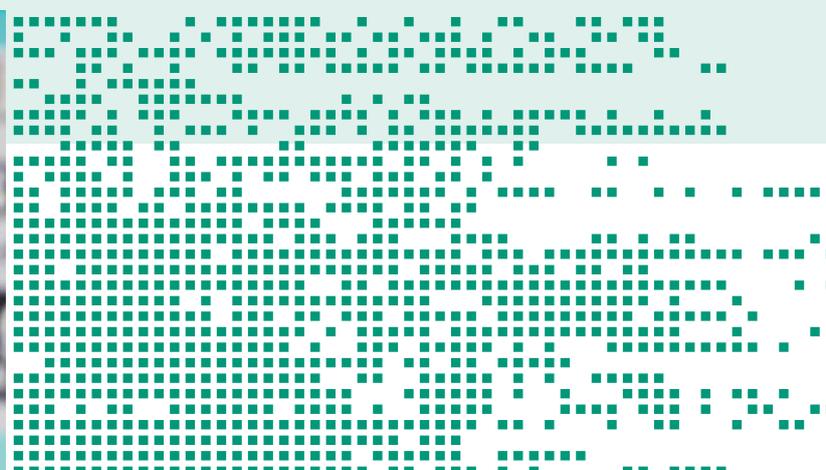
Im Fokus: Digitalisierung in der Oberflächentechnik

In der Oberflächentechnik nehmen sowohl die Qualitätsanforderungen als auch der Kostendruck stetig zu. Zusätzlich steigt – wie in einer vom BMWi in Auftrag gegebenen Studie festgestellt wurde – kontinuierlich die Komplexität der Produkte¹, wodurch auch die Anforderungen an die fachliche Expertise immer höher werden. Ein Ansatz, um die geforderte, äußerst umfangreiche Wissensbasis zumindest zum Teil bereitzustellen, sind digitale Zwillinge, in denen relevante Prozess- und Produkteigenschaften durch Simulationsmodelle repräsentiert sind. Bei einem echtzeitfähigen digitalen Zwilling besteht zudem die Möglichkeit, z. B. auf Produktionsschwankungen oder neue Produktanforderungen schnell und vorhersagbar zu reagieren.

Bisher basieren Simulationscodes vorwiegend auf phänomenologischen, d. h. physikalischen und/oder chemischen Modellen, in denen jedoch die Prozess- und Produkteigenschaften oft nur unvollständig wiedergegeben werden oder die einen erheblichen Rechenaufwand erfordern. Datengetriebene Modelle, die auf Kennfeldern oder Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) – insbesondere dem Deep Learning – basieren, umgehen diese Problematik.

Außerhalb der Oberflächentechnik werden KI-basierte Methoden bereits erfolgreich für Websuchen, Empfehlungssysteme, Bilderkennung, Spracherkennung und Textgenerierung eingesetzt. Um KI auch in der Oberflächentechnik einsetzen zu können, müssen produkt- und prozessübergreifende Datenbanken aufgebaut werden, indem Prozessdaten in-situ erfasst und die Ergebnisse nachgelagerter Proben- und Produktanalytik entsprechend eingebunden werden. Die Daten bilden die Grundlage für auf die spezifischen Produkte und Prozesse trainierte digitalen Zwillinge, bestehend aus einer Kombination vereinfachter physikbasierter Modelle mit KI-Methoden.

Mit den digitalen Zwillingen lassen sich die Produktionsprozesse modellbasiert regeln und optimieren sowie erforderliche Wartungen vorhersagen. Qualität, Durchsatz und Reproduzierbarkeit von Beschichtungsprozessen in der Oberflächentechnik können so verbessert und gleichzeitig der Einfluss auf die Umwelt verringert werden.



Die Visualisierung der Prozessdaten spielt eine zentrale Rolle bei der Digitalisierung.



2



Die digitale Transformation und insbesondere Ansätze der künstlichen Intelligenz sind Treiber für modulare, flexible und skalierbare Produktionssysteme und Gegenstand aktueller Arbeiten am Fraunhofer IST.»

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann / Institutsleiter



Mitarbeiter des Fraunhofer IST diskutieren die aktuellen Prozessparameter.

Umstrategie für ein Data-Mining-Projekt

Das CRISP-DM-Modell (Cross Industry Standard Process for Data Mining) ist ein Standardmodell für Data Mining, welches weit verbreitet, branchenübergreifend und öffentlich zugänglich ist. Dieses Modell wurde um 1996 von namhaften Unternehmen entwickelt und bietet eine sehr gute Möglichkeit, Data-Mining-Projekte sinnvoll abzubilden und abzuarbeiten. Das Modell, an dem wir uns auch in unseren Digitalisierungsprojekten am Fraunhofer IST orientieren, gliedert sich in sechs Phasen, wobei einzelne Prozessphasen auch wiederholt durchlaufen werden können. Im Folgenden werden die einzelnen Phasen kurz beschrieben und beispielhaft mit Projekten des Fraunhofer IST illustriert.



Eine zentrale Datenerfassung bietet die Chance, Daten auszuwerten und Korrelationen zu erkennen. Mit der Digitalisierung unserer Prozesse schaffen wir die Voraussetzungen für den Einsatz künstlicher Intelligenz.«

Dipl.-Phys. Holger Gerdes / Wissenschaftlicher Mitarbeiter





Phase 1: Geschäftsverständnis

Die erste Phase des CRISP-DM ist eine Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Abschließen des Projekts. In dieser Phase werden die Ziele und Anforderungen des Data Mining festgelegt. Hierbei sollte das Ziel »SMART« sein, d. h. »spezifisch, messbar, akzeptiert, realistisch und terminiert«. Nur so lässt sich auch nach Abschluss des Projekts feststellen, ob das Data Mining wirklich erfolgreich war.

Das Fraunhofer IST kann mit seiner jahrzehntelangen Erfahrung und den über 200 Mitarbeitenden auf eine ausgezeichnete Expertise im Bereich der Schicht- und Oberflächentechnik zurückblicken und hat bereits zahlreiche Digitalisierungsprojekte umgesetzt. Hierbei standen unterschiedlichste Fragestellungen im Vordergrund. Ein Beispiel ist die Integration von am Markt befindlichen Umgebungssensoren auf Basis von MQTT über WLAN zur Erfassung der Raumtemperatur, der Luftfeuchtigkeit und des Luftdrucks, um die genannten Parameter automatisiert in Datenbanken zu speichern und die Mitarbeitenden bei Unter- bzw. Überschreiten von Grenzwerten automatisiert per E-Mail zu informieren.

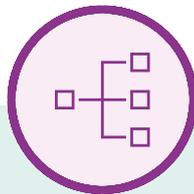
Die Datensicherung erfolgt dabei in zentralen Datenbanken, welche zusätzlich ergänzende Informationen z. B. über die Laborumgebungsbedingungen, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck enthalten. Des Weiteren werden am Fraunhofer IST Webseiten als Upload-Front-End für die Mitarbeiter zur Verfügung gestellt. Diese Upload-Seiten nehmen fast beliebige Dokumentformate entgegen und speichern diese in aufbereiteter Form ebenfalls in Datenbanken ab.



Phase 3: Datenaufbereitung

Nach Abschluss der ersten beiden Phasen ist sichergestellt, dass die Daten zum Projektziel passen und nun für den nachfolgenden Prozess aufbereitet werden können. Das Ziel der dritten Phase ist, einen Datensatz mit allen notwendigen, korrekt formatierten Werten der Modellierung zu übergeben. Hierzu müssen die oftmals unterschiedlichen Datenquellen zusammengeführt werden, Fehler in den Datensätzen geeignet korrigiert und falls notwendig neue Variablen entwickelt werden.

Am Fraunhofer IST wurden zu diesem Zweck beispielsweise Software-Tools entwickelt, die es ermöglichen, automatisiert große Mikroskopbilder in kleinere Einheiten zu teilen, in Helligkeit, Kontrast und Farbraum zu bearbeiten und darüber hinaus den Dateinamen mit Zusatzinformationen zu versehen. Bei Bedarf kann die Datenaufbereitung innerhalb von Datenbanken erfolgen. Dazu werden neue Tabellen angelegt, welche die agglomerierten Informationen enthalten.



Phase 2: Datenverständnis

In der zweiten Phase des Projekts erfolgt dann der Abgleich des Projektziels mit den vorhandenen Datensätzen. In dieser Phase soll entschieden werden, ob die Datenbestände ausreichen, um das Projektziel mit guten Erfolgsaussichten zu erreichen. Falls alle notwendigen Daten vorliegen, kann mit der nächsten Phase begonnen werden. Falls die Daten nicht ausreichend sind, muss entweder das Projektziel neu definiert werden oder die Daten müssen nachgetragen oder -erfasst werden.

Hierbei setzt das Fraunhofer IST unter anderem auf OPC-UA-Server zur Datenbereitstellung. Diese Server sind bei Anlagenneuanschaffungen bereits implementiert, aber auch schon erfolgreich in Bestandsanlagen nachträglich integriert worden. Sie ermöglichen eine automatisierte Erfassung und Sicherung der Prozessparameter.



Phase 4: Modellierung

In der Phase der Modellierung wird nach einer passenden Methode zur Lösung der Problemstellung gesucht. Die möglichen Methoden umfassen den Einsatz einfacher Statistik, semi-empirischer Modelle oder Machine-Learning-Algorithmen bis hin zu neuronalen Netzwerken.

Am Fraunhofer IST werden Machine-Learning-Algorithmen in Kooperation mit Partnern zur Vorhersage von Schichteigenschaften und Prozessparametern und neuronale Netzwerke in der Bilderkennung eingesetzt.



Phase 5: Evaluierung

In der Modellierungsphase wird ausschließlich das Modell getestet. In der Evaluierungsphase geht es darum, die gesamte Verarbeitungsroutine zu testen und zu klären, ob der Prozess von der Datenaufnahme über die Verarbeitung und Modellierung zuverlässig funktioniert. Diese sogenannten Pipelines sollten dabei auch robust gegenüber Fehlern wie dem Ausbleiben von Daten tolerant sein.



Phase 6: Bereitstellung

In der letzten Phase wird das Projekt in die Unternehmensprozesse integriert. Alle am Fraunhofer IST aufgesetzten Digitalisierungsprojekte sind in Docker-Containern aufbereitet und können somit sehr einfach auch auf andere Systeme portiert werden.

Glossar

Data Mining

Viele Prozesse in der Oberflächentechnik sind sehr komplex und Korrelationen zwischen unterschiedlichen Prozessparametern oftmals nicht direkt erkennbar. Data Mining unterstützt dabei, Trends und Zusammenhänge zu erkennen, indem es statistische Methoden auf die Datenbestände anwendet. Der Begriff »Daten-Abbau« ist dabei etwas irreführend, da es nicht um die Generierung der Daten selbst geht, sondern um einen Wissensgewinn.

MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) ist ein offenes Netzwerkprotokoll, welches für die Kommunikation zwischen Maschinen genutzt wird.

OPC-UA

Open Platform Communications Unified Architecture (OPC-UA) ist ein Industriestandard, um einen Datenaustausch plattformunabhängig zu realisieren.

Strukturierte und unstrukturierte Daten

Strukturierte Daten haben im Gegensatz zu unstrukturierten eine vordefinierte und formatierte Datenstruktur. Beispiele für strukturierte Daten sind Kreditkartennummern, Adressen, Barcodes und insbesondere relationale Datenbanken. Unstrukturierte Daten sind meist Texte wie E-Mails, Präsentationen, Berichte, Videos und Bilder.

Kontakt

Dipl.-Phys. Holger Gerdes
Telefon +49 531 2155-576
holger.gerdes@ist.fraunhofer.de

Unsere Kompetenzen entlang der gesamten Prozesskette





Verfahrens- und Fertigungstechnik für nachhaltige Energiespeicher

Die Energiewende ist zentral für eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft. Diese kann jedoch nur gelingen, wenn Technologien der Energieerzeugung, -wandlung und -speicherung noch effizienter, kostengünstiger und umweltfreundlicher gestaltet werden.

Die weiter fortschreitende Digitalisierung erlaubt es, komplexe Systeme wie Erzeugerverbünde, Energienetze oder industrielle und private Energieverbraucher intelligent miteinander zu vernetzen. Darüber hinaus führen die umfassende Elektrifizierung und Digitalisierung unserer Gesellschaft sowie der Klimawandel zu immer größeren Bedarfen an Energiespeichern. Die kostengünstige und nachhaltige Produktion von Energiespeichern ist somit ein wesentlicher Faktor für das Gelingen der Energiewende.

Künftige Generationen von Energiespeichern wie Festkörperbatterien (All Solid State Batteries, ASSB) sollen sowohl sicherer als auch leistungsfähiger sein als heutige Speichertechnologien. Um diese weiterzuentwickeln und zur industriellen Reife zu bringen, ist eine umfangreiche Forschung im Bereich von Materialien und Prozessen erforderlich.

Die Forschungsschwerpunkte des Fraunhofer IST in der Abteilung »Verfahrens- und Fertigungstechnik für nachhaltige Energiespeicher« liegen auf der Material- und Prozessentwicklung für recyclingfähige Energiespeicher sowie auf der Gestaltung des Fabriksystems zur Herstellung von Energiespeichern einschließlich Wasserstofftechnologien. Unsere Kernkompetenzen liegen hier in den Bereichen der ökonomischen und ökologischen Bewertung für Produktionssysteme sowie der Prozessoptimierung durch Multiskalensimulation und Prozessüberwachung für Energiespeichertechnologien.

Darüber hinaus wird eine ganzheitliche und nachhaltige Gestaltung des gesamten Lebenswegs von Energiespeichern im Sinne eines Life Cycle Managements angestrebt – von der Materialherstellung über die verschiedenen Produktionsstufen und die Nutzung bis hin zum Recycling.

Die Abteilung engagiert sich zudem gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IKTS und IFAM im Fraunhofer-Zentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS. Hier bündeln wir unsere Kompetenzen im Bereich der Entwicklung und Produktion von künftigen Batterietechnologien. Das gemeinsame Ziel ist es, mobile und stationäre Energiespeichersysteme an die industrielle Reife heranzuführen und vielversprechende Produktionsprozesse vom Labormaßstab bis zur Serienanwendung zu skalieren. Das ZESS arbeitet eng mit der Battery LabFactory Braunschweig (BLB) der TU Braunschweig zusammen.

Darüber hinaus ist die Abteilung am Wasserstoff Campus Salzgitter aktiv. Dort arbeiten wir gemeinsam mit unseren Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik an der Etablierung einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft. Unser Leistungsangebot umfasst sowohl die Entwicklung von Materialien und Prozessen für Elektrolyseure, Wasserstoffspeicher und Brennstoffzellen als auch die Planung der gesamten Energiewandlungskette für regionale Wasserstoffwirtschaftssysteme. Dabei modellieren wir technische Zusammenhänge und bewerten ökonomische sowie ökologische Konsequenzen.



Innovative Technologien und nachhaltige Prozessketten treiben den Fortschritt voran und ermöglichen, die Energie- und damit auch die Ressourceneffizienz als eine der wichtigsten Säulen der Energiewende voranzubringen.«

Dr.-Ing. Sabrina Zellmer / Abteilungsleiterin

Kontakt

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

Nachhaltige Fabrikssysteme und Life Cycle Engineering



Durch die aktive Planung und Gestaltung des Produktlebenszyklus von Energiespeichern, inklusive der damit verbundenen Produktionssysteme, unterstützen wir unsere Kunden bei Herausforderungen auf ihrem individuellen Weg in die Circular Economy.«

Nikolas Dilger M.Sc. / Gruppenleiter

Im Fokus der Arbeit im Bereich »Nachhaltige Fabrikssysteme« steht die ganzheitliche Gestaltung von Produktionssystemen für heutige und künftige Energiespeicher.

Unser Leistungsspektrum geht dabei weit über die Planung und Auslegung von Prozessen und Prozessketten hinaus und umfasst die Gestaltung der Gesamtfabrik vom Einzelprozess bis zum Fabrikdach unter Berücksichtigung vielfältiger und komplexer Wechselwirkungen zwischen Produkten, Prozessen, technischer Gebäudeausrüstung und Gebäude. Unsere Schwerpunkte liegen insbesondere auf Methoden der »digitalen Fabrik« wie der Simulation und dem Aufbau »digitaler Zwillinge« von Produkten und Prozessen.

Planung vom Prozess bis zum Fabrikdach

Gemeinsam mit unseren Partnern entwickeln wir digitale Modelle und Simulationen zur Planung nachhaltiger Fabrikssysteme. Unsere Ansätze unterstützen einen partizipativen Fabrikplanungsansatz, mit dem wir mit unseren Kunden die Transformation zum nachhaltigen Fabrikssystem von der Idee bis zur fertigen Fabrik begleiten.

Unsere Modelle schaffen Transparenz über diskrete und kontinuierliche Material-, Energie- und Stoffflüsse und validieren verschiedene Gestaltungs- und Betriebsszenarien für das kundenspezifische Fabrikssystem. Dabei werden sowohl technische Zusammenhänge modelliert als auch ökonomische und ökologische Konsequenzen bewertet. In diesem Kontext setzen wir einen besonderen Schwerpunkt auf die Minimierung der ökologischen Auswirkungen von Energiespeicherproduktionen und begleiten unsere Kunden bei der Planung großer Batteriezellfabriken von der ersten Idee über die Projektphasen der Fabrikplanung bis zur Umsetzung in die industrielle Praxis.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die bedarfsgerechte Planung dezentraler erneuerbarer Energieversorgung für Fabrikssysteme mit Hilfe von innovativen Energiespeichern auf der Basis von Batterie- und Wasserstofftechnologien. Gemeinsam mit unseren Kunden identifizieren wir Potenziale, entwickeln gemäß ihrer Fabrik Gestaltungs- und Betriebsszenarien und unterstützen mit technischen, ökonomischen und ökologischen Analysen den Entscheidungsprozess.



Illustration einer ganzheitlichen Planung der Batteriezellproduktion.



2

Neubau für das Fraunhofer-Zentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS.

Unser Methodenbaukasten des Life Cycle Managements

Um kontinuierliche Verbesserungen entlang des Produktlebenszyklus zu erzielen, erfordern nachhaltige Lösungen ein professionelles Life Cycle Management. In diesem Bereich bieten wir unseren Kunden und Partnern eine Begleitung über den gesamten Produktlebenszyklus von der Materialherstellung bis zum Recycling an. Unter Einsatz von Methoden wie »Life Cycle Assessment« und »Life Cycle Costing« führen wir technisch-ökonomisch-ökologische Analysen von Produkten und Systemen durch und berücksichtigen dabei auch die Versorgungssicherheit sowie soziale Aspekte. Werkzeuge wie das »Integrated Computational Life Cycle Engineering« ermöglichen dabei eine hoch automatisierte Bewertung von Handlungsoptionen, z. B. im Produktentstehungsprozess oder in der Fabrikplanung. Durch den ganzheitlichen Ansatz des Life Cycle Managements lassen sich neue Produkte bereits in frühen Entwicklungsphasen bewerten. So können technologische, ökonomische, ökologische sowie soziale Chancen und Risiken rechtzeitig erkannt und gegeneinander abgewogen werden. Als Partner der angewandten Forschung unterstützen wir Sie bei der aktiven Gestaltung des Produktlebenszyklus nach dem Leitbild der Nachhaltigkeit und begleiten Sie auf Ihrem Weg in die Circular Economy.



Sichere Zellfertigung mit Gloveboxen im neuen Technikum.

Kontakt

Christoph Imdahl M.Sc.
 Gruppenleiter
 Telefon +49 531 2155-669
christoph.imdahl@ist.fraunhofer.de

Nikolas Dilger M.Sc.
 Gruppenleiter
 Telefon +49 531 2155-660
nikolas.dilger@ist.fraunhofer.de

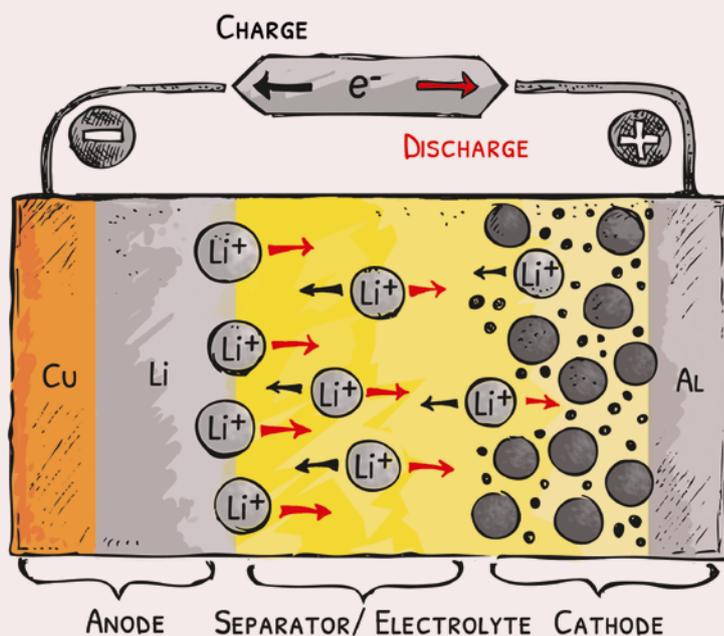
Material- und Prozessentwicklung

Voraussetzungen für eine erfolgreiche Energiewende sind nicht nur innovative Materialien für nachhaltige Energiespeicher, sondern auch geeignete Produktionsprozesse. Eine besondere Herausforderung ist dabei die Aufskalierung der Prozesse in einen industriellen Maßstab.

Für unsere Kunden und Partner produzieren, funktionalisieren und konditionieren wir neuartige Batteriematerialien wie Festelektrolyte, Aktivmaterialien und Lithium-Metall-Anoden. Die zugehörigen Produktionsprozesse skalieren wir vom Labor- in den Pilotmaßstab. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Charakterisierung von Materialien und Zwischenprodukten entlang der Prozesskette mittels verschiedener analytischer Verfahren. Darüber hinaus werden unsere experimentellen Untersuchungen durch Simulation und Modellierung unterstützt. Hier fokussieren wir uns vor allem auf das wissenschaftliche und anwendungsorientierte Verständnis hinsichtlich relevanter Zusammenhänge auf Partikel- und Zellebene mit Hilfe numerischer Analysemethoden.

» Für eine nachhaltige Batteriezellproduktion entwickeln wir für unsere Kunden effiziente und skalierbare Herstellungsprozesse für Materialien und Komponenten und binden dabei essentielle Simulations- und Modellierungstools ein.«

Dr.-Ing. Jutta Hesselbach / Gruppenleiterin



Aufbau und Funktionsprinzip einer Lithium-Ionen-Festkörperbatterie.

Kontakt

Dr.-Ing. Jutta Hesselbach
 Gruppenleiterin
 Telefon +49 531 2155-613
jutta.hesselbach@ist.fraunhofer.de

Clara Sangrós
 Gruppenleiterin
 Telefon +49 151 6345 8522
clara.sangros@ist.fraunhofer.de

Automatisierte Prozessketten für die zirkuläre Produktion

Zur Steigerung der Nachhaltigkeit von Energiespeichern und -wandlern müssen Materialkreisläufe mit produktionstechnischen Ansätzen geschlossen werden. Die zirkuläre Produktion muss daher auf der Systemebene ansetzen und Prozessketten darauf ausrichten, Materialien effizient im Kreislauf zu halten.

In diesem Kontext entwickeln wir mit unseren Partnern Automatisierungslösungen und Prozessketten für nachhaltige Komponenten und Systeme im Bereich der Energiespeicher und -wandler. Das Anwendungsspektrum erstreckt sich von Speichertechnologien für Wasserstoff, Komponenten von Brennstoffzellensystemen und Balance-of-Plant-Komponenten bis hin zu Batteriesystemen.

Ausblick – das erwartet Sie!

Als Bindeglied zwischen Forschung und Industrie streben wir zur Erreichung der gesellschaftlich geforderten und notwendigen Klimaziele eine fortlaufende Vernetzung zwischen Politik, Industrie und Forschungsinstitutionen an. Durch den Ausbau unseres Forschungszentrums ZESS und des Wasserstoff Campus Salzgitter sind die ersten Meilensteine für die skalierbare zirkuläre Produktion nachhaltiger Energiespeicher gelegt. Auf diesem Weg der Transformation unterstützen wir die Wirtschaft mit individuell maßgeschneiderten Seminar- und Qualifizierungsangeboten.

»» **Durch die Umstellung konventioneller Produktionsprozesse auf automatisierte Prozessketten kann der Ressourcenbedarf maßgeblich gesenkt werden, was zu einer Steigerung der Nachhaltigkeit führt.«**

Dr.-Ing. Jan Beuscher / Chief Scientist



1

Innenbeschichtung eines Wasserstofftanks.

Kontakt

Dr.-Ing. Jan Beuscher
 Chief Scientist
 Telefon +49 531 2155-663
jan.beuscher@ist.fraunhofer.de

Transformation des Industriestandorts Salzgitter mit grünen Wasserstofftechnologien

Am Wasserstoff Campus Salzgitter betreibt ein breites Bündnis aus der Industrie – die Salzgitter AG, MAN Energy Solutions, Robert Bosch Elektronik, Alstom Transport Deutschland sowie die WEVG Salzgitter – gemeinsam mit kommunalen Partnern – dem Amt für regionale Landesentwicklung, der Stadt Salzgitter – sowie der Allianz für die Region und dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST anwendungsorientierte Forschung an Geschäftsmodellen entlang der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette mit Fokus auf der Defossilisierung des industriellen Sektors. Neben der Bearbeitung von Projekten ist das Ziel des Campus, die Forschungsergebnisse in Beratungs-, Aus- und Weiterbildungsangebote für die universitäre und handwerkliche Ausbildung zu überführen und sie an einer realen Wasserstoffinfrastruktur praktisch zu erproben und zu demonstrieren.



Die Partner des Wasserstoff Campus Salzgitter.

Die fachliche Arbeit am Wasserstoff Campus Salzgitter

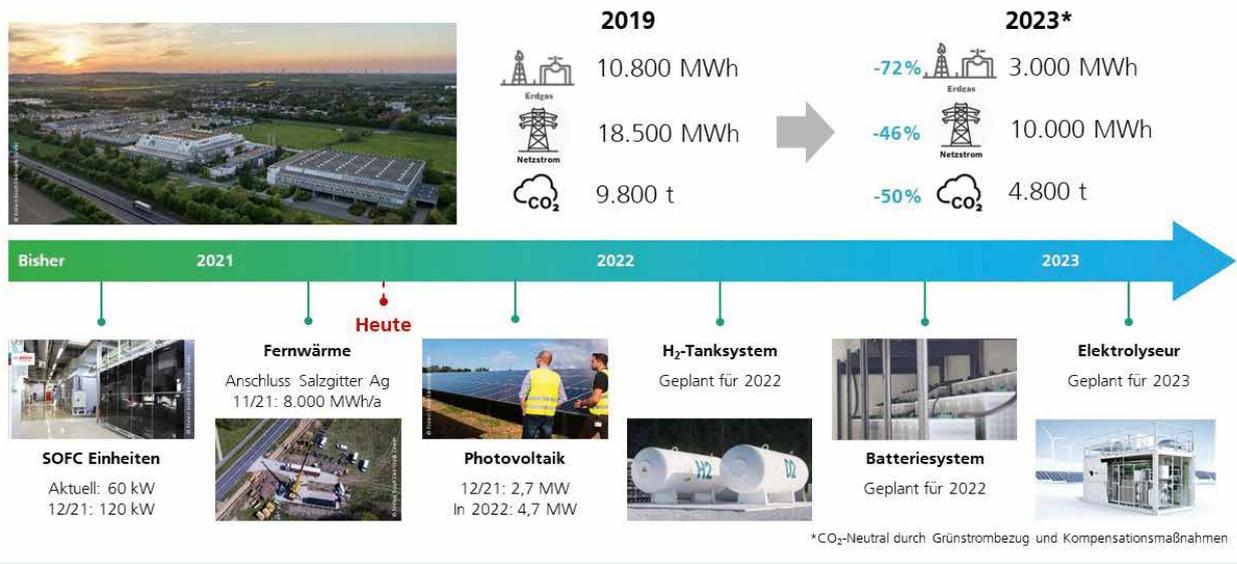
Zu Beginn des Jahres 2021 starteten am Wasserstoff Campus Salzgitter gleich vier Projekte. Bei diesen geht es um die Defossilisierung von Fabrikssystemen, ein Konzept zur Versorgung der Region Salzgitter mit grünem Wasserstoff, die Entwicklung von Stahltanks für Transport und Lagerung des Energieträgers sowie die Etablierung eines übergeordneten Innovationsverbunds. Das Land Niedersachsen und die Stadt Salzgitter unterstützen die Projekte mit circa fünf Millionen Euro aus dem Strukturhilfeprogramm.

Das vorrangige Ziel des Campus ist es, innovative Lösungen für einen CO₂-neutralen Industriestandort Salzgitter zu entwickeln und den Campus durch den Aufbau einer Demonstrationsinfrastruktur sowie die Entwicklung von Beratungs-, Aus-, Fort- und Weiterbildungsangeboten zu festigen.

Erprobung der Defossilisierung des industriellen Sektors an realer Wasserstoffinfrastruktur

Im Projekt »Fabriktransformation« wird eine Blaupause für die Defossilisierung von Fabrikssystemen von der Planung bis zum Anlagenbetrieb entwickelt. Mit Hilfe eines vom Fraunhofer IST hergestellten digitalen Fabrikabbilds werden Gestaltungs- und Betriebsszenarien von Wasserstofftechnologien technisch, ökonomisch und ökologisch evaluiert und somit Bewertungsgrundlagen für die Investition in neue Wasserstoffinfrastruktur geschaffen. Im Zuge der Untersuchungen sind in der Pilotfabrik der Robert Bosch Elektronik GmbH zusätzlich fünf Millionen Euro in neue Infrastruktur, insbesondere in Photovoltaikanlagen, Fernwärme und Brennstoffzellensysteme, investiert worden. Hiermit wurde speziell das Potenzial zur CO₂-neutralen Bereitstellung von Strom und Wärme erhöht. In den kommenden Jahren werden mit weiteren Investitionen zusätzliche Elemente wie Batteriespeicher oder Elektrolyse- und Tanksysteme für Wasserstoff integriert, um die CO₂-Emissionen der Pilotfabrik um 50 Prozent, also um 5000 Tonnen CO₂, zu reduzieren.

Roadmap für CO₂-Einsparungen und Infrastruktur



2

Mit den Maßnahmen können die CO₂-Emissionen der Pilotfabrik bis 2023 um 50 Prozent reduziert werden.

Voraussetzungen für den Transformationsprozess zur CO₂-armen Industrie

Auf Grundlage des entwickelten Fabrikmodells und anhand der demonstrierten CO₂-Einsparpotenziale aus der Pilotfabrik Bosch Salzgitter ist es möglich, die Auslegung weiterer Fabrikssysteme in unterschiedlichen Anwendungsbereichen umzusetzen, sodass mittels Skalierung über den industriellen Sektor signifikante Einspareffekte generierbar sind. Die Identifizierung von nachhaltigen Geschäftsmodellen für einzelne Wasserstofftechnologien im Fabriksystem unter den heutigen Randbedingungen ermöglicht die frühzeitige Etablierung eines Markts und schafft somit gute Bedingungen für die System- und Komponentenentwicklung in Deutschland. Das Projekt demonstriert, wie die Defossilisierung des industriellen Sektors mit dem Einsatz von erneuerbarer Energie und Energiespeichern, im konkreten Fall Wasserstoff und Batterien, durch generische Ansätze aus der Forschung zusammen mit praktischem Know-how aus der Industrie gelingen kann.

Ausblick

Im Jahr 2022 sollen weitere Projekte am Wasserstoff Campus Salzgitter angesiedelt werden, die sich u. a. mit der Herstellung und dem Recycling von Brennstoffzellen, der Fertigung von Elektrolyseuren, der Energieflexibilisierung sowie der Auslegung von Tanksystemen beschäftigen. Ein weiterer wichtiger Eckpfeiler ist die Erweiterung um Aus-, Fort- und Weiterbildungsangebote. In diesem Kontext wird am Campus Anfang des zweiten Quartals zusammen mit der Fraunhofer Academy und weiteren Campus-Partnern eine Grundlagenschulung zum Thema Wasserstoffwirtschaft und Wasserstofftechnologien angeboten.

Das Projekt

Das Projekt »Fabriktransformation« wird vom Land Niedersachsen und der Stadt Salzgitter gefördert.



Kontakt

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

Christoph Imdahl M.Sc.
Telefon +49 531 2155-669
christoph.imdahl@ist.fraunhofer.de

Tribologie und Sensorik

Reibung, Verschleiß und Korrosion verursachen allein in Deutschland jedes Jahr Kosten in Milliardenhöhe. Die Entwicklung langlebiger, leistungs- und widerstandsfähiger Tribosysteme mit Hilfe von Oberflächenveredelungen ist ein Schlüsselfaktor, um Kosten einzusparen und Umweltbelastungen zu verringern. Dünne, hochbelastbare Sensorschichten ermöglichen die gezielte Überwachung solcher Tribosysteme, reduzieren dadurch das Ausfallrisiko und schützen so Mensch und Umwelt.

Robust und leistungsfähig – das sind Anforderungen, die sowohl im Anlagen- und Maschinenbau als auch im Fahrzeug- und Werkzeugbau immer wieder gestellt werden. Oft sind Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen, abgestimmt auf die eingesetzten Werkstoffe und Anwendungsbedingungen, die einzige Möglichkeit, die anspruchsvollen Ziele zu erreichen.

Um den steigenden Anforderungen an tribologische Systeme gerecht zu werden, setzt das Fraunhofer IST auf Werkstoffverbunde aus verschiedensten Werkstoffen und materialspezifischer Oberflächenveredelung. Die Oberflächentechnik bietet dabei neue Ansätze zur konstruktiven Gestaltung von Komponenten, erlaubt den Einsatz anderer Werkstoffe oder auch den Verzicht auf Schmierstoffe oder Trennmittel.

Ausgehend von einer detaillierten Systemanalyse entwickeln wir angepasste Werkstoff- und Oberflächendesigns für unsere Kunden. Dazu setzen wir verschiedenste Beschichtungs- und Behandlungstechnologien sowie Schichtmaterialien ein, die mit Hilfe unterschiedlicher Testmethoden anwendungsnah bewertet werden können. Auch komplexe Anforderungsprofile lassen sich so gezielt erfüllen.

Die Überwachung von Komponenten, Werkzeugen und kompletten Fertigungsprozessen ist für eine nachhaltige Produktion und Produktnutzung eine grundlegende Voraussetzung. Insbesondere auch an hochbelasteten Kontaktstellen können sensorische Funktionsschichten online vielfältige Informationen liefern, die gezielt zur Überwachung oder Steuerung von Prozessen genutzt werden können.

Am Fraunhofer IST arbeiten wir aber nicht nur an anwendungs- und kundenspezifischen Lösungen für zahlreiche Branchen, sondern entwickeln hierfür auch wirtschaftliche, flexible Produktionssysteme. So erhalten unsere Kunden eine auf ihre spezifischen Bedarfe abgestimmte Produktionskette zur nachhaltigen, serientauglichen Umsetzung der entwickelten Tribosystem- und Sensorlösungen.



Oberflächen sind der Schlüssel zu intelligenten und effizienten Tribosystemen.«

Dr.-Ing. Jochen Brand / Abteilungsleiter

Kontakt

Dr.-Ing. Jochen Brand
Abteilungsleiter
Telefon +49 531 2155-600
jochen.brand@ist.fraunhofer.de

Tribologische Systeme



Applikationsangepasste Beschichtungen und Oberflächen steigern die Leistungsfähigkeit von Werkzeugen oder Bauteilen und verbessern die Energieeffizienz in tribologischen Systemen.«

Dr.-Ing. Martin Keunecke / Gruppenleiter

Die Minimierung von Reibung und Verschleiß ist bei vielen Werkzeugen und Bauteilen eine zentrale Herausforderung. Die tribologischen Eigenschaften beeinflussen maßgeblich Lebensdauer und Nachhaltigkeit von Produkt- und den zugehörigen Produktionssystemen.

Am Fraunhofer IST optimieren wir die Oberflächeneigenschaften von Werkzeugen und Bauteilen mit Blick auf ihre tribologische Wirkung. Durch Betrachtung der Prozesskette und der Systemeigenschaften lassen sich in vielen Fällen die Lebensdauer erhöhen und die Nachhaltigkeit verbessern.

Insbesondere das Belastungskollektiv in der Anwendung, aber auch Material, Fertigungsverfahren, Oberflächentopografie, Vor- und Nachbehandlung sowie Reinigungsverfahren sind wichtige Einflussgrößen für die Funktion und für eine anwendungsgerechte Auslegung von Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen. Mit unserer Kompetenz in den Bereichen Schichtherstellung, Qualitätssicherung, Schichtanwendung, Verschleiß- und Funktionsbeurteilung für Werkzeuge und Bauteile können wir ein breites Spektrum von Schichtklassen sowie Randzonen- und Oberflächenmodifikationen realisieren. Um ein optimales Oberflächendesign zu ermöglichen, führen wir ergänzend Labortests und spezifische Modellversuche durch. Indem wir das gesamte tribologische System, das Applikationsprofil und die vollständige Prozesskette bei der Auslegung der Beschichtung berücksichtigen, können wir Oberflächen in kundenspezifischen Anwendungen im Hinblick auf die Belastung optimieren und gestalten.



Handstrahlanlage für verschiedenste Strahlmittel.



Verschiedene Oberflächentopografien und Haftstoffschichten der Prozesskette.



Kontakt

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

Flexible Produktionssysteme

Zunehmend erwarten Kunden, dass Produkte genau auf ihre individuellen Bedürfnisse zugeschnitten sind. Für die Produktion bedeutet das eine höhere Variantenvielfalt mit geringeren Losgrößen bis hin zu vollständig individualisierten Produkten. Diese steigende Komplexität in Bezug auf die Produkte, aber auch schwankende Qualitäten der Roh- und Hilfsstoffe oder Halbfabrikate stellen erhöhte Anforderungen an die Flexibilität von Produktionssystemen.

Am Fraunhofer IST bauen wir ein modulares Produktionssystem mit dem Ziel, unterschiedliche Schichtsysteme mit hoher Variantenzahl herzustellen. Ein Anwendungsbereich ist die Fertigung von in der Abteilung entwickelten Dünnschichtsenoren. Das Ziel ist es, Oberflächentechnik für eine Vielzahl von Anwendungen in unterschiedlichen Branchen zugänglich zu machen, indem Einfahrzeiten verkürzt und Kosten verringert werden. Über die notwendige Anpassung der Kernprozesse hinaus betrachten wir Unterstützungsprozesse und überführen diese in ein automatisierbares Gesamtsystem. Hierbei beantworten wir unter anderem Fragen der Planung und Steuerung, Logistik und Ergonomie und erarbeiten technologieübergreifende Lösungen für multifunktionale Bauteile.

Planung eines flexiblen Produktionssystems für die Beschichtungstechnik.



Mit dem Aufbau einer flexiblen Produktion arbeiten wir daran, eine wirtschaftliche Herstellung von komplexen Schichtsystemen in hoher Qualität auch bei Stückzahlvarianzen zu ermöglichen.«

Dr.-Ing. Torben Seemann / Gruppenleiter

Kontakt

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

Erfolgsfaktor Oberflächenreinigung – Reinigung 4.0

Die Reinigung von Oberflächen ist im Kontext einer nachfolgenden Beschichtung ein essentieller Prozessschritt, der den Erfolg des Veredelungsprozesses entscheidend beeinflusst. Eine lückenlose Dokumentation aller relevanten Prozess- und Anlagendaten sowie die Sicherung in einem Datawarehouse liefern neue Möglichkeiten und Ansätze zur Optimierung der vorhandenen Reinigungsprozesse und der Anlagentechnik. Am Fraunhofer IST wurde daher die Mehrkammeranlage für die wässrige Reinigung und Vorbehandlung von Bauteilen digitalisiert und ist nun in der Lage, den Reinigungsprozess automatisiert zu dokumentieren.



Mehrkammeranlage für die wässrige Reinigung am Fraunhofer IST mit hoher Reproduzierbarkeit und Flexibilität bezüglich der zu reinigenden Materialien.

Aufbau der Infrastruktur für die Digitalisierung

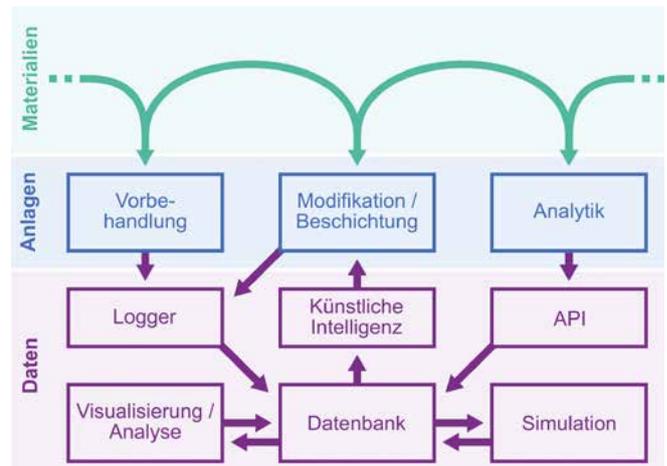
Die wesentliche Herausforderung bei der Digitalisierung verschiedenster Anlagen ist der Aufbau einer verallgemeinerten und hochskalierbaren Infrastruktur, bestehend aus Datenloggern, Datenbanken, Dashboards und Schnittstellen für Datenanalytik. Zur Einbindung der Reinigungsanlage am Fraunhofer IST wurde deren Steuerung erneuert und Netzwerkschnittstellen wurden implementiert. Damit können nun alle Anlagen- und Prozessparameter in Echtzeit erfasst werden und stehen für datenanalytische Untersuchungen langfristig zur Verfügung.

Lösungsansatz

Gemeinsam mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) der Technischen Universität Braunschweig wurde eine solche Infrastruktur aufgebaut und in Betrieb genommen. Zusätzlich wurden in dem Reinigungslabor fünf Umgebungssensoren installiert, um auch Daten der Raumumgebung wie zum Beispiel Temperatur und Luftfeuchtigkeit, der Anlage aufzunehmen, und so mögliche Einflüsse der Umgebungsbedingungen auf das Reinigungsergebnis untersuchen zu können.

Anpassung und Transfer auf kundenspezifische Anlagen und Systeme

Das Ziel des Projekts ist der Ausbau bestehender Anlagen zu cyber-physischen Systemen. Dabei dient die Reinigungsanlage als erster Demonstrator. Die Sammlung aller relevanten Systemdaten bietet das Potenzial, die Anlage sowie die einzelnen Prozessschritte hinsichtlich ihres Ressourcenverbrauchs in Bezug auf Energie und Material zu optimieren und die Beschichtungs- bzw. Reinigungsprozesse effizienter und robuster zu gestalten. Das Gesamtziel der Digitalisierung der Reinigungsanlage ist eine Erhöhung der Robustheit und Präzision der Prozesse bei gleichzeitiger Reduzierung des Ressourcenverbrauchs.



Gliederung der Prozess- und Materialdatenverarbeitung.

Des Weiteren kann das entwickelte Konzept auch auf Anlagen und (Mess-)Geräte übertragen werden, die ebenfalls digitalisiert werden sollen, um deren Daten zur Visualisierung und dem Aufbau von digitalen Zwillingen zu nutzen.

Ausblick

Das Projekt liefert die Grundlagen für die Digitalisierung aller relevanten Prozesse, die innerhalb der Prozesskette der Oberflächentechnik eine Rolle spielen und ist damit ein wesentlicher Baustein in der Digitalisierungsstrategie des Instituts. Die Einbindung weiterer Prozesse ermöglicht die digitale Abbildung der gesamten Prozesskette als digitaler Zwilling und erlaubt die effiziente Auslegung von Prozessen und deren Verknüpfung bis hin zu kompletten Produktionsszenarien auf der digitalen Ebene.



Kontakt

Dipl.-Ing. Helge Thomsen
 Telefon +49 531 2155-533
 helge.thomsen@ist.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Holger Gerdes
 Telefon +49 531 2155-576
 holger.gerdes@ist.fraunhofer.de

Werkzeugbeschichtungen zum Schneiden von Faserverbundkunststoffen

Um das Potenzial neuer Leichtbaukonzepte ausschöpfen zu können, müssen Bauteile aus Faserverbundkunststoffen (FVK) wirtschaftlich bearbeitet und produziert werden. Die hohe Effizienz des Scherschneidens ist für eine Hochvolumenproduktion alternativlos. In diesem Projekt wurden Grundlagen für die wirtschaftliche Verarbeitung von Faserverbundmaterialien mittels Scherschneidverfahren durch die Entwicklung geeigneter Werkzeugbeschichtungen, Werkzeuggeometrien und Prozessparameter erarbeitet. Dabei standen insbesondere die Qualität und eine lange Werkzeugstandzeit im Fokus.

Herausforderungen beim Scherschneiden von FVK

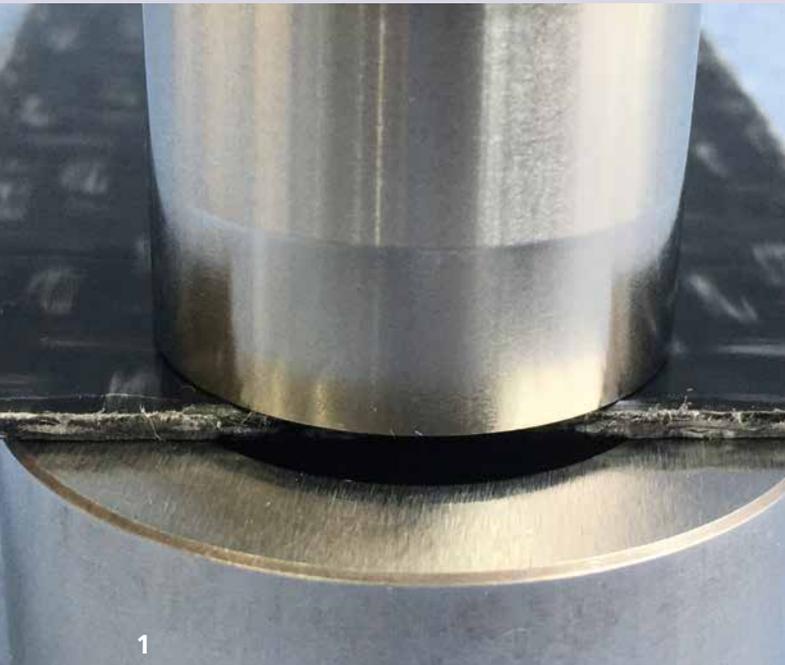
Aktivteile für Scherschneidprozesse sind aktuell für die Blechbearbeitung optimiert und neigen beim Scherschneiden von FVK-Materialien zu hohem Werkzeugverschleiß sowie schlechter Schnittqualität wie z. B. in Form von Faserauszügen oder Delamination. Die komplexen Kombinationen aus verschiedenen Matrix-Kunststoffen mit beispielsweise festen (Kohlefasern, CF) oder abrasiven (Glasfasern, GF) Fasern, verschiedenen Faseranteilen und Faserrichtungen stellen weitere Herausforderungen für Aktivteile hinsichtlich Material, Beschichtung, Werkzeuggeometrie und Schneidprozessparameter von Organoblechmaterial oder Tape dar.

Lösungsansatz und Ergebnisse

Um geeignete Werkzeugbeschichtungen, Nitrierungen, Werkzeuggeometrien und Schneidprozessparameter bestimmen zu können, wurden diese in verschiedenen Ausführungen untersucht, getestet und miteinander verglichen. Durch Messungen an unterschiedlich beschichteten Oberflächen und die Bestimmung des tribologischen Verhaltens gegen FVK, des Verschleißverhaltens sowie der Bauteilqualität bzw. Trenngüte in Schneidtests konnten Eigenschafts-/Parameter-Korrelationen und Empfehlungen abgeleitet werden.

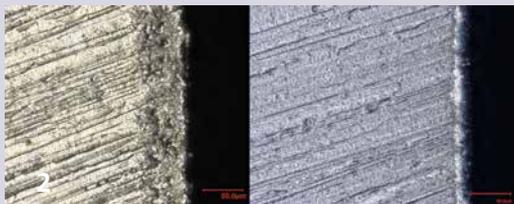
Mit applikationsangepassten beschichteten Aktivteilen konnten Leistungssteigerungen wie z.B. eine Verschleißreduktion um ca. 70 Prozent erzielt werden. Darüber hinaus ergaben die Untersuchungen, dass ziehende Schnitte wie beispielsweise Schrägschnitte mit geringem Keilwinkel sowie kleiner Schnittspalte gute Schneidergebnisse erzielen.

Geeignete Werkzeugbeschichtungen und -geometrien sowie Stanzprozessparameter sind für das wirtschaftliche Beschneiden von FVK-Bauteilen wesentlich. Durch die Projektergebnisse und Anwendungsempfehlungen wurde eine wichtige Vorarbeit geleistet, um FVK-Bauteile automatisiert, reproduzierbar und effizient herstellen zu können. Damit wird dieser Hochleistungswerkstoff für Branchen wie die Automobilindustrie attraktiver. Das erarbeitete Know-how unterstützt Anwender, Werkzeugbauer, Beschichter und FVK-Hersteller bei der Positionierung am Markt und der Erschließung weiterer Anwendungsfelder.

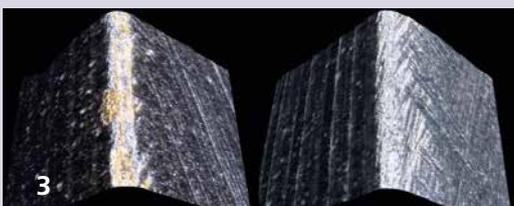


1

Stempel, FVK-Material und Matrize.

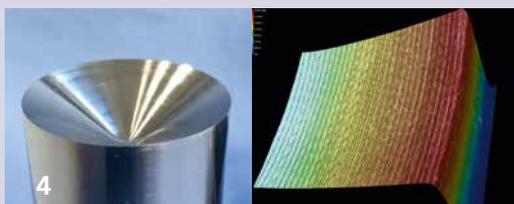


Links: Lichtmikroskop-Bilder (1000x) der Schneidmesser­kanten nach 10000 Schnitten; Rechts: GFK-Tape unbeschichtet (links) und beschichtet.



3

Links: Lichtmikroskop-Bilder (1000x) beschichteter Stempelkanten nach 1000 Schnitten; GFK-Organoblech: Beschichtung mit Ablösung; Rechts: Geeignete Beschichtung.



4

Links: Stempel ; Rechts: Lichtmikroskop-3D-Bild (100x) der Schneide in Farben-Höhen-Darstellung.

Ausblick

Trotz der erarbeiteten Ergebnisse und Korrelationen konnten im Rahmen des Projekts nicht alle komplexen Zusammenhänge von Oberflächenhärte, Verschleißfestigkeit, Schneidkante, Material, Prozessparametern und Schnittkräften detailliert untersucht werden. Für eine valide Darstellung und Aufdeckung der Zusammenhänge sind daher weitere Entwicklungsarbeiten mit Unterstützung modellbasierter Datenerfassung und -auswertung geplant.

Das Projekt

Das Projekt »Entwicklung von Beschichtungen für Werkzeug-Aktivelemente zum Scherschneiden von Faserverbundwerkstoffen«, IGF-Projekt Nr. 20416 N, wurde in Zusammenarbeit zwischen der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe FGW, dem Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe (IFW) sowie dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT durchgeführt. Gefördert wurde es über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.



Kontakt

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



Holz furnier mit integriertem Dünnschichtsensor.

Smartes, modulares und nachhaltiges Interieur für die Mobilität der Zukunft

Die fortschreitende Elektrifizierung und Autonomisierung werden enormen Einfluss auf Automobile zukünftiger Generationen haben. Das wird insbesondere den Fokus auf das Fahrzeuginterieur verstärken. Neue Betreiberkonzepte sowie eine durch die Autonomie gewonnene Freiheit während der Reisezeit erfordern neue Lösungsansätze und Angebote für den Innenraum von Fahrzeugen. Darüber hinaus werden verstärkte Anforderungen an eine nachhaltige Mobilität und eine damit verbundene CO₂-Reduktion bzw. -Neutralität massiven Einfluss auf das Fahrzeugdesign haben.

Biobasierte, funktionalisierte Interieurbauteile

Im Projekt »FutureFlexPro« arbeitet das Fraunhofer IST in einem Forschungsteam aus fünf Fraunhofer-Instituten an der modularen Gestaltung des Interieurs zukünftiger PKW sowie leichter Nutzfahrzeuge. Mit gebündelten Kompetenzen zu nachwachsenden Rohstoffen, deren Verarbeitung sowie der Bauteilfunktionalisierung werden Lösungen zu schnell austauschbaren Komponenten entwickelt, die zum einen eine Anpassung des Interieurs an seinen jeweiligen Einsatzzweck ermöglichen, durch robuste Oberflächen eine hohe Standzeit aufweisen und zum anderen Reparatur und Wartung während der fortgesetzten Nutzung der Fahrzeuge gewährleisten, um deren Standzeiten zu verringern.

Funktionaler Materialmix für ein zukünftiges Interieur

Im Rahmen des Teilprojekts »Future Interior« wird am Fraunhofer IST eine Türinnenverkleidung als Technologiedemonstrator mit einsatzspezifischen Funktionen ausgestattet. Die von den Projektpartnern, den Fraunhofer-Instituten IAO, IWU und WKI, bereitgestellten Halbzeuge und Bauteile auf Basis von Naturfasern oder Holz furnieren werden mit unterschiedlichen Funktionen wie antibakteriellen und Easy-to-clean-Oberflächen, integrierten Temperatursensoren oder Touchfunktionen ausgestattet. Darüber hinaus erfolgen genaue Untersuchungen der unterschiedlichen Materialkombinationen, insbesondere auch der Funktionsmaterialien, zum Beispiel von Haftfestigkeiten und Wechselwirkungen der Materialien.

Anhand der Projektergebnisse können Lösungsansätze für einen breiten Anwendungsbereich sowohl auf Material-, Prozess- als auch Bauteilebene dargestellt werden. Beispiele sind:

- Bauteilintegrierte Sensorik
- Nutzung von biobasierten Ausgangsstoffen für die Beschichtung von Oberflächen
- Großflächenbeschichtung von Bauteilen zur Integration von Funktionen wie elektrische Leitfähigkeit oder antimikrobielle Eigenschaften
- Stückzahlen im industriellen Maßstab
- Inline-fähige, skalierbare und ressourceneffiziente Beschichtungsprozesse
- Funktionalisierung
- Entwicklung neuer Bedienkonzepte

Ausblick

Die Ergebnisse des Projekts werden genutzt, um die interdisziplinäre Kooperation des Fraunhofer IST mit den Fraunhofer-Instituten für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung IFAM, für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI und für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO auszubauen. Die Lösungsansätze werden auf die Entwicklung weiterer biobasierter Interieurbauteile übertragen, mit Blick auf unterschiedliche Mobilitätsträger. Es werden dabei tiefergehende Untersuchungen zur dauerhaftesten Funktionsintegration sowie der Erweiterung um weitere Funktionen und Bedienkonzepte durchgeführt. Das Ziel ist es, gemeinsam mit OEMs (Original Equipment Manufacturer) und Automobilzulieferern eine Umsetzung in Produkten bzw. Fahrzeugen zu realisieren und darüber hinaus die Ergebnisse auf Anwendungen in weiteren Branchen wie der Medizintechnik oder dem Bauwesen anzupassen.

Das Projekt

Das Projekt »FutureFlexPro« mit dem Teilprojekt Future Interior wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit dem Förderkennzeichen L1FHG42421 gefördert.



Nachhaltig mittels Atmosphärendruck-Plasmaverfahren beschichtetes Furnier.



Umgeformtes Furnier mit Sensorintegration.



Kontakt

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

Mikro- und Sensortechnologie

Die Messung von Kraft, Druck, Temperatur, Verschleiß und weiteren Größen direkt in Hauptbelastungszonen oder auf Werkzeugaktivflächen mittels Dünnschichtsensorik liefert wertvolle Daten, um bestehende Produktionsprozesse oder Simulationsmodelle zu optimieren. Der Einsatz verschleißfester und tribologisch angepasster Dünnschichtsensoren ermöglicht die Messung in bisher schwer zugänglichen Bereichen.

Im Fokus aktueller Entwicklungen steht eine umfassende Digitalisierung für autonome, selbststeuernde und vor allem sensorgestützte Produktionssysteme. Dünnschichtbasierte Sensorik bietet ideale Voraussetzungen für anwendungsorientierte Lösungen und Innovationen rund um industrielle Produktionsprozesse. In den letzten Jahren steigt die Nachfrage aus der Industrie nach Sensorik, die direkt auf Bauteiloberflächen in Kontakt mit dem Werkstück eingesetzt wird, um lokal Messdaten auch während des Prozesses erfassen zu können.

Am Fraunhofer IST entwickeln wir multifunktionale Dünnschichtsysteme für die lokale Messung der Druck- und Temperaturverteilung auf der Oberfläche beispielsweise von Werkzeugen. Dabei handelt es sich um ein verschleißfestes Mehrschichtsystem, das besonders in hochbelasteten Bereichen sowie auf komplex geformten Oberflächen die Messdaten erfassen kann. Gemeinsam mit unseren Kunden entwerfen wir ein individuelles Sensordesign, sodass die Module einfach in bestehende Maschinen integriert werden können und das Schichtsystem direkt auf Oberflächen von 2D- und komplex geformten 3D-Bauteilen appliziert werden kann. Auf Basis unterschiedlicher physikalischer Wirkprinzipien bringen wir dünnschichtbasierte Sensoren und Sensorsysteme in unterschiedlichste Anwendungen, wobei hochbelastete Bereiche und raue Umgebungsbedingungen im Fokus stehen.

Für die Herstellung von Dünnschichtsensorik decken wir die gesamte Prozesskette von Substratvorbereitung, Reinigung, Beschichtung sowie die abschließende Kalibrierung ab. Insbesondere verfügen wir am Fraunhofer IST über umfangreiche Kompetenzen für die Erzeugung von Mikrostrukturen und nutzen dafür vielfältige Strukturierungsverfahren und -techniken im eigenen Reinraum. Zur Herstellung hochpräziser Strukturen direkt auf Werkzeug- und Bauteiloberflächen sowie Wafern oder Glassubstraten werden klassische fotolithographische Prozesse mit Ätztechnik und Lift-off verwendet. Wir setzen die Laserstrukturierung zur weiteren Funktionalisierung von Oberflächen und dünnen Schichten erfolgreich ein. Unsere große Erfahrungsbasis auf dem Gebiet erlaubt die Kombination verschiedener Verfahren, sodass auch gekrümmte Oberflächen strukturiert werden können.



Unsere Dünnschichtsensoren erfassen Daten direkt in Hochlastzonen und ermöglichen beispielsweise die Digitalisierung von Produktionsprozessen sowie Optimierungen hinsichtlich Produktqualität, Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit.«

Anna Schott M.Sc. / Gruppenleiterin

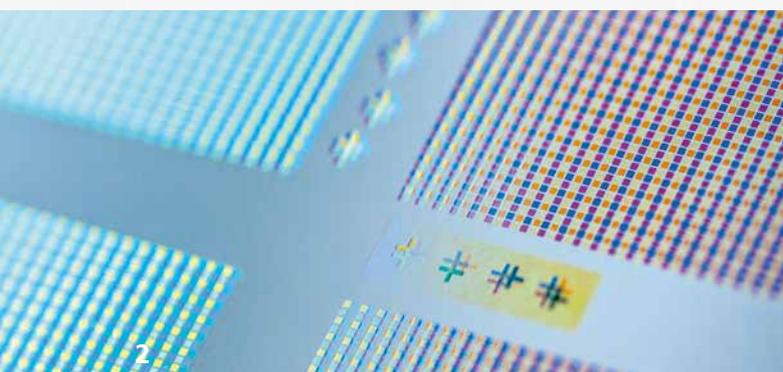
Kontakt

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

Messung der Vorspannkraft mittels sensorischer Unterlegscheiben.

Ausblick – das erwartet Sie!

Zukünftig werden Sensorlösungen für neue Anwendungsfelder im Bereich der Energietechnik und Elektromobilität weiterentwickelt. Parallel werden die notwendigen Schritte zur Skalierung aktueller Lösungsansätze für den erfolgreichen Technologietransfer in die Industrie im Sinne des Selbstverständnisses von Fraunhofer als industrienahen Forschungspartner erfolgen. Dazu werden stückzahlfähige Prozesse und die dazugehörigen Produktionstechniken entwickelt und als flexible Fertigung aufgebaut. Dabei steht die Digitalisierung der gesamten Prozesskette bis hin zur Entwicklung cyber-physischer Systeme im Fokus. Durch tribologische Optimierungen der gesamten Prozesskette können erzielte Effizienzgewinne einen direkten Beitrag zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen leisten.



Anordnung von mehreren mikrostrukturierten Pixelfilter-Bereichen auf einem Glassubstrat.



Photolithographische Strukturierung der nur 200 nm dünnen Chromschicht auf einem Königszapfen zur Herstellung der komplex geführten Leiterbahnen.

Dünnschichtsensorik für die Überwachung der Temperierung im Kunststoffspritzguss

Die ressourceneffiziente Fertigung von Kunststoffbauteilen im Spritzguss setzt eine exakte Temperierung und Durchflussregelung der Spritzgusswerkzeuge voraus. Um die Auslegung und Überwachung der Werkzeugtemperierung zu verbessern, müssen die realen Temperaturen, Drücke und Durchflüsse während des Spritzgussprozesses erfasst werden. Um diese zu ermitteln, wird am Fraunhofer IST ein Multikupplungseinsatz mit einem multisensorischen und medienbeständigen Dünnschichtsystem entwickelt, das in direktem Kontakt mit überströmendem Wasser die Größen Temperatur, Druck und Durchfluss messen soll.



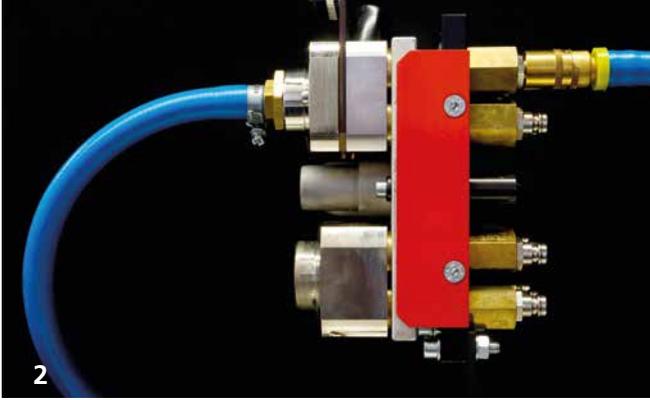
Überwachung der Temperierung im Kunststoffspritzguss.

Wasser- und Chemikalienbeständigkeit des sensorischen Schichtsystems

Das Ziel des Projekts »TivSee« ist, den sensorischen Einsatz direkt in Kontakt mit überfließendem Wasser sowie verschiedenen industriellen Reinigungsmitteln und Korrosionsinhibitoren in den Heiz- und Kühlkreislauf der Temperiertechnik zu integrieren. Daher muss sichergestellt werden, dass das sensorische Dünnschichtsystem belastbar und hochresistent gegenüber chemischen Angriffen, Wasser und Temperatur ist. Dazu wurde ein Testaufbau entwickelt, um die Eignung und das Verhalten der Sensorstrukturen sowie der schützenden Deckschicht in Dauertests zu untersuchen.

Sensorischer Multikupplungseinsatz

Als Lösung wurde ein spezieller Sensoreinsatz zur Integration in eine 6-Kreis-Multikupplung konstruiert. Auf dieses wechselbare Modul wurde das multisensorische Schichtsystem haftfest bis in die Innenbereiche der Bohrung abgeschieden und es wurden Leiterbahnen über den Rundungsbereich hinweg strukturiert. Dieses am Fraunhofer IST entwickelte sensorische und medienbeständige Dünnschichtsystem basiert auf DLC-Schichten (diamantähnlicher Kohlenstoff, engl. diamond-like carbon), die mittels PECVD-Technologien (plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung, engl. plasma-enhanced chemical vapor deposition) hergestellt werden. Durch die Integration chrombasierter Sensorstrukturen wird die ortsauflösende Messung von Druck und Temperatur ermöglicht. Die Fertigung dieser Sensorstrukturen erfolgt durch eine Kombination von Photolithographie und nasschemischen Ätzverfahren.



2

Modifizierte Multikupplung mit integriertem Sensoreinsatz.

Digitalisierung und Überwachung von Produktionsprozessen

Der erbrachte Nachweis der Beständigkeit des sensorischen Dünnschichtsystems eröffnet weitere Anwendungsfelder im Bereich der Realisierung hochbelastbarer Sensorik für tribologisch anspruchsvolle Systeme. Außerdem konnten auf Basis der durchgeführten Temperaturmessungen wichtige Erkenntnisse zu Messprinzipien für die Durchflussmessung in der Dünnschichttechnik erarbeitet werden, die zukünftig weiter untersucht werden sollen. Multisensorische Dünnschichtsysteme bieten zudem weitreichende Möglichkeiten im Bereich der in-situ Überwachung in cyber-physischen Produktionssystemen.

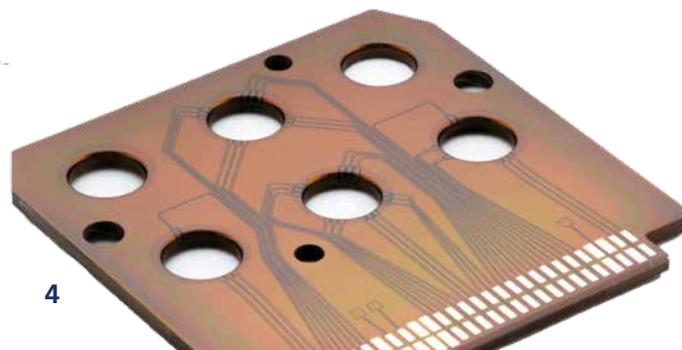
Ausblick

Die Ergebnisse des Projekts werden genutzt, um die grundlegend erarbeiteten Messprinzipien zur Durchflussmessung weiterzuentwickeln. Darüber hinaus wird die erarbeitete Lösung zur Temperatur- und Druckmessung in weiteren Testphasen bei Pilotkunden untersucht. Perspektivisch soll so ein Messsystem für die kombinierte Erfassung von Temperatur, Druck und Durchfluss entstehen.

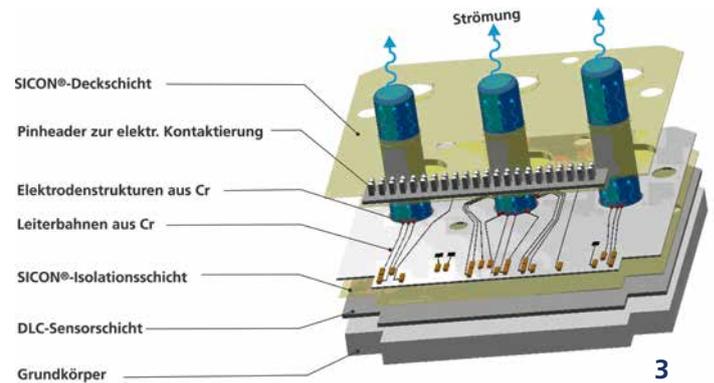
Das Projekt

Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb des ZIM-Kooperationsprojekts »Temperierkupplung mit integrierter vernetzter Sensortechnik« (TivSee) gemeinsam mit den Firmen Nonnenmann GmbH und eck*cellent IT GmbH erzielt. Das Projekt wurde gefördert durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages sowie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).

Metallischer Grundkörper beschichtet mit dem multisensorischen Schichtsystem.



4



3

Aufbau der einzelnen Schichten auf Grundkörper.



Kontakt

Anna Schott M.Sc.
 Telefon +49 531 2155-647
 anna.schott@ist.fraunhofer.de



RUBIG
Engineering

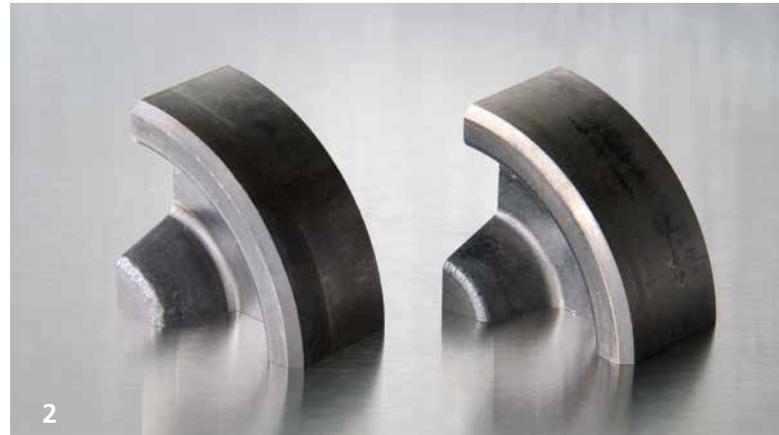
Unbefugten
ist der Zutritt
verboten

Fraunhofer
ILR
Abteilung geeigneter Verschleißschutzmaßnahmen bei Schweißrobotern der ILR

Dortmunder OberflächenCentrum DOC

Vor allem im Bereich der Warmformgebung, z. B. beim Gesenkschmieden von Stahl oder im Leichtmetall-druckguss, werden hohe Anforderungen an die Oberflächen und Randzonen der jeweiligen Werkzeuge gestellt. Diese werden effektiv durch Hartstoffschichten und Diffusionsbehandlungen geschützt, die bei sehr hohen Anwendungstemperaturen und extremen thermischen Wechselbeanspruchungen mit überlagerter mechanischer Belastung noch beständig und chemisch inert sind.

Das Fraunhofer IST bietet am Standort Dortmund Beschichtungen und Diffusionsbehandlungen für den Aufbau verschleiß- und temperaturresistenter Oberflächen an. Dazu haben wir spezielle PACVD-Beschichtungen entwickelt, die zum Teil im Duplex-Plasmaverfahren durchgeführt werden. Diese Kombination aus Plasmadiffusionsbehandlung z. B. dem Plasmanitrieren und einem im Vakuum direkt nachfolgenden Plasmabeschichtungsprozess bietet viele technologische Vorteile. Die Technologie erlaubt es, Werkzeugoberflächen z. B. für das Gesenkschmieden von Stahl herzustellen, die den dort üblichen Umformtemperaturen von über 1000 °C standhalten und gleichzeitig gegen Verschleiß durch Abrasion und Anklebungen geschützt sind. Weitere typische Anwendungen der Warmformgebung sind Formen und Kerne aus Warmarbeitsstahl für den Aluminiumdruckguss oder Matrizen für das Strangpressen von Leichtmetallen: Neben der geforderten Verschleißbeständigkeit und Stabilität bei den hohen Anwendungstemperaturen muss die erosive Wirkung des heißen bzw. schmelzflüssigen Aluminiums auf den Stahl der Formoberfläche verhindert werden. Dies geschieht sehr wirksam mit den entwickelten borhaltigen Mehrlagenschichtsystemen (Ti-B-N).



Links: Nitriertes Referenzwerkzeug, Verschleißbild an den Dornen des Testwerkzeugs nach 3000 Umformoperationen bei 1150 °C. Rechts: Testwerkzeug mit optimiertem borhaltigen Mehrlagenschichtsystem Ti-B-N, deutlich reduziertes Verschleißbild an den Dornen des Testwerkzeugs nach 3000 Umformoperationen bei 1150 °C.



Die Warmformgebung als hochproduktives Verfahren für Teile aus Leichtmetall oder hochfeste Komponenten aus Stahl profitiert von unseren optimierten Verschleißschutzlösungen.«

Dipl.-Ing. Hanno Paschke / Teamleiter

Plasmaanlage zur Duplex-Behandlung mittels Plasmadiffusion und PACVD-Beschichtung am Dortmunder OberflächenCentrum DOC.

Kontakt

Dipl.-Ing. Hanno Paschke
Teamleiter
Telefon +49 231 844-5453
hanno.paschke@ist.fraunhofer.de

Diamantbasierte Systeme und CleanTech

In vielen Branchen werden extreme Anforderungen an Materialien gestellt. Sie müssen beispielsweise extrem hart, langlebig, biokompatibel oder chemisch inert sein. Diamant – das härteste Material der Welt – vereint diese Eigenschaften und ermöglicht einzigartige Produkte und Innovationen.

Diamant bietet ein enormes Innovationspotenzial für hochbelastete Komponenten, Werkzeuge, optische und elektronische Systeme sowie für eine chemiefreie Reinigung von Wasser und eine schonende Schädlingsbekämpfung.

CVD-Technologien (englisch: chemical vapor deposition) ermöglichen die großflächige Herstellung von Diamant als Schichtwerkstoff und damit erst dessen wirtschaftlichen und vielseitigen Einsatz. Darüber hinaus steht am Fraunhofer IST ein breites Spektrum von Schichtwerkstoffen und angepasste Prozessführungen bis hin zur ultrapräzisen Abscheidung von Atomlagen zur Verfügung.

Hochverschleißfeste Diamantschichten für langlebige und nachhaltige Bauteile und Werkzeuge

Die Entwicklung anwendungsangepasster Schichten für hochbelastete Bauteile und Werkzeuge zählt zu unseren Kernkompetenzen. Unsere langjährige Expertise bei der Auslegung und Herstellung von CVD-Diamantbeschichtungen ermöglicht die Umsetzung vieler innovativer Ideen.

Transparent und hochbelastbar

Die unübertroffen hohe Härte von Diamant bietet großes Potenzial für den Einsatz in optischen Anwendungen. Der Einsatz von Diamant verspricht die größtmögliche mechanische Belastbarkeit, die unter anderem für optische Breitbandentspiegelungen erreicht werden kann. Darüber hinaus soll die Verringerung von Eintrübungen durch Abrieb während des Gebrauchs die Lebensdauer und insgesamt die Verschleißbeständigkeit von Bauteilen erhöhen. Bei der Entwicklung optischer Diamantschichten kommt die Technologie der heißdraht-aktivierten chemischen Gasphasenabscheidung zum Einsatz.

Nachhaltige Technologien für eine saubere Umwelt

Im Rahmen des Nexus Wasser, Energie und Ernährungssicherheit entwickelt die Abteilung »Diamantbasierte Systeme und CleanTech« am Fraunhofer IST in interdisziplinären Teams nachhaltige Prozesse und Systeme zur Wasseraufbereitung und -desinfektion. Wir nutzen Diamantelektroden, um hochwirksame Oxidationsmittel im Wasser zu erzeugen, die Spurenstoffe eliminieren oder die Bildung von Biofilmen verhindern können.



Innovative Prozesse und Produkte für den Einsatz von Diamantschichten sind unsere Leidenschaft.«

Dr. Volker Sittinger / Abteilungsleiter



Kontakt

Dr. Volker Sittinger
Abteilungsleiter
Telefon +49 531 2155-525
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de



Antireflex-Schichtsystem auf 3D-Objekt, hergestellt mittels Atomlagenabscheidung (ALD).

Atomlagenabscheidung

Bei der Produktion von Hightech-Materialien, Komponenten und Produkten, bei denen ultradünne Schichten mit einer extrem gleichmäßigen und definierten Schichtdicke auch auf großen und strukturierten Oberflächen erforderlich sind, ist die Atomlagenabscheidung oft die Technologie der Wahl.

Mit unserer Hybrid-Spatial-ALD-Anlage können Atomlagenabscheidungsprozesse in Hochrate mit anderen Beschichtungs- und Aktivierungsprozessen kombiniert werden. Diese Spitzentechnologie im Bereich moderner Fertigungsverfahren und Automatisierung ermöglicht uns, dünne Schichten auf unterschiedlichsten Komponenten homogen und hochkonform abzuscheiden. Unser Angebot umfasst die Prozessentwicklung für thermische ALD-Schichtsysteme bis hin zu Entwicklungen maßgeschneiderter funktioneller Beschichtungen auf Partikelmaterialien und komplex-geometrischen Substraten für die Optik, Anwendungen in Medizin und Pharma sowie die Energiematerialentwicklung.

Wirtschaftliche Hochdurchsatzprozesse mittels örtlicher Atomlagenabscheidung

Während konventionelle ALD-Anlagen zeitaufwändige Spülroutinen erfordern, ermöglicht die örtliche Atomlagenabscheidung eine hohe Beschichtungsrate unter Beibehaltung der Vorteile, die diese Beschichtungstechnologie mit sich bringt. Durch die Möglichkeit der Integration weiterer Beschichtungs- und Aktivierungstechnologien in einem Hybridbereich der Anlage können die Vorteile anderer Technologien wie z. B. der PVD oder CVD genutzt werden. So lassen sich innovative Lösungen für die Bedarfe unserer Kunden in Hinblick auf verschiedene Schicht- und Materialsysteme entwickeln.

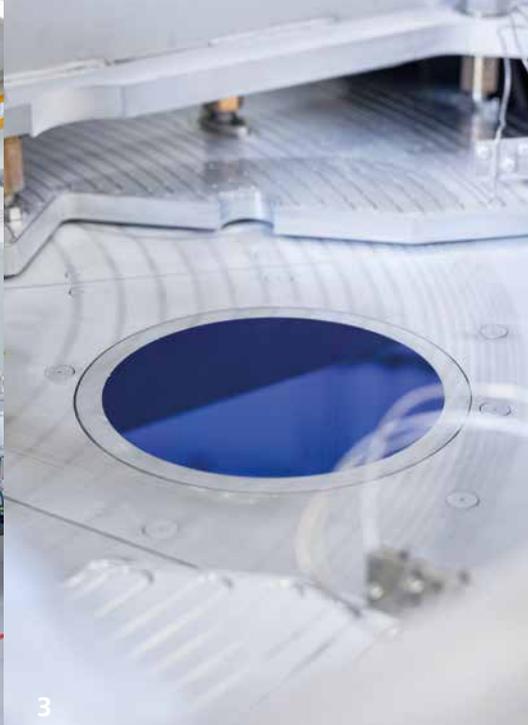
ALD für medizintechnische Anwendungen

Medizintechnische Innovationen von kleinen und mittelständischen Unternehmen scheitern häufig an der Umsetzung von Spezialprozessen, die für die Herstellung des Medizinprodukts nötig sind und so den Transfer von der Grundlagenforschung in den Markt nicht schaffen. Hingegen sind teure Maschinen in den Universitäten nicht ausreichend ausgelastet. Die Plattform »Translationale Fertigungsplattform Medizininnovation« optimiert den Technologie- und Wissenstransfer von Spezialprozessen mit Hilfe der Atomlagenabscheidung des Fraunhofer IST. Wir bieten hierzu die Entwicklung und Optimierung von nanometerdicken Diffusionssperrschichten für z. B. Implantate mit tiefliegenden Mikro-Hinterschnitten oder vertikalen Materialgrenzflächen an.



2

SALD-Beschichtungsanlage
FHR Star 400x300 zur thermischen
örtlichen Atomlagenabscheidung.



3

Blick auf den rotierenden Drehteller
und Heizblock.



4

Örtliche Atomlagenabscheidung: Blick
auf den rotierenden Drehteller unter-
halb des Heizblocks im Hybrid-Bereich.

Konforme Beschichtungen und Funktionalisierungen für Anwendungen in der Energiebranche

Nanomaterialien gelten als Weg zur Implementierung erneuerbarer Energietechnologien – von der Energiegewinnung zur Energiespeicherung. Bei der Herstellung derartiger Nanomaterialien sowie bei ihrer Modifikation, Funktionalisierung und Stabilisierung ergeben sich viele Herausforderungen. Am Fraunhofer IST nutzen wir eine große Bandbreite von ALD-Prozessvarianten, um ziel- und kundenorientiert hochkonforme homogene Schichten und zugehörige Prozesse für eine Vielzahl von Substratmaterialien, -geometrien und -darreichungsformen zu entwickeln.

Ausblick – das erwartet Sie!

Die Kombinationsmöglichkeiten der örtlichen Atomlagenabscheidung mit weiteren Aktivierungs- und Beschichtungstechnologien sind sehr vielfältig. Der Aufbau und die Evaluierung neuer Hybridprozesse für neuartige innovative Produkte – zum Beispiel für nachhaltige Tandemsolarzellen mit höchster Umwandlungseffizienz – ist wesentlicher Bestandteil aktueller Arbeiten.



Die technologischen Innovationen und Einsatzmöglichkeiten der Atomlagenabscheidung entwickeln sich rasant. Diese schnell und effizient zu unseren Kunden zu transferieren ist unser Ziel.«

Dr.-Ing. Tobias Graumann / Teamleiter

Kontakt

Dr.-Ing. Tobias Graumann, PMP.
Teamleiter
Telefon +49 531 2155-780
tobias.graumann@ist.fraunhofer.de

Photo- und elektrochemische Umwelttechnik

Photo- und elektrochemische Oxidationsprozesse sind ein wichtiger Baustein, um organische Stoffe abzubauen. Sie tragen darüber hinaus zur umweltfreundlichen Gewinnung von Wasserstoff sowie zur Umsetzung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) in höherwertige Kohlenwasserstoffe bei.

Am Fraunhofer IST entwickeln wir Systemlösungen zur nachhaltigen und effizienten Reinigung und Desinfektion von Wasser, Luft und Boden auf der Basis photo- und elektrochemischer Oxidationsprozesse und betreiben gleichzeitig ein vom Fachverband angewandte Photokatalyse (FAP) akkreditiertes Prüflabor für Wirksamkeitsnachweise photokatalytischer Oberflächen, Materialien und Produkte.

Nachhaltige Technologien für eine saubere Umwelt

Hierbei kommen bevorzugt die elektrochemische Oxidation mit Diamantelektroden (EAOP®, engl. Electrochemical Advanced Oxidation Process) sowie die photochemische Oxidation und Reduktion mit Photokatalyse zum Einsatz. Beide Verfahren verzichten grundsätzlich auf zusätzliche chemische Substanzen und zählen somit zu den umweltfreundlichsten und nachhaltigsten Technologien, die am Markt verfügbar sind.



Unsere CleanTech-Verfahren verzichten auf den Einsatz zusätzlicher Chemie und leisten somit einen wertvollen Beitrag zur umwelt- und klimaverträglichen Sicherstellung einer ausreichenden Versorgung mit Wasser, Energie und Nahrungsmitteln.«

Dipl.-Ing. (FH) Frank Neumann / Teamleiter



Mobile Rückenspritze zur effizienten Erzeugung von ozoniertem Wasser zur Flächendesinfektion.

Das Fraunhofer IST ist einer der Pioniere der EAOP®-Technologie und zählt zu den Hauptakteuren im Bereich der photokatalytischen Messtechnik, Normung und Standardisierung. Unsere Kunden profitieren daher von der flexiblen Vernetzung unserer Kompetenzen zur Herstellung, Beurteilung und Anpassung von Diamantelektroden und photokatalytischen Oberflächen unter Maßgabe der Wirtschaftlichkeit und der ökologischen Nachhaltigkeit.

Unsere Technologie findet Anwendung in energieeffizienten Diamantzellen, mit denen Mikroschadstoffe in Grund-, Trink- und Abwasser abgebaut werden, bei der Beschichtung und Behandlung von Oberflächen zum Schutz vor Fouling und Biofouling sowie in Desinfektionssystemen für die Agrarproduktion und Agrarhygiene.

Kontakt

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

Heißdraht-CVD

» Mit der weltweit größten Diamantbeschichtungsanlage und unserem Know-how haben wir die Möglichkeit, dieses einzigartige Material für Ihre Ideen verfügbar zu machen.«

Dr.-Ing. Christian Stein / Gruppenleiter



CVD-Diamantbeschichtungen für vielfältige Bauteil- und Werkzeuglösungen.

Komplex dreidimensional geformte Oberflächen, aber auch große Flächen, lassen sich mittels heißdrahtaktivierter chemischer Gasphasenabscheidung in hoher Qualität beschichten.

Am Fraunhofer IST verfügen wir über die weltweit größte Heißdraht-CVD-Beschichtungsanlage für die Herstellung von Diamantschichten auf Flächen von bis zu 0,5 x 1 m². Damit können wir komplexe Bauteile und Werkzeuge mit höchster Qualität und Wirtschaftlichkeit beschichten. Zudem können mit weiterer Anlagentechnologie siliziumbasierte Schichtsysteme mit hoher Effizienz und einzigartigen Eigenschaften hergestellt werden.

Sowohl im Fall der Diamant- als auch der Siliziumabscheidung entwickeln wir sowohl Technologien und Beschichtungsmodule als auch die zugehörigen Prozesse. Die möglichen Anwendungen kristalliner Diamantschichten und siliziumbasierter Schichtsysteme mittels Heißdraht-CVD sind vielfältig: Neben Bauteil- und Werkzeuganwendungen umfassen sie optische und elektronische Komponenten, hocheffiziente Solarzellen, Sensoren, z. B. MEMS (mikro-elektro-mechanische Systeme), sowie Mikrosysteme. CVD-Diamantschichten haben mit Naturdiamant vergleichbare Eigenschaften und zeichnen sich durch maximale Härte, extreme Verschleißbeständigkeit, minimale Reibwerte und eine hohe chemische Beständigkeit aus. Die einzigartigen

Materialeigenschaften sorgen für erhebliche Leistungssteigerungen und langlebige Produkte. Aktuelle Anwendungsfelder sind z. B. Hochleistungswerkzeuge für die Zerspanung und Umformtechnik und hochbelastete Bauteile wie Gleitringdichtungen, Lager oder Führungskomponenten. Wir verfügen über eine langjährige Expertise bei der Auslegung und Herstellung von CVD-Diamantbeschichtungen, die sowohl spezifische Behandlungsabfolgen (Werkstoffauswahl, Vorbehandlung, Schicht- und Prozessentwicklung, Qualifizierung) als auch die Anwendung umfasst. Wir unterstützen in der zugehörigen Produktions- und Prozesskettenbetrachtung, beim Test und bei der Bewertung von Systemen sowie beim Technologietransfer bis hin zur individuellen Auslegung von Schichtsystemen, Prozessen und Heißdraht-CVD-Beschichtungstechnologie.

Kontakt

Dr.-Ing. Christian Stein
Gruppenleiter
Telefon +49 531 2155-647
christian.stein@ist.fraunhofer.de

Texturierte Werkzeugoberflächen

Die Texturierung von Werkzeugoberflächen und hochbelasteten Bauteilen ermöglicht eine gezielte Einstellung des tribologischen Kontakts, die weit über die Möglichkeiten der reinen Material- und Schichtentwicklung hinausgeht. Tribologisch wirksame Strukturen und Texturen können die vorherrschenden Reibkräfte entscheidend beeinflussen. Ein hohes Potenzial birgt zum Beispiel die spanende Bearbeitung von Werkstoffen mit starker Adhäsionsneigung. Im Rahmen des Fraunhofer-internen Projekts »TexSpan« wurden geeignete Methoden zur Herstellung von laserstrukturierten und mit Diamant oder Aluminium-Titan-Nitrit (AlTiN) beschichteten Hartmetallwendeschneidplatten entwickelt.

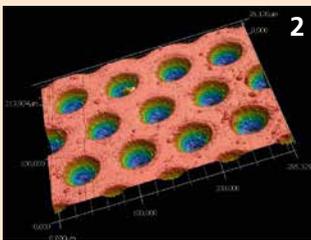
Herausforderungen bei der Werkzeugtexturierung

Die wirtschaftliche und nachhaltige spanende Bearbeitung von Aluminium- und Stahlwerkstoffen ist von großer Relevanz für den Fahrzeug- und Maschinenbau sowie für die Luftfahrt. Die hohe Adhäsionsneigung vieler Werkstoffe stellt jedoch eine große Herausforderung dar. Werkstoffanhaftungen auf der Werkzeugoberfläche erhöhen den Werkzeugverschleiß, mindern die Bauteilqualität und drosseln die Produktivität. Tribologische Strukturen zur Reduktion von Werkstoffanhaftungen sind aus grundlegenden Untersuchungen bekannt.

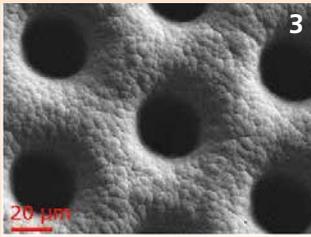
Für die technologische Verifizierung und die nachfolgende wirtschaftliche Verwertung ist bisher jedoch zum einen noch eine systematische Untersuchung darüber erforderlich, welchen Einfluss verschiedene Texturgeometrien in Hinblick auf die Reduktion der Werkstoffanhaftungen haben. Zum anderen fehlen Erkenntnisse über einen effektiven und wirtschaftlichen Herstellungsprozess dieser Texturen. Die herkömmlichen Verfahren zur Formgebung von Hartmetallwerkzeugen, wie zum Beispiel die Grünbearbeitung oder die Bearbeitung von gesintertem Hartmetall durch Erodieren oder mechanische Verfahren, sind in der Gestaltungsfreiheit möglicher Strukturen und Dimensionen eingeschränkt und in vielen Fällen unwirtschaftlich.



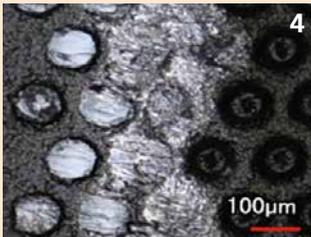
Mit CVD-Diamant beschichtete Schneidplatten.



Nöpfchen-Strukturen mit AlTiN-Schicht.



Texturierte Spanfläche mit Diamantschicht.



Texturierte Spanfläche mit Diamant- und Einlaufschicht nach dem Drehen von AlSi17.

Mit adaptierten Vorbehandlungs- und Beschichtungsprozessen können texturierte Spanflächen sowohl mit AlTiN als auch mit Diamant von guter Qualität und Schichthaftung kombiniert werden (vgl. Abbildung 2 und 3). Die diamantbeschichteten Werkzeuge zeigten beim Drehen von AlSi17 keinen sichtbaren Verschleiß. Die Versuche lassen zwar eine leicht reduzierte Ausprägung von Werkstoffanhaftungen auf bestimmten Werkzeugen erkennen, es wurde aber kein systematischer Zusammenhang zur Gestalt der verschiedenen Strukturen sichtbar.

Diamantschichten mit zusätzlicher Einlaufschicht zeigten in den Drehversuchen von AlSi17 eine deutlich reduzierte Neigung zur Ausbildung von Anhaftungen. Insbesondere in Kombination mit einem hohen laserbearbeiteten Flächenanteil (40 %) und großem Nöpfchenabstand (140 µm) wurden die besten Ergebnisse erzielt.

Unser Lösungsansatz

Im Projekt »TexSpan« wurden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK Verfahren zur Texturierung von Spanflächen mittels Laserablation entwickelt und dabei sowohl Parameter für die Bearbeitung von Hartmetallwerkzeugen als auch die Bearbeitung von AlTiN- und Diamantschichten erforscht. Anschließend wurden Behandlungsabfolgen für die Beschichtung von laserstrukturiertem Hartmetall entwickelt. Dabei wurde u. a. das Mikrosandstrahlen als optionale Vorbehandlung untersucht. Ebenso wurden die Reinigungs- und chemische Ätzbehandlung, die PVD-Abscheidung von AlTiN und die Heißdraht-CVD-Abscheidung von Diamant betrachtet. Als zusätzlicher Optimierungsansatz wurden Einlaufschichten aus amorphem Kohlenstoff getestet. Für die Evaluierung der spanenden Bearbeitung von rostfreiem Stahl (V4A) und einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung (AlSi17) wurden strukturierte und nachfolgend beschichtete Werkzeuge hergestellt. Dazu wurden Nöpfchen- und Rillenstrukturen in Faktor-Stufen-Versuchsplänen parametrisiert und dabei möglichst große Bereiche verschiedener Strukturgrößen und bearbeiteter Flächenanteile untersucht, die aus Sicht der Anwendung als interessant einzuschätzen und praktikabel umsetzbar sind.

Ergebnisse und Anwendung

Die Laserbearbeitung von Wendeschneidplatten aus Hartmetall (WC-Co) mit einem Ultrakurzpuls-Scheibenlaser erlaubt die zuverlässige, flexible und schnelle Erzeugung von Nöpfchen-, Rillen- und weiteren Strukturen in dem gewählten Strukturgrößenbereich von 25 µm bis 100 µm mit Struktur-tiefen von 15 µm bis 30 µm.

Ausblick

Die entwickelten Behandlungsabfolgen zur Herstellung von strukturierten und beschichteten Werkstoffoberflächen lassen sich auf weitere Werkzeugsysteme in der Zerspan- und Umformtechnik sowie auf hochbelastete Bauteile übertragen. Die Kombination mit adaptierbaren Multifunktions- und Einlaufschichten ermöglicht die Anpassung an verschiedene Tribosysteme, Einsatzbedingungen und Anwendungen, die in weiterführenden Projekten erarbeitet werden sollen.



Kontakt

Dr.-Ing. Christian Stein
Telefon +49 531 2155-647
christian.stein@ist.fraunhofer.de



7-Kammer-Durchlaufanlage zur Abscheidung von Silizium und Siliziumnitridschichten mit dem Heißdraht-CVD-Verfahren. Maximale Substratabmessungen: 500 mm x 600 mm.

Vertikale Integration von MEMS-Sensoren auf elektrischen Schaltungen

Produkte der Unterhaltungselektronik wie Smartphones, Tablets und Smartwatches sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Produkte ist das mikro-elektro-mechanische System (MEMS). Während Bauteile, Baugruppen und Geräte in ihren Abmessungen stetig reduziert werden, ist dies für die darin zu integrierenden MEMS-Sensoren aufgrund ihrer Verdrahtung nur begrenzt möglich.

Einen Ansatzpunkt stellt hier die vertikale Integration von MEMS-Sensoren dar. Das Fraunhofer IST hat in einem gemeinsamen Projekt mit den Fraunhofer-Instituten ILT und ISIT einen Abscheidungsprozess für Silizium entwickelt, der die direkte Abscheidung von Silizium auf einem Bauelement mit anwendungsspezifischer integrierter Schaltung (englisch: Application-Specific Integrated Circuit, ASIC) ermöglicht. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer Verdrahtung zwischen MEMS und der ASIC-Komponente vollständig und erlaubt eine Reduzierung der Baugröße.

Herausforderungen aktueller Lösungen

Mehr als 80 Prozent aller MEMS-Inertialsensoren werden in einem Epitaxieprozess mittels chemischer Gasphasenabscheidung (englisch: Chemical Vapor Deposition, CVD) hergestellt, wobei die Abscheidungstemperaturen über 1000 °C betragen können. Obwohl es Möglichkeiten gibt, die Temperatur zu reduzieren, bestehen erhebliche Einschränkungen. Ein nicht-epitaxialer thermischer CVD-Prozess ermöglicht die Reduzierung der Substrattemperaturen auf ~650 °C, jedoch führt dies zu geringen Abscheideraten. Fortschritte bei der plasmaunterstützten CVD (englisch: plasma-enhanced CVD, PECVD) haben ebenfalls deutliche Absenkungen der Substrattemperaturen erreicht, es kommt aber zu einer signifikanten Einbringung von Spannungen in die resultierenden Filme. Diese können dann zu Verformungen der MEMS-Strukturen führen.

Die Hot-Wire-Lösung

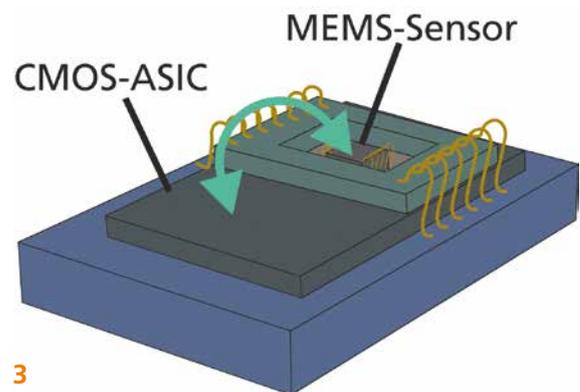
Hier zeichnet sich die heißdrahtaktivierte CVD (englisch: Hot-Wire CVD, HWCVD) aus. Durch eine Abscheidung von Silizium bei niedrigen Substrattemperaturen kann bei gleichzeitig hohen Abscheidungsraten eine spannungsarme Siliziumschicht mit großflächiger Gleichmäßigkeit erreicht werden. Außerdem können hohe Filmleitfähigkeiten erzielt werden, indem Prozessparameter derart abgestimmt werden, dass die Kristallinität der Filme erhöht wird. Die 7-Kammer-Durchlaufanlage am Fraunhofer IST zur Abscheidung von Silizium-, Siliziumoxid- und Siliziumnitridschichten ermöglicht Beschichtungsflächen von über 600 mm x 500 mm.

Mit der Zielsetzung der direkten MEMS-ASIC-Integration hat das Fraunhofer IST ein neuartiges Silizium-Abscheidungsverfahren mittels HWCVD entwickelt. Dieses Verfahren ermöglicht die Abscheidung dicker ($> 10 \mu\text{m}$), hochleitfähiger ($\sim 0,1 \Omega\text{-cm}$), nanokristalliner Siliziumschichten mit dem signifikanten Vorteil von nahezu null ($< 10 \text{ MPa}$) Schichtspannungen. Dies wird unter Beibehaltung einer niedrigen Substrattemperatur ($< 420^\circ\text{C}$), hoher Abscheidungsraten ($> 1,8 \text{ nm/s}$) und einer sehr guten Skalierbarkeit erreicht. Die Siliziumschichten wurden auf Siliziumwafern mit NMOS-Teststrukturen (N-type metal-oxide-semiconductor) abgeschieden. Aus diesen Schichten wurden am Fraunhofer ISIT MEMS-Strukturen hergestellt.

Die wesentlichen Vorteile der HWCVD-Siliziumabscheidung sind die resultierenden sehr niedrigen Schichtspannungen sowie die Kontrollierbarkeit der Filmkristallinität. Die durchgeführten Arbeiten beleuchten eine industriell relevante Anwendung der HWCVD-Technologie bei der Weiterentwicklung von MEMS/ASIC-Sensorkombinationen. Die vertikale Integration kann dazu beitragen, die Abmessungen elektronischer Geräte weiter zu reduzieren.

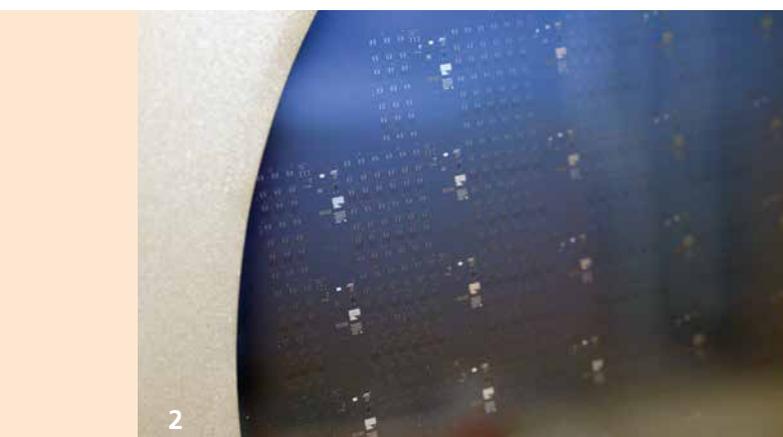
Ausblick

Diese Arbeit beschreibt einen wichtigen Fortschritt in der Anwendung der HWCVD-Technologie. Es wurde eine Wissensbasis für Niedertemperaturprozesse geschaffen, die neben der vertikalen MEMS-ASIC-Integration auch neue Möglichkeiten eröffnet, Silizium in MEMS-Qualität auf temperaturempfindlichen Substratmaterialien abzuscheiden.



3

Ziel des MAVO-MUSIC-Projekts: Die Reduzierung der Gesamtgerätegröße durch die direkte vertikale Integration von MEMS auf ASIC-Komponenten.



2

Erfolgreiche Abscheidung von nanokristallinem Silizium auf einem 8"-Siliziumwafer mit geätzten Kontaktpunkten.



Kontakt

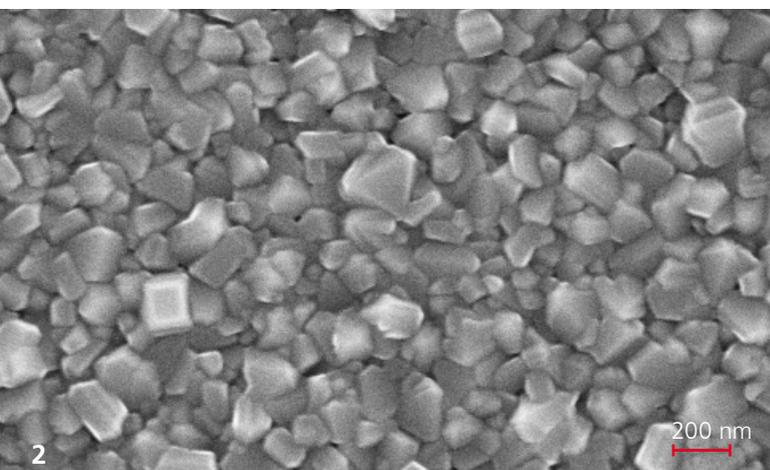
Hunter King M. Sc.
 Telefon +49 531 2155-641
hunter.king@ist.fraunhofer.de

Ultraharte optische Diamantschichten



Diamantbeschichtetes Quarzglas mit sehr homogenem Schichtbild.

Transparente Gläser mit hohem Kratzschutz werden heutzutage in vielen Branchen benötigt: von Sichtscheiben für Smartphones und Uhren über optische Instrumente und Sensorsysteme bis hin zu Anwendungen in der Medizintechnik. Das Fraunhofer IST entwickelt und erforscht in Zusammenarbeit mit dem Institute for Materials Research (IMO) der belgischen Universität Hasselt in einem aktuellen Forschungsvorhaben ultraharte optische Diamantschichten. Das Ziel des Projekts ist es, transparente und langlebige Diamantschichten und Schichtsysteme für optische Anwendungen mit hoher mechanischer Widerstandsfähigkeit und verbessertem Gebrauchswert zu ermöglichen.



REM-Aufnahme einer CVD-Diamantschicht auf Glas.

Herausforderung und Projektziel

Transparente Beschichtungen mit Kratzschutz bestimmen oft die Einsetzbarkeit und die Lebensdauer optischer Bauteile. Ist das Ziffernblatt einer Armbanduhr oder die Linse eines optischen Messsystems zerkratzt oder durch Abrieb eingetrübt, ist eine weitere Nutzung oftmals nicht mehr möglich. Ein transparenter Kratzschutz oder eine Kombination aus Kratzschutz und Antireflexbeschichtung (AR) wird bereits in vielen Industriezweigen eingesetzt, jedoch stoßen existierende Beschichtungslösungen an physikalische Grenzen. Die Nachfrage nach verbessertem Kratzschutz und damit längeren Produktlebensdauern steigt stetig.



3

Heißdraht-CVD-Beschichtungsanlage CVDiamond XXL.

Diamant bietet aufgrund seiner hohen Härte und mechanischen Beständigkeit einen ausgezeichneten Schutz gegen abrasive Einflüsse. Ultraharte nanokristalline und transparente Diamantschichten zeigen das Potenzial, bestehende Schichtlösungen als Kratzschutz optischer Anwendungen zu ergänzen und zu erweitern. Zudem könnten optische Diamantschichten in einem komplementären Schichtaufbau als AR-Beschichtung eingesetzt werden und somit die Widerstandsfähigkeit des Schichtsystems erhöhen.

Lösungsweg

Die Neuheit des hier zu untersuchenden Lösungsansatzes besteht in der Abscheidung von sehr dünnen und glatten Diamantschichten mit geringer Absorption. Eine hohe Transmission ist für optische Anwendungen ausschlaggebend, ebenso die Vermeidung von Streulicht und Reflexionen. Für die Entwicklung ultraharter Antireflex-Schichtsysteme werden Diamantschichten mit exakt definierten Dicken in Mehrschichtsysteme aus niedrig- oder mittelbrechenden konventionellen Schichten eingebettet und darin erprobt.

Am Fraunhofer IST kommt dazu die heißdrahtaktivierte chemische Gasphasenabscheidung (engl.: Hot Filament Chemical Vapor Deposition, HFCVD) zum Einsatz. Die eigenentwickelten vollautomatisierten Beschichtungsanlagen erlauben hierbei Beschichtungsflächen von bis zu 1000 mm x 500 mm.

Die Beschichtungsprozesse für optische Diamantschichten werden im Rahmen des Projekts so entwickelt, dass die wirtschaftliche Herstellung von hochuniformen Schichten möglich wird. Dabei sind die Auswahl und Optimierung des Grundkörpermaterials, der Substratvorbehandlung und der Prozessauslegung wesentliche Schwerpunkte des Vorhabens.

Die zu beschichtenden Grundkörper umfassen verschiedene Gläser wie Quarzglas, Borosilicatglas, Floatglas und Saphir. In Anpassung an diese zum Teil temperaturempfindlichen Grundkörper werden im Forschungsvorhaben HFCVD-Diamantbeschichtungsprozesse mit reduzierten Beschichtungstemperaturen entwickelt und erforscht. Im Fokus stehen hierbei sowohl optische Eigenschaften wie Absorption und Streuung als auch die mechanische Widerstandsfähigkeit gegenüber abrasiven Belastungen.

Ausblick

Transparente ultraharte Diamantschichten in AR-Schichtsystemen sollen zu abriebfesten Oberflächen führen. Zum Projektende sollen Erkenntnisse über die Verschleißbeständigkeit der optischen Diamantschichten und Diamantschichtsysteme auf verschiedenen Substraten vorliegen. Der aus der unübertroffenen Härte und Beständigkeit von Diamant resultierende Kundennutzen soll somit für optische Anwendungen demonstriert werden.

Das Projekt

Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages zur Förderung des Einzel-Forschungsvorhabens der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF-Vorhaben Nr.: 263 EN) aus dem deutschen Bundeshaushalt im Rahmen eines transnationalen CORNET-Gesamtprojekts.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Kontakt

Dr. Volker Sittinger
Telefon +49 531 2155-512
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de

Optische Systeme und Anwendungen für die Oberflächentechnik

Die optischen Technologien zählen zu den wichtigsten Wachstums- und Zukunftsbranchen der deutschen Wirtschaft. Neben dem äußeren Erscheinungsbild steht die Funktionalisierung optischer Komponenten im Fokus. Für die unterschiedlichsten Anwendungen leisten Dünnschichttechnologien einen wichtigen Beitrag, um innovative Lösungen zu entwickeln.

Über alle Branchen hinweg werden optische Komponenten für automatisierte Produktionsprozesse ebenso benötigt wie für die Anwendungen selbst. Im Fitness-tracker finden sich optische Systeme genauso wie in einem Mars-Rover. Notwendig sind einzelne bis hin zu mehreren Hundert gegenüber Umwelteinflüssen stabile Schichten, die jeweils auf wenige Atomlagen genau abgeschieden werden müssen.

Am Fraunhofer IST entwickeln wir solche präzisionsoptischen Systeme und die zugehörigen Produktionsprozesse. Eine wichtige Komponente sind in vielen Fällen Interferenzfilter zur Reduktion der Reflexion, Einschränkung der Transmission oder Auswahl der Polarisation. Der Einsatz verschiedener Lichtquellen von LED bis Laser und die Kombination mit geeigneter Sensorik führen zu multiplen Anforderungen in breiten Spektralbereichen.

Prozessverständnis ermöglicht Flexibilität bei höchster Präzision

Ausgehend von einem simulationsgestützten Prozessverständnis haben wir am Fraunhofer IST die Möglichkeit, unsere Beschichtungsverfahren optimal auf beste Schicht- und Substrateigenschaften anzupassen.

Mit der Beschichtungsplattform EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) steht eine produktionstaugliche Anlage für hochpräzise Interferenzfilter zur Verfügung und in Kombination mit der Prozesskontroll- und Steuerungssoftware MOCCA® (Modular Optical Coating Control Application) können auch komplexe Filter mit vielen Hundert Schichten realisiert werden, wie wir sie anhand der Anforderungen unserer Kunden entwerfen.

Modellgestützte Produkt- und Prozessoptimierung, verbessertes Prozessverständnis

Produkt- und Prozesssimulation ermöglicht – valide Modelle vorausgesetzt – die Durchführung von Machbarkeits- und Optimierungsstudien sowie die Beurteilung und effiziente Verwertung der Ergebnisse bei zunächst minimalem experimentellen Aufwand. Daher erstellen wir zur Optimierung der Prozesse und Anlagen passgenaue Simulationen und virtuelle Beschichtungsläufe. Diese verknüpfen wir mit optischer Messtechnik zur Prozesskontrolle und Qualitätssicherung.



Mit der zunehmenden Digitalisierung gewinnen optische Anwendungen immer mehr an Bedeutung. Unseren Kunden bieten wir anwendungsnahe Lösungen für optische Systeme auf dem Gebiet der Schicht- und Oberflächentechnik.«

Dr. Michael Vergöhl / Abteilungsleiter

Kontakt

Dr. Michael Vergöhl
Abteilungsleiter
Telefon +49 531 2155-640
michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de



1 *Optisches Breitband-Monitoring-System MOCCA+®.*

2 *Mit dem EOSS®-System können modernste Hochpräzisionsschichten hergestellt werden.*

Präzisionsoptische Schichten

In vielen industriellen Anwendungen wie der Photovoltaik, Displaytechnologie, Architektur- und Kfz-Verglasung, Feinoptik, Verkehrs-, Informations- und Elektrotechnik sowie der Luft- und Raumfahrt ist die Beschichtung optischer Baugruppen mit höchster Präzision der Schlüssel zur Realisierung geforderter Produkteigenschaften wie Reflexion, Transmission, Polarisation, Streuung oder Farbe.

Bei der Produktion optischer Schichten setzen wir am Fraunhofer IST auf den Einsatz der Magnetronsputter-Technologie. Unter Betrachtung der Prozesskette und der Systemeigenschaften von Werkzeugen und Bauteilen entwickeln wir belastungsgerechte Oberflächen für kundenspezifische Anwendungen. Unsere an Anlagenbauer lizenzierte EOSS®-Technologie ermöglicht die Herstellung neuer und extrem anspruchsvoller optischer Beschichtungen im industriellen Maßstab mit hoher Prozesssicherheit.

Die Produktivität der Beschichtungsanlagen unserer Kunden kann durch unsere MOCCA+®-Software gesteigert werden, die nicht nur ein optisches In-situ-Monitoring erlaubt, sondern die Beschichtung auch adaptiv steuern kann. Ausgehend von einem simulationsgestützten Prozessverständnis haben wir die Möglichkeit, unsere Beschichtungsverfahren optimal für alle geforderten Schichteigenschaften und Substratgeometrien anzupassen. Darüber hinaus verfügen wir über vielfältige Möglichkeiten zur Kombination mit besonderen Eigenschaften wie Kratzschutz einem Kontaktwinkel oder einer Strukturierung. Auch auf ausgefallenen Substraten wie Saphir oder Kunststoffen in unterschiedlichsten Größen, plan oder gekrümmt, können wir die gewünschten optischen Eigenschaften realisieren. Diese Kompetenzen werden ergänzt durch die Entwicklung optischer Messtechnik, zugeschnitten auf die speziellen Wünsche und Anforderungen unserer Kunden.



Mit der EOSS® konnten wir vieles realisieren, was vor 10 Jahren unmöglich schien. Heute arbeiten wir an der Weiterentwicklung dieser innovativen Technologie, wobei die Digitalisierung eine immer größere Rolle spielt.«

Dipl.-Phys. Stefan Bruns / Projektleiter

Kontakt

Dr. Philipp Henning
Gruppenleiter
Telefon +49 531 2155-645
philipp.henning@ist.fraunhofer.de



Unsere Dünnschichtsysteme mit maßgeschneiderten optischen und elektrischen Eigenschaften sind Schlüsselkomponenten für die Energiewende.«

Dr.-Ing. Ralf Bandorf / Gruppenleiter

Optische und elektrische Systeme

Optische Reflexion oder Transparenz sowie elektrische Isolation oder ein definierter Schichtwiderstand stellen die Schlüsselanforderungen für eine Vielzahl von Produkten dar. Solarzellen, Sensoren, Heizelemente oder lokale Wasserstofferzeugung – in einer Vielzahl von Produkten ist die gezielte Abstimmung von optischen und elektrischen Eigenschaften essenziell.

Ausgehend von der aktuellen Fragestellung modellieren wir am Fraunhofer IST gewünschte optische Eigenschaften und bieten geeignete Schichtlösungen an. Dies ist in Kombination mit der Realisierung von spezifischen Anforderungen an die elektrische Leitfähigkeit möglich. Auf verschiedenen Substraten wie Metall, Kunststoff oder Keramik können in unterschiedlichsten Größen auf ebenen und dreidimensionalen Oberflächen die gewünschten optischen bzw. elektrischen Funktionen umgesetzt werden. Die Realisierung von Mustern bis hin zu Kleinserien erfolgt an industriellen Beschichtungsanlagen. Begleitend erfolgt die optische und elektrische Charakterisierung der entwickelten Schichten bzw. Schichtsysteme.

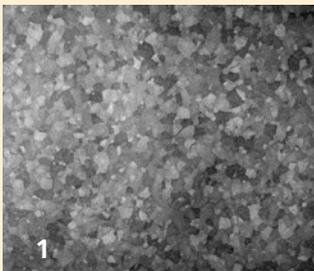
Glasröhre von BASF mit transparenter ITO-Heizleiter-Beschichtung zur Beheizung von Destillierkolonnen in der chemischen Verfahrenstechnik.

Kontakt

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

Nachhaltiger Wasserstoff aus Sonnenlicht

Auf der Suche nach Energiequellen der Zukunft, die CO₂-Emissionen vermeiden und trotzdem eine stabile Energieversorgung bereitstellen, kommt Wasserstoff eine Schlüsselrolle zu. Im Rahmen des Fraunhofer-Verbundprojekts »Neo-PEC« wird aus diesem Grund ein Tandem-Modul entwickelt, das in Zukunft grünen Wasserstoff direkt mittels Sonnenlicht kostengünstig und sauber erzeugen und so eine dezentrale Wasserstoffversorgung ermöglichen soll.



Laser-Scanning-Mikroskopaufnahme einer Halbzelle (Glas/In₂O₃:Sn/TiO₂:Nb) vom n-Typ (Photoanode). Die lateralen Strukturgrößen der obersten TiO₂:Nb-Schicht erreichen bis zu ca. 3 µm.

Projektansatz

Der im Verbundprojekt »Neo-PEC« gewählte Ansatz sieht die Realisierung einer Tandemzelle bestehend aus zwei Halbzellen vor (vgl. Grafik 4), die die getrennte Abführung der im Prozess entstehenden Gase erlaubt. Mit diesem Zelltyp ist theoretisch ein maximaler Wirkungsgrad der photokatalytischen Wasserspaltung von mehr als 25 Prozent möglich¹, da die Halbleiter jeweils einen unterschiedlichen Teil des Sonnenspektrums nutzen. Hier besteht eine Analogie zur natürlichen Photosynthese, bei der ebenfalls zwei Bereiche des Sonnenlichts, der blaue und der rote Farbanteil, genutzt werden. In der Praxis wird für solche einfachen Tandemzellen derzeit jedoch nur etwa ein Prozent Wirkungsgrad erreicht. Die Gründe hierfür sind vielfältig:

- unzureichende Qualität der Halbleiter
- stark absorbierende Kontaktstrukturen
- schnelle Degradation im Elektrolyten und Verluste durch nicht aufeinander abgestimmte Halbzellen

Auf der anderen Seite konnten mit einem komplexen Aufbau, technisch aufwändigen Abscheideverfahren und teuren Materialien bereits 19 Prozent Wirkungsgrad demonstriert werden².

An dieser Stelle setzt das Vorhaben an. Ziel ist es, die Lücke zwischen den bereits erreichten 19 Prozent und 1 Prozent zu schließen und dabei einen möglichst einfachen Aufbau beizubehalten. Angestrebt wird ein Wirkungsgrad von 10 Prozent. Hierzu wird das Gesamtsystem optimiert: Für die transparenten Kontakte wird das langjährige Know-how des Fraunhofer IST eingesetzt und auf die Anforderungen der Tandemzelle abgestimmt. Hochwertige Halbleiter mit intrinsischer Beständigkeit sollen am Fraunhofer IST mit neuartigen und modifizierten PVD-Verfahren realisiert werden, die eine großflächige, defektarme und kostengünstige Abscheidung erlauben.

Solare Wasserspaltung

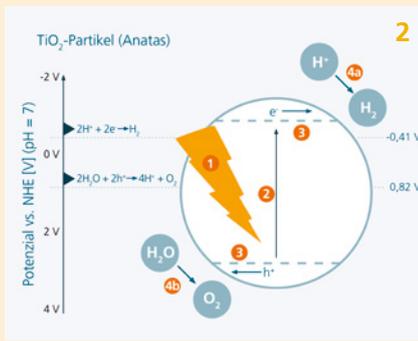
Das zugrundeliegende Prinzip ist seit mehr als 40 Jahren bekannt und ähnelt der natürlichen Photosynthese: Bei der photoelektrokatalytischen Wasserspaltung (engl.: **photoelectrocatalytic water splitting, PEC**) handelt es sich um eine lichtgetriebene Wasserelektrolyse, bei der zunächst durch Sonnenlicht in einem geeigneten halbleitenden Absorbermaterial Elektronen und Löcher generiert werden. Im einfachsten Fall kann dies z. B. mit Titanoxidpartikeln in einem Elektrolyten erreicht werden (vgl. Grafik 2). Die durch Licht energetisch angehobenen Elektronen und Löcher gelangen dann durch Diffusion und/oder Bandverbiegung an die Grenzfläche des Partikels zum wässrigen Elektrolyten und treiben dort jeweils eine chemische Reaktion zur Wasserstoff- und Sauerstoffbildung an.

Die Abbildung 3 zeigt die photokatalytische Wasserspaltung mittels einer beleuchteten n-Typ-Halbleiterschicht zur Sauerstoffproduktion und einer Platin-Gegenelektrode für die Wasserstofferzeugung. Der Vorteil gegenüber der Variante mit Partikeln besteht darin, dass die Wasser- und Sauerstoff-erzeugung bereits räumlich getrennt stattfinden. Dieses Setup, das auch als Halbzelle bezeichnet wird, benötigt in der Regel zusätzlich noch eine geringe externe Hilfsspannung, um die Energie der Elektronen und Löcher weiter zu steigern.

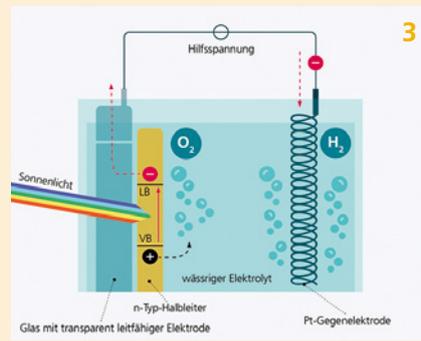
Literatur:

¹ Montoya et al., *Materials for solar fuels and chemicals*, *Nature Materials* 16 (2017), 70–81.

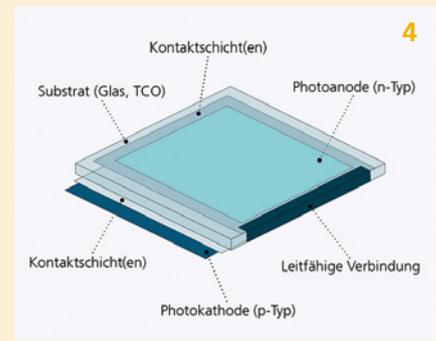
² Cheng et al., *Monolithic Photoelectrochemical Device for Direct Water Splitting with 19% Efficiency*, *ACS Energy Lett.* 3 (2018), 1795–1800.



Schematische Darstellung der während der Wasserspaltung an einem halbleitenden Partikel auftretenden Prozesse (1–4).



PEC-Halbzellenaufbau mit einer n-Typ-Photoanode, die leitend mit einer Platin-Gegenelektrode verbunden ist.



Darstellung einer Tandemzelle aus je einem n- und p-Halbleiter, verbunden durch transparente Kontakte zur Erzeugung von Sauerstoff (Anode) und Wasserstoff (Kathode).

Die Umsetzung erfolgt in enger Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS und dem Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP, die u. a. ihre Expertise im Bereich der Sputtertarget-Herstellung, der thermischen Behandlung, der photoelektrischen Charakterisierung und des großflächigen Demonstratorbaus einbringen.

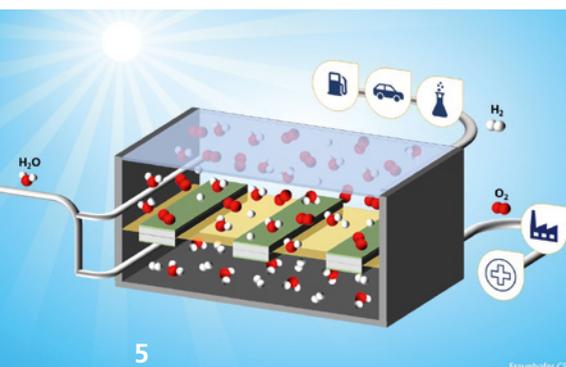
Zusätzlich ist für Spannungen ab etwa 1,5 Volt die herkömmliche spannungsgetriebene Elektrolyse am stark ansteigenden Strom zu erkennen. Insgesamt sind die photogenerierten Ströme mit 10 bis 20 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ im Vergleich zu den angestrebten Werten im Milliampere-Bereich jedoch noch gering.

Ergebnisse

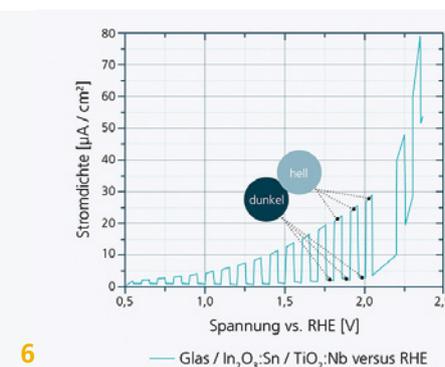
In der ersten Projektphase wurden am Fraunhofer IST auf Titanoxid basierende Halbzellen vom n-Typ mittels Sputterabscheidung und anschließendem »Explosive Growth« als Modellsystem zu Testzwecken realisiert (vgl. Abbildung 1). Die Vermessung der Photoströme im wässrigen Elektrolyten erfolgte am Fraunhofer CSP (vgl. Grafik 6). Der Stromunterschied zwischen hellen und dunklen Bedingungen belegt die gewünschte Wirksamkeit als Photoanode und die damit einhergehende photoelektrische Sauerstoffherzeugung.

Ausblick

Im weiteren Projektverlauf erfolgen der Übergang zu Wolframoxid als n-Typ-Material, welches höhere Photoströme als Titanoxid erlaubt, sowie die Etablierung von Kupferchromoxid (CuCrO_2) als p-Typ-Kathode zur Wasserstoffherzeugung. Gemeinsam mit den Projektpartnern werden Schwachstellen identifiziert und darauf basierend der Photostrom bzw. Wirkungsgrad gesteigert. Ziel ist ein Demonstratormodul mit 1 m^2 Fläche (vgl. Grafik 5).



Tandem-Modul zur solaren Wasserspaltung. © Fraunhofer CSP



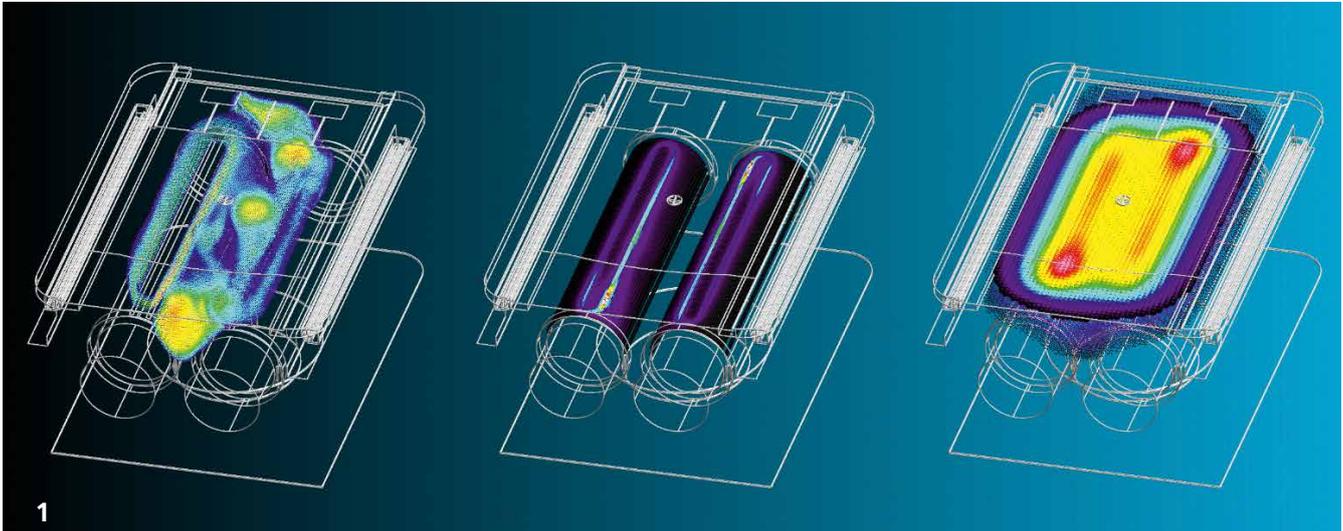
Biasspannungs- und beleuchtungsabhängiger Photostrom einer Glas/ In_2O_3 :Sn/ TiO_2 :Nb-Halbzelle versus RHE, pH-Wert: 6–7.

Kontakt

Dr. Stephan Ulrich
Telefon +49 531 2155-618
stephan.ulrich@ist.fraunhofer.de



Simulation & Digital Services



Plasmasimulation eines Sputterprozesses mit Doppelrohrtargets (links), Extraktion der Erosionsprofile auf den Targets (Mitte) und Simulation der Beschichtungsstromdichte am Substrat (rechts).

In Kombination mit verbesserter Sensordatenerfassung ermöglicht die Prozesssimulation die Erschließung zunehmend effizienter und präziser Beschichtungsverfahren. Damit können die progressiv steigenden Kosten- und Qualitätsanforderungen in der Dünnschichttechnik bedient und zusätzlich Informationen zur Produktivität und Nachhaltigkeit von Prozessketten gewonnen werden.

Am Fraunhofer IST entwickeln wir Simulationssoftware und -codes, um Einblicke in die Prozessdynamik und Parameter-Eigenschaftsbeziehungen von Beschichtungen zu erhalten. Versuchsreihen bei der Prozess- und Anlagenentwicklung



Simulation ermöglicht das Erproben und Evaluieren neuer Prozesse vor der Konstruktion. Datenerfassung und In-situ-Modellierung sind die Basis einer wissensbasierten Prozesskontrolle für höhere Produktqualität und verringerten Ausschuss.«

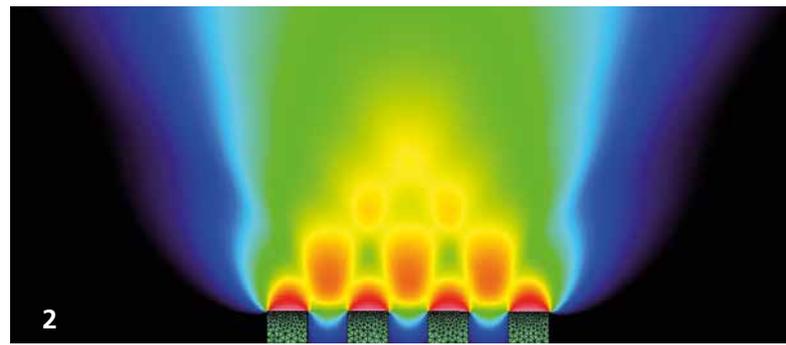
Dr. Andreas Pflug / Gruppenleiter

lassen sich damit teilweise substituieren, wodurch unsere Kunden Zeit und Kosten sparen. Bei der Durchführung von Simulationsstudien profitieren wir von unserer Kompetenz in der Dünnschicht-Beschichtungstechnik. Unsere umfangreiche Anlagenausstattung ermöglicht des Weiteren die Validierung unserer Modelle. Daneben bieten wir Wissenstransfer durch Hands-on-Workshops und Lizenzierung unserer Software.

Unser Angebot umfasst darüber hinaus:

- Optimierung von Niederdruck-Beschichtungsprozessen
- Plasma- und Strömungssimulation
- Simulation des Staub- und Aerosoltransports
- Thermodynamische Simulation
- Software für messtechnische Lösungen
- Datenerfassung und modellgestützte Datenauswertung an Beschichtungsanlagen

DC-Doppelmagnetron-Entladung simuliert mit PIC-MC.



Außerdem bieten wir Unterstützung im Bereich HPC- und Cloud-Computing, Simulationsstudien, Lehrgänge und Softwarelizenzen unserer Simulationscodes nach der Direct Simulation Monte Carlo-Methode (DSMC)- und/oder Particle-in-Cell-Monte Carlo (PIC-MC)-Methode.

Datenerfassung und modellgestützte Prozessoptimierung

Am Fraunhofer IST existieren zahlreiche Anlagen, welche in Echtzeit Daten erfassen und in Datenbanken ablegen. Dies schließt Metadaten mit ein. Auf Basis dieser Daten werden unterschiedlichste Konzepte zur Visualisierung und zur modell- oder datengestützten Auswertung entwickelt und implementiert. Der Aufbau dieser Kompetenz ist ein wichtiger Baustein der Strategie zur Digitalisierung von Prozessen und Prozessketten.

Datengestützte Modelle ermöglichen Produkt- und Prozessoptimierungen mittels unterschiedlicher KI-Ansätze, wie zum Beispiel Deep Learning bzw. neuronale Netze, Grey-Box-Modelle oder echtzeitfähige, vereinfachte physikbasierende Modelle. Wir unterstützen unsere Kunden im Aufbau ihrer Infrastruktur auf ihrem Weg in die Digitalisierung mittels Datenerfassung und Entwicklung spezifischer Produkt- und Prozessmodelle.

Ausblick – das erwartet Sie!

Unsere physikbasierten Simulationscodes ermöglichen eine Multiskalenbetrachtung vom Prozess bis hin zu den Schicht- und Produkteigenschaften. Mit der Überführung dieser Codes in semiempirische Modelle und datengetriebene KI-Ansätze arbeiten wir zurzeit an der Entwicklung echtzeitfähiger digitaler Zwillinge von Beschichtungsprozessen. Damit können in Zukunft mit minimalem Zeitaufwand Beschichtungsprozesse optimiert und modellgestützt überwacht werden. Prozessdrifts werden vom Modell online nachverfolgt und die Vorhersage erforderlicher Wartungen vermeidet unnötigen Ausschuss und erhöht die allgemeine Produktivität von Prozessketten.

Dashboard-Ansicht der In-situ-Prozessdaten von der Reinigungsanlage am Fraunhofer IST.



Kontakt

Dr. Andreas Pflug
 Gruppenleiter
 Telefon +49 531 2155-629
 andreas.pflug@ist.fraunhofer.de



Mit MOCCA[®] hergestellter dielektrischer Strahlteiler.

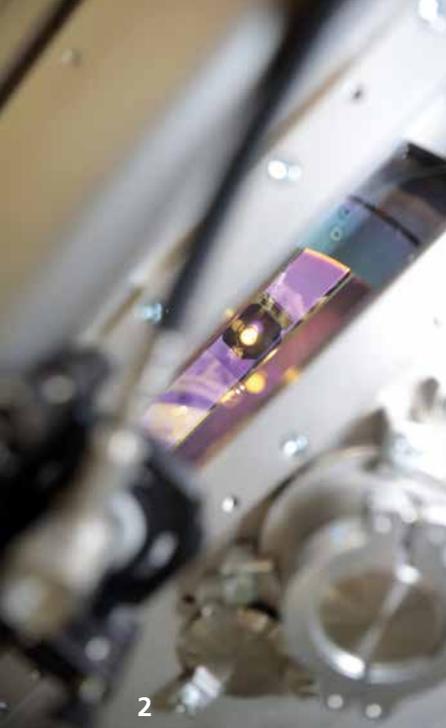
Prozessautomatisierung mit MOCCA⁺[®]

Die Komplexität und Produktvielfalt industrierelevanter optischer Systeme steigt kontinuierlich an. Mit fortschreitender Digitalisierung werden zunehmend flexible Produktwechsel notwendig. Anwender, auch in der Dünnschichtindustrie, erwarten einen immer höheren Automatisierungsgrad der Anlagen. Das Fraunhofer IST bietet mit der EOSS[®]-Technologie (Enhanced Optical Sputtering System) die Möglichkeit einer flexiblen Produktion optischer Dünnschichtsysteme mit höchster Qualität. Die am Fraunhofer IST entwickelte MOCCA⁺[®]-Software (Modular Optical Coating Control Application) ist in der Lage, neben dem optischen Breitbandmonitoring der einzelnen Schichten eines Filters auch die Steuerung der EOSS[®]-Anlage zu übernehmen. Zwischen den einzelnen Beschichtungsaufträgen ist kein Eingreifen des Anwenders mehr notwendig, da der Austausch der Substrate automatisiert erfolgt.

Produktionsplanung

Produzenten optischer Komponenten und deren Beschichtungen fordern immer öfter die Möglichkeit einer Planung von vielen Beschichtungsbatches nacheinander, um beispielsweise das Wochenende hindurch produzieren zu können. Die in die MOCCA⁺[®]-Software integrierte Produktionsplanung ist in der Lage, diese Aufgabe zu übernehmen. Der Anlagenoperator definiert dafür die zu beschichtenden Substrattypen für jeden einzelnen Prozess in einer visuellen Oberfläche – komfortabel per Drag-and-drop. Vor dem Prozessstart wird überprüft, ob die definierten Substrattypen auch in der gewünschten Anzahl in der Prozesskammer bzw. der Magazinkammer vorhanden sind. Ist dies gegeben, werden die beschichteten Substrate automatisch ausgeschleust sowie neue unbeschichtete Substrate in die Prozesskammer überführt.

Der eigentliche Beschichtungsprozess findet unter Hochvakuum statt. Die Verwendung einer separaten Magazinkammer ermöglicht das Belüften allerdings auch während eines laufenden Prozesses. Dadurch können jederzeit beschichtete Substrate aus der Magazinkammer entnommen und unbeschichtete Substrate für die nächsten geplanten Prozesse eingelegt werden. Nach erfolgreichem Austausch der Substrate wird das Magazin wieder abgepumpt. Um die unterbrechungsfreie Durchführung mehrerer Prozesse hintereinander zu gewährleisten, braucht der Operator daher nur darauf zu achten, dass das Magazin zum Ende der aktuellen Beschichtung wieder bereit ist. Je nach Produkt stehen mehrere Stunden zur Verfügung, sodass dies gewährleistet ist. Bei dünneren Schichtstapeln unterstützt MOCCA⁺[®] auch mehrere Magazinkammern.



2



3

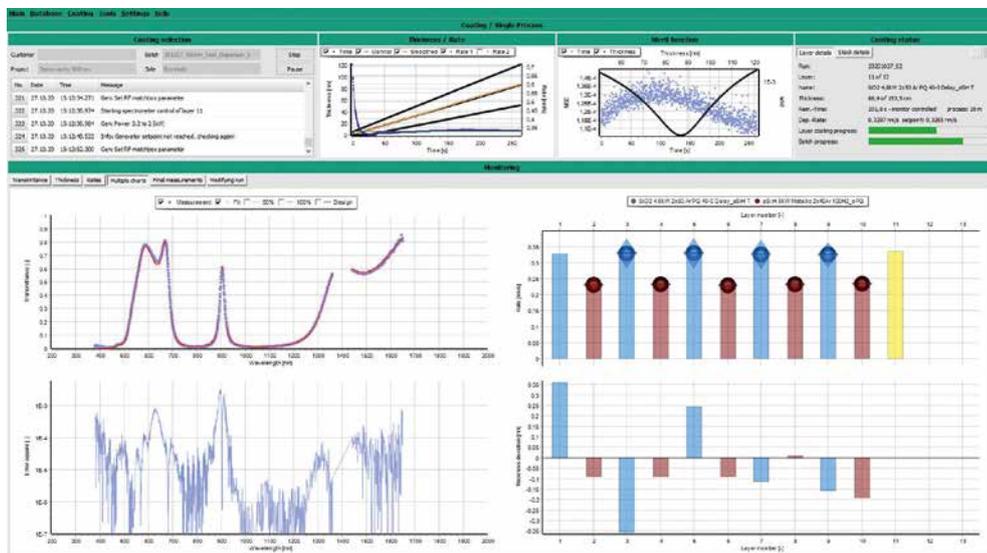
Strahlengang durch die Anlage (links) und Eingangsfenster mit variabler Messposition über dem Substrat (rechts).
Foto: VON ARDENNE Corporate Archive

Prozesssicherheit

MOCCA+® ist direkt mit der speicherprogrammierbaren Steuerung SPS verbunden, der Hauptkomponente zur Steuerung der Beschichtungsanlage. Dies ermöglicht eine sehr schnelle Reaktion z. B. bei Fehlermeldungen und erhöht damit die Prozesssicherheit erheblich. Indem der Ausfall gesamter Beschichtungschargen vermieden wird, können Zeit und Material gespart werden. So ist MOCCA+® einerseits in der Lage, einen Stopp des Beschichtungsprozesses zu veranlassen, falls eine kritische Abweichung vom erwarteten Beschichtungsverlauf detektiert wird. Auf der anderen Seite pausiert die SPS den Prozess, sobald eine der Anlagenkomponenten ihren spezifizierten Parameterbereich verlässt oder Kommunikationsstörungen auftreten.

Durch diese schnellen Unterbrechungen lassen sich unerwünschte Beschichtungszustände vermeiden. Nachdem der Operator die Ursache des Problems behoben hat, kann die Beschichtung fortgesetzt werden. Falls es zu einem Stromausfall kommen sollte, wird dies ebenfalls an MOCCA+® kommuniziert und der Prozess sowie der PC können geordnet heruntergefahren werden, solange die USV (unterbrechungsfreie Stromversorgung) noch aktiv ist. Dadurch wird ein Datenverlust verhindert und in vielen Fällen sogar eine anschließend erfolgreiche Beschichtung ermöglicht. Aufgrund des modularen Aufbaus der MOCCA+®-Software ist es möglich, Anpassungen auch an anderen Typen von Beschichtungsanlagen durchzuführen.

4



Oberfläche während einer laufenden Beschichtung.

Kontakt

Thomas Melzig M.Sc.
Telefon +49 531 2155-644
thomas.melzig@ist.fraunhofer.de

Grenzflächenchemie und adaptive Haftsysteme

Bei der definierten Benetzung von Oberflächen und der gezielten Steuerung der Adhäsion z. B. von Beschichtungen, Klebstoffen und Biomolekülen oder bei der Enthftung in Recyclingprozessen ist die optimale Gestaltung der Grenzfläche ein entscheidender Erfolgsfaktor und ein Schlüssel zu Innovationen.

In der Produktion unterschiedlichster Güter sind die Qualitätsanforderungen und Vorgaben hoch und führen wie z. B. in der Medizin- und Pharmatechnologie zu einem hohen Innovations- und Kostendruck. Die Beschaffenheit der Grenzflächen entscheidet oft über die Funktionalität, die Beständigkeit, die Recyclingfähigkeit und letztlich auch die Qualität eines Produktes.

Am Fraunhofer IST arbeiten wir an Lösungen für Produkt- und Produktionssysteme, die eines gemeinsam haben: eine optimale Grenzfläche. Wir nutzen unsere langjährige Expertise für die Vorbehandlung und Beschichtung von komplexen Oberflächen sowie industriennahe und nachhaltige elektrochemische Verfahren und Atmosphärendruckplasma, um eine für unsere Kunden optimale Prozesskette zu entwickeln.

Basierend auf unserem modularen Prozesskonzept mit dem Fokus auf nachhaltige und ressourcenschonende Technologien, einer prozessbegleitenden Analytik sowie mit Hilfe von Simulationsverfahren erarbeiten wir die passende Systemlösung für individuelle Problemstellungen.

Zur Absicherung der Ergebnisse steht uns ein umfangreiches Portfolio an Oberflächenanalyseverfahren zur Verfügung. So entstehen nachhaltige Produkte entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Entstehung bis zum Recycling.



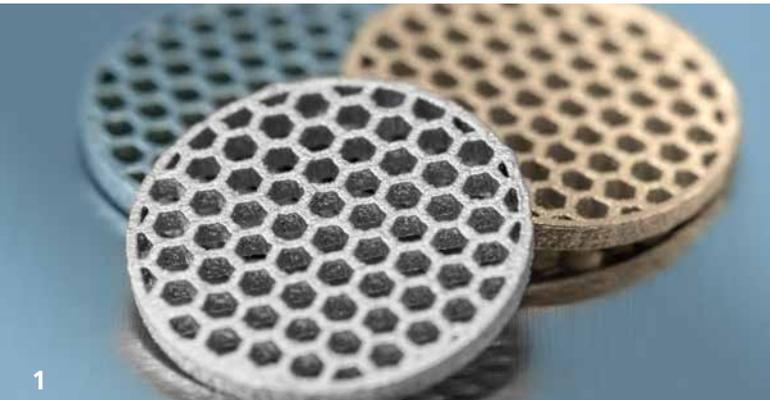
Über eine optimale Grenzfläche lässt sich die Adhäsion vieler Materialkombinationen deutlich erhöhen. Dadurch können für viele Produkte sowohl der Einsatzbereich erweitert als auch die Funktionalität und die Langzeitstabilität verbessert werden.«

Prof. Dr. Michael Thomas / Abteilungsleiter

Kontakt

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

Galvanotechnik und nasschemische Prozesse



1
Additive Manufacturing: Galvanische Abscheidung auf filigranen Strukturen.

Soll eine Beschichtung die Eigenschaften eines Grundmaterials verbessern, neue Eigenschaften hinzufügen oder die Oberfläche schützen, nimmt die Galvanotechnik als effektives und kostengünstiges Verfahren nach wie vor eine Schlüsselposition in vielen Branchen ein.

Aufgrund steigender Kundenanforderungen hinsichtlich der Prozesstransparenz, hoher Personal- und Energiekosten sowie stetig wachsender Anforderungen an die Arbeits- und Chemikaliensicherheit, insbesondere getrieben durch die Europäische Chemikalienverordnung REACH, besteht ein hoher Innovationsdruck.



Durch den Einsatz digitaler Methoden sehen wir die Möglichkeit, galvanotechnische Prozesse zukünftig agiler, flexibler und nachhaltiger zu gestalten.«

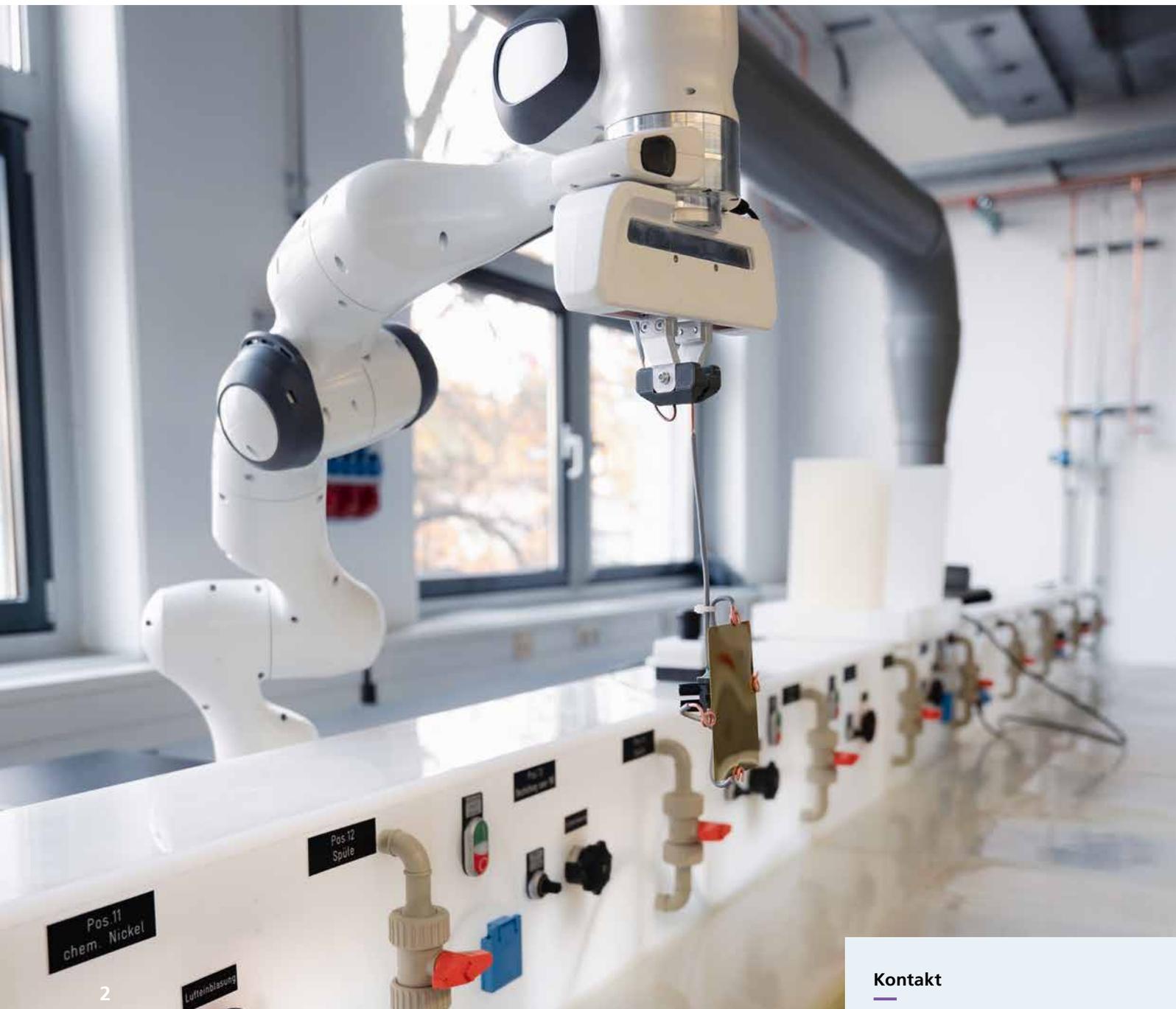
Rowena Duckstein M.Sc. / Gruppenleiterin

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, arbeiten wir intensiv an der Digitalisierung unserer Beschichtungsprozesse und an einer vollautomatisierten, umweltverträglichen und ressourceneffizienten Prozesstechnik.

Gemeinsam mit unseren Kunden und Partnern entwickeln wir Lösungen für verschiedenste Fragestellungen, u. a. zu den Themen Cr(VI)-Ersatz, REACH-konforme Vorbehandlung und Beschichtung von Kunststoffen, Vorbehandlung für den Hybridspritzguss, Schichtentwicklung für Multimaterialsysteme sowie elektrochemische Verfahren zum Recycling seltener Erden.

Ausblick – das erwartet Sie!

Am Fraunhofer IST können für die Galvanotechnik zukünftig Produkt- und Prozessentwicklung vom Labor- bis zum Technikumsmaßstab mit Hilfe modernster Anlagen- und Analysetechnologie dargestellt werden. In Zusammenspiel mit vor- und nachgelagerten Prozessschritten sind die Erarbeitung eines umfangreichen Datenverständnisses für die agile und flexible Produktion und hieraus generierte Produkte sowie die Konzeption und Entwicklung neuer Methoden und Werkzeuge für die Digitalisierung des Produktionssystems wichtige Ziele.



2

Roboterassistierte Verfahrenstechnik zur Untersuchung kollaborierender Prozessabläufe in der Galvanotechnik.

Kontakt

Rowena Duckstein M.Sc.
Gruppenleiterin
Telefon +49 531 2155-619
rowena.duckstein@ist.fraunhofer.de



Modulare, prozessgesteuerte Galvanikanlage im 20-l-Maßstab mit integrierter Badanalyse und automatisierter Nachdosierung.

Digitalisierung in der Galvanotechnik

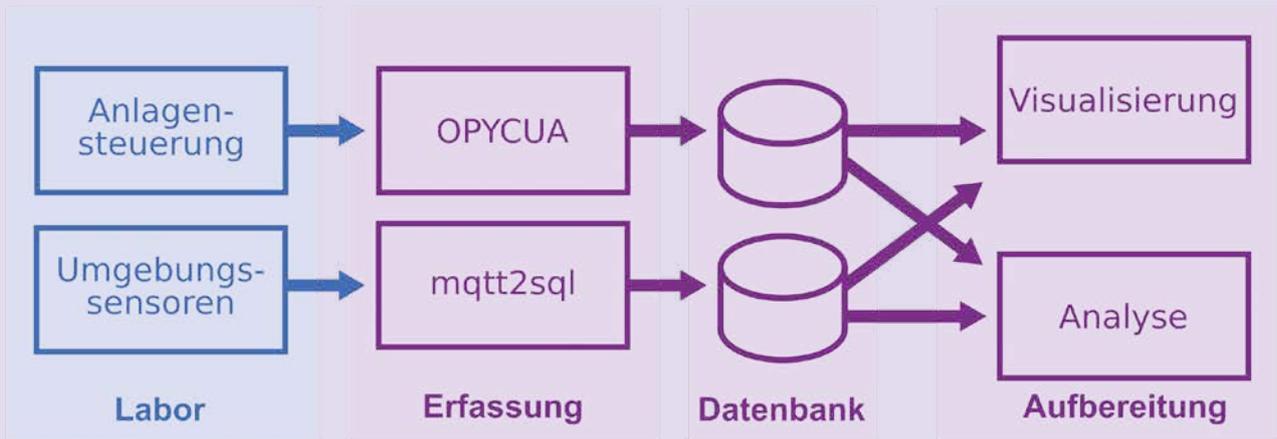
Die Galvanotechnik ist eines der effektivsten und kostengünstigsten Verfahren der Oberflächentechnik und besitzt in diesem Bereich den weltweit größten Marktanteil. Die Produktionstechnik ist jedoch durch eine hohe Komplexität gekennzeichnet und hängt von einer Vielzahl prozesseigener und -fremder Faktoren ab. Aufgrund dessen besteht ein sehr hoher Innovationsdruck zur Digitalisierung der Prozesse sowie zur Entwicklung einer vollautomatisierten, umweltverträglichen und energie- und ressourceneffizienten Prozesstechnik, der durch zunehmende Anforderungen von Kunden und die Umweltgesetzgebung noch verstärkt wird.

Herausforderungen der Digitalisierung in der Galvanotechnik

Für die Umsetzung der Digitalisierung bedarf es der Erfassung aller relevanten Prozessparameter zur Abbildung der gesamten Beschichtungsprozesskette in einem digitalen Zwilling. Die Verfügbarkeit der relevanten Daten sowie Software zur Datenerfassung und -auswertung ist dafür eine wesentliche Voraussetzung. In der industriellen Oberflächentechnik existiert jedoch noch keine geeignete und dabei hinreichend kostengünstige Messtechnik; selbst kritische Prozessparameter können oft nur offline kontrolliert werden. Die Produktqualität kann somit bisher nur am Endprodukt festgestellt werden.

Automatisierte Datenerfassung und -verarbeitung

Am Fraunhofer IST werden derzeit alle Galvanikanlagen für den Forschungs- und Technikumsmaßstab mit modernster Anlagensteuerung und In-situ-Analytik der Prozessbäder ausgestattet sowie mit einer automatisierten Datenerfassung und -verarbeitung verknüpft. Hierzu wird Software entwickelt, welche beispielsweise über den OPC-UA-Standard Prozessdaten abgreift, aufbereitet und in zentralen Datenbanken abspeichert. Durch die zentrale Datenhaltung ist es möglich, unter anderem während der Beschichtung die abgeschiedene Schichtdicke in Echtzeit zu berechnen und dem Operator zur Verfügung zu stellen.



Software-Werkzeuge zur Erfassung, Speicherung und Aufbereitung prozessbezogener Daten.

Innovative Lösungen im Bereich nachhaltiger Prozessentwicklung und -führung sowie im Qualitätsmanagement

Die modular aufgebaute Anlage ermöglicht eine flexible Bearbeitung individueller Kundenanfragen zur Einstellung verschiedenster Schichtfunktionen auf unterschiedlichsten Substraten. Die kontinuierliche Prozessdatenerfassung liefert eine transparente Prozess- und Schichtentwicklung mit verschiedenen Auswertungs- und Visualisierungsmöglichkeiten. Zusätzlich ermöglichen digitale Schnittstellen eine herstellerübergreifende Zusammenarbeit von Mess- und Produktionssystemen und dadurch eine automatisierte Elektrolytsteuerung. Die Prozesse können somit langzeitstabil und ressourcenschonend gefahren werden.

Ausblick

Die beschriebenen Arbeiten stellen die Basis für den Aufbau eines digitalen Abbilds galvanotechnischer Prozessketten dar. Innerhalb eines cyber-physischen Systems, also der Verknüpfung des physischen Produktionsprozesses mit den Daten des digitalen Abbilds, können so innovative Lösungsansätze zum Beispiel für eine Echtzeitsteuerung, für eine prädiktive Wartung oder auch für die Entscheidungsunterstützung bei einer nachhaltigen Prozessentwicklung sowie für die Schulung von Mitarbeitern bereitgestellt werden.



Rowena Duckstein und Holger Gerdes diskutieren am Dashboard die Echtzeitdaten, welche eine kontinuierliche Qualitätskontrolle der Prozesse ermöglichen.



Kontakt

Rowena Duckstein M.Sc.
 Telefon +49 531 2155-619
 rowena.duckstein@ist.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Holger Gerdes
 Telefon +49 531 2155-576
 holger.gerdes@ist.fraunhofer.de

Optimierung galvanischer Prozesse durch das Verständnis des Wasserstoff-Gefährdungspotenzials

Grundlage für die sichere Anwendung von Hochleistungsstählen ist ein zuverlässiger und langzeitstabiler Korrosionsschutz. Dieser kann mittels galvanischer zinkbasierter Beschichtungen sichergestellt werden. Jedoch kommt es während des Beschichtungsprozesses zu einem Wasserstoffeintrag, wodurch mit zunehmender Festigkeit des Stahls das Risiko für Brüche infolge wasserstoffinduzierter Spannungsrisskorrosion (H-SpRK) steigt. Im IGF-Vorhaben »HAEgaS« erfolgten hierzu systematische Untersuchungen zur Ableitung kritischer Zustände der Betriebsstoffe und Beschichtungsparameter.

Aktueller Umgang mit fertigungsbedingtem Wasserstoff-Gefährdungspotenzial

Mittels Wärmenachbehandlung kann der eingetragene Wasserstoff zur Effusion angeregt werden, sodass er keinen Schaden am Werkstoff verursacht. Die Behandlungsparameter werden aber aufgrund mangelnder Kenntnisse auf rein phänomenologischer Basis festgelegt. Alternativ könnte die Wirksamkeit der Prozessführung und der Wärmebehandlung durch die in DIN 50969-2 beschriebenen Verspannversuche überprüft werden. Allerdings gestaltet sich eine kontinuierliche prozessbegleitende Überprüfung als zeit- und kostenaufwändig, denn Brüche infolge von H-SpRK können auch noch nach einer Verspanndauer von 200 Stunden auftreten.

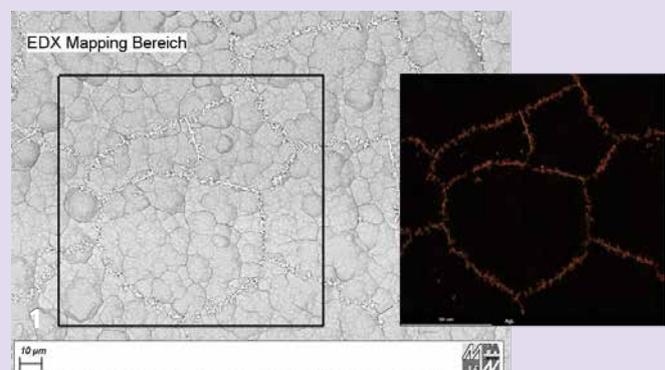
Systematische Analyse der prozessbedingten Einflüsse auf die Wasserstoffaufnahme

Innerhalb des Projekts »HAEgaS« wurde am Fraunhofer IST die galvanische Zink-Nickel-Beschichtung von Stahl mit Verfahren der statistischen Versuchsplanung untersucht. Mit dieser Methodik konnten Wasserstoffaufnahme- und Effusionsverhalten der beschichteten Stähle sowie Zusammensetzung, Beschichtungsrate, Chemikalienverbräuche und andere wichtige Kenngrößen von Schicht und Prozess als Funktion von insgesamt acht Faktoren beschrieben und optimiert werden. Im Detail wurden neben Temperatur, Stromdichte und Trommeldrehzahl auch die Badzusammensetzung untersucht, d. h. die Konzentrationen von Ni, Zn, OH-, Komplex- und Glanzbildneradditiven.

Ableitung kritischer Zustände für Betriebsstoffe und Beschichtungsparameter

Mit der statistischen Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich der Signifikanzen und der Gewichtung der Einflussfaktoren ist eine Bezifferung der einzelnen Prozesseinflussgrößen möglich. Darüber hinaus lässt die Art der verwendeten Betriebsstoffe Rückschlüsse auf die resultierenden Schichteigenschaften im Allgemeinen sowie auf das Wasserstoffaufnahme- und -effusionsverhalten im Speziellen zu. Hieraus lassen sich realisierbare Eingriffsgrenzen für die Prozesse entwickeln, um einer erhöhten fertigungsbedingten Wasserstoffaufnahme entgegenzuwirken.

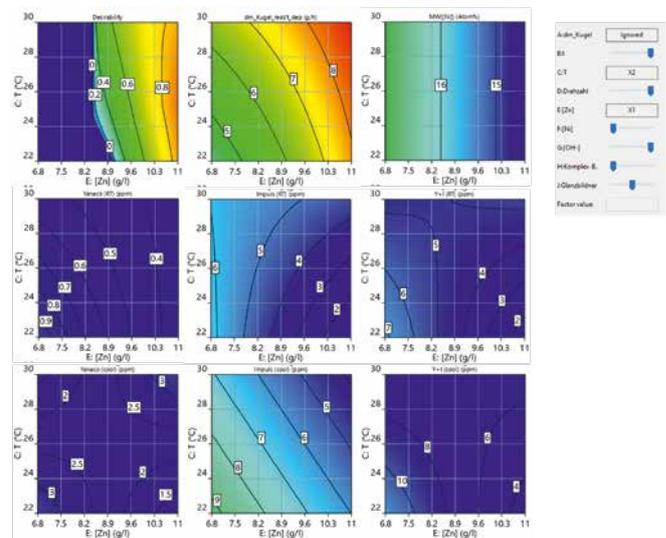
Visualisierung der Wasserstoff-Effusionspfade



Links: REM-Aufnahme einer alkalischen Zink-Nickel-Beschichtung; Rechts: EDX-Mapping des in der REM-Aufnahme markierten Bereichs, das den Effusionspfad des Wasserstoffs zeigt.
© MPAIfW Darmstadt

Ausblick

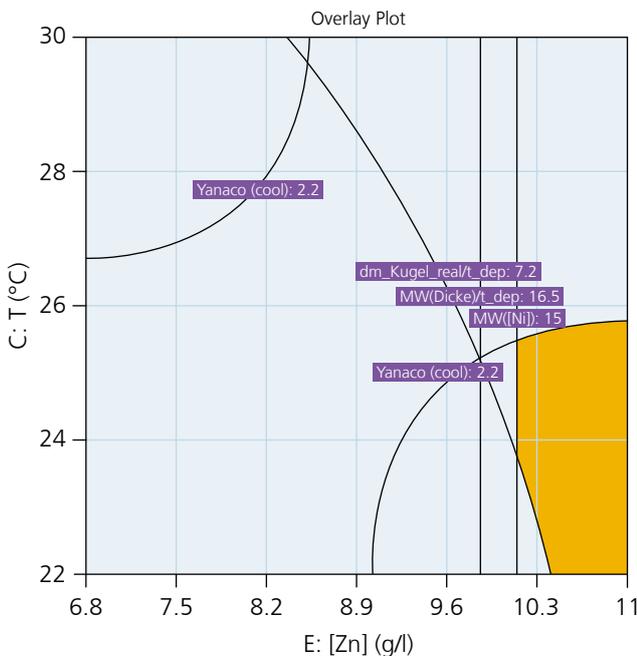
Basierend auf der in diesem Projekt generierten Datengrundlage und den gewonnenen Erkenntnissen wird in weiterführenden Projekten die durchgängige Repräsentation der Prozesskette durch einen digitalen Zwilling geplant. Dieser soll eine Kombination aus Simulationsmodellen und datenbasierten Kennfeldern für die auf unterschiedlichen Zeit- und Längenskalen agierenden Mechanismen der galvanischen Beschichtung enthalten. Dadurch kann zum einen eine gezielte Nachbehandlung zur Minimierung von H-SpRK abgeleitet werden und zum anderen sollen Kosten und Energieeinsatz weiter optimiert werden.



Farbliche Kennzeichnung des Wertebereichs für ausgewählte Antwortgrößen entsprechend der Parametervorgaben des Overlay-Plots.

Das Projekt

Das IGF-Vorhaben »HAEgaS« (19759 N) der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Stahlverformung e.V. wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Beteiligte Forschungseinrichtung neben dem Fraunhofer IST war die Technische Universität Darmstadt, Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt. Der projektbegleitende Ausschuss umfasste 18 Mitglieder.



Overlay-Plot aller Modellbeschreibungen der untersuchten Einflussfaktoren. Die gelb markierte Fläche entspricht dem optimalen Parameterraum, um die Zielwerte zu erreichen.



Kontakt

Rowena Duckstein M.Sc.
 Telefon +49 531 2155-619
 rowena.duckstein@ist.fraunhofer.de



Funktionalisierung von Wirk- und Hilfsstoffen mittels Plasmaverfahren für eine optimierte Herstellung individualisierter Arzneimittel.

Medizintechnik und pharmazeutische Systeme

Die optimale patientenzentrierte und individualisierte Versorgung ist ein wichtiges Ziel in der Medizin- und Pharmatechnologie. Darüber hinaus stellt die Digitalisierung diese Branchen vor weitere Herausforderungen.

Am Fraunhofer IST entwickeln wir Lösungen für Produkt- und Produktionssysteme der Medizin- und Pharmaverfahrenstechnik. Im Bereich der individuellen Arzneimittelproduktion liegen unsere Schwerpunkte auf additiven Fertigungstechnologien, der Modifizierung von Wirk- und Hilfsstoffen für eine verbesserte Verarbeitung und Funktionalität sowie den Wechselwirkungen zwischen Arzneistoffen und Produktionssystemen.

Dabei berücksichtigen wir die spezifischen regulatorischen, anlagenbezogenen und betrieblichen Bedingungen. Unseren Kunden und Partnern bieten wir neue integrierbare Prozesssysteme und angepasste Oberflächen, wobei unser Leistungsspektrum von der Adhäsionssteuerung über die Funktionalisierung und Verkapselung von Arzneistoffen bis hin zu neuen Verpackungskonzepten reicht.

Als Mitglied des Fraunhofer-Leistungszentrums Medizin- und Pharmatechnologie verfolgen wir außerdem gemeinsam mit den Fraunhofer-Forschungseinrichtungen ITEM und IMTE das Ziel, eine Plattform für die Forschung und den Innovationstransfer in die Patientenversorgung zu schaffen. Hier liegt unser Fokus auf personalisierten Implantaten und Respirationssystemen sowie der individualisierten Arzneimittelherstellung.



Durch Anpassung der räumlichen Gegebenheiten und der Integration von zwei Nasszellen kann eine Infektionsprävention in einem Zweibettzimmer deutlich verbessert werden.



Infektionsprävention bleibt auch abseits des Coronavirus ein aktuelles Thema. Ein Schwerpunkt unserer Arbeit ist daher die automatisierte Reinigung von Oberflächen mit funktionellen Eigenschaften.«

Dr. Kristina Lachmann / Gruppenleiterin

Ausblick – das erwartet Sie!

Auf dem Gelände des Städtischen Klinikums Braunschweig bauen wir gemeinsam mit der TU Braunschweig und dem Städtischen Klinikum ein neues anwendungsorientiertes Forschungs- und Studienlabor eines Patientenzimmers der Zukunft auf.

Der Fokus liegt dabei zunächst auf einem Patientenzimmer der Normalpflege. Gemeinsam mit Industriepartnern wollen wir aktuelle Fragestellungen zur Infektionsprävention und Digitalisierung in innovativen Projekten vorantreiben. Auch Weiterbildungsangebote für Pflegekräfte und Ärzte sind perspektivisch geplant.

Kontakt

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

Verbesserung der inhalativen Therapie durch Antihaftoberflächen

Insbesondere bei chronischen Lungenerkrankungen wie Asthma nutzen viele Menschen Inhalatoren, um ihre Atemwege freizuhalten. Oftmals bleibt dabei aber ein Teil der zu inhalierenden Partikel im Inhalator selbst hängen. Durch eine optimierte ultradünne Beschichtung von Kunststoffoberflächen in Inhalatoren konnte am Fraunhofer IST demonstriert werden, dass sich die Oberflächeneigenschaften von diesen Medizinprodukten gezielt einstellen lassen. Auch für feinste Wirkstoffpartikel konnte mithilfe der Beschichtung die Adhäsion auf der Oberfläche deutlich reduziert werden. Dadurch lassen sich die Anwendungssicherheit von Inhalatoren sowie die effektive Nutzung von Wirkstoffdosen deutlich steigern.



Durch die Plasmabeschichtung werden in trockener Prozessführung innerhalb kurzer Zeit funktionale Antihaftschichten aufgebracht.

Kleine Partikel – große Interaktionen: Verluste von Wirkstoffen während der Anwendung

Für die Verabreichung von Wirkstoffen in die Lunge müssen diese als Nebel oder Partikelaerosole mit einer Teilchengröße kleiner als 5 µm appliziert werden, um zu ihrem Wirkort tief in den Atemwegen zu gelangen. Durch ihre kleine Größe neigen die Wirkstoffpartikel jedoch stark zur Adhäsion, insbesondere an den Oberflächen der für ihre Anwendung eingesetzten Inhalatoren.

Dies kann zu einer verringerten oder schwankenden Dosisabgabe des Wirkstoffs an die Patientinnen und Patienten führen und so die Therapiesicherheit gefährden.

Maßgeschneiderte ultradünne Schichten verhindern die Anhaftung von Wirkstoffen entscheidend

Durch die funktionale Beschichtung der inneren Kunststoffoberflächen von Inhalatoren lassen sich deren physikochemische Eigenschaften so steuern, dass die Interaktionspotenziale auf die Eigenschaften der Wirkstoffpartikel abgestimmt werden können und somit die Adhäsionsneigung wissenschaftsbasiert verringert werden kann. Dabei dienen die eingesetzten chemischen Vorstufen für die Beschichtung sowie die Parameter des Beschichtungsprozesses zur Steuerung der Schichteigenschaften.

Verluste reduzieren – Therapie verbessern – Umwelt schützen

Durch die gezielte Verringerung der Ablagerung von Wirkstoffpartikeln wird die an die Patientinnen oder Patienten abgegebene Dosis des Arzneimittels deutlich präziser und reproduzierbarer, wodurch die Therapiesicherheit steigt. Darüber hinaus lassen sich Wirkstoffmengen einsparen, die sonst im Inhalator verbleiben. Der Reinigungsaufwand für den Inhalator sinkt ebenso wie die Umweltbelastung durch die aus dem Inhalator abgereinigten, ungenutzten Wirkstoffmengen.



2

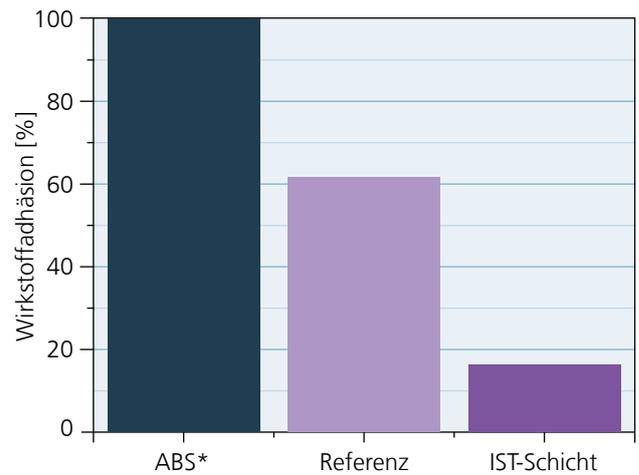
Inhalatoren sind Medizinprodukte, die bei der Applikation pulverförmige Arzneimittel so dispergieren, dass die feinen Wirkstoffpartikel ($< 5 \mu\text{m}$) in die Lunge gelangen können. Die Gefahr: Derart kleine Partikel neigen stark zur Adhäsion an Oberflächen, hier insbesondere an den Kunststoffteilen der Inhalatoren.

Teil eines Ganzen – pharmabezogene Forschung am Fraunhofer IST

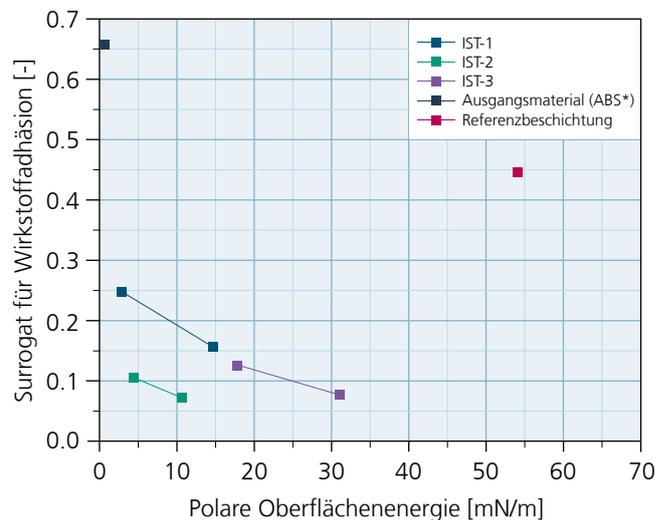
Die Forschung zur Interaktionssteuerung zwischen Arzneiformen und Oberflächen ist Teil des am Fraunhofer IST noch jungen Anwendungsgebiets zur Medizin- und Pharmatechnik. Sie ist im Leistungszentrum Medizin- und Pharmatechnik verortet, in dem das IST gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM sowie der Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik IMTE aktiv ist. Weitere Anwendungsfelder des Fraunhofer IST sind hier die Beschichtung und Funktionalisierung pharmazeutischer Partikelsysteme, die Entwicklung adhäsions- und verschleißhemmender Schichten für Prozessanlagen und Werkzeuge, funktionale Beschichtungen von Primärpackmitteln sowie die Impfstoffweiterentwicklung.

Ausblick

Der Lösungsansatz für die Adhäsionssteuerung in Inhalatoren lässt sich fast generisch auf andere Anwendungsfelder in der Pharmaindustrie, aber auch außerhalb dieser, übertragen, um die Ablagerung feinsten Partikel maßgeschneidert auf deren Eigenschaften zu kontrollieren. In Kombination mit der funktionalen Beschichtung von Wirkstoffpartikeln lassen sich nicht nur die Applikationssicherheit, sondern beispielsweise auch das Freisetzungs- und damit das zeitliche Wirkprofil von Arzneistoffen verlängern oder eine Freisetzung auf bestimmte Reize hin »programmieren«.



Die relative Wirkstoffadhäsion wird durch die am Fraunhofer IST entwickelte Beschichtung um ca. 85 % im Vergleich zum Ausgangsmaterial reduziert.



Durch die Analyse der Beschichtungen lässt sich ein bevorzugter Eigenschaftsbereich zur Verhinderung der Adhäsion des Wirkstoffs ableiten.

*Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer



Kontakt

Dr. Jan Henrik Finke
 Telefon +49 531 2155-643
 jan.finke@ist.fraunhofer.de

Atmosphärendruck-Plasmaverfahren



Unser Know-how in der Plasmaquellenentwicklung liefert im Zusammenspiel mit angepassten Beschichtungs- und flexiblen Produktionsprozessen – mit dem Fokus auf nachhaltig funktionelle Oberflächen – einen wichtigen Baustein für die Kreislaufwirtschaft.«

Dr. Kristina Lachmann / Gruppenleiterin

Um Oberflächen effektiv zu modifizieren, zu funktionalisieren oder zu reinigen, werden in vielen Branchen der Industrie erfolgreich Atmosphärendruck-Plasmaverfahren eingesetzt. Beispiele sind neben der Medizintechnik die Mikrosystemtechnik, Verpackungs- und Investitionsgüterindustrie, Elektronikindustrie, der Automobilbereich und die Luft- und Raumfahrt.

Am Fraunhofer IST entwickeln wir anwendungsspezifisch Plasmaquellen und Beschichtungssysteme, die eine große Bandbreite von Schichtfunktionen abdecken und dadurch zielgerichtet für die Reinigung, Funktionalisierung oder Beschichtung unterschiedlichster Materialien und Geometrien eingesetzt und in bestehende Prozessketten integriert werden können. Neben konventionellen siliziumorganischen Schichtbildnern werden hierfür verstärkt auch biobasierte Systeme verwendet.

Industrietaugliche, implementierbare Prozesse

Beschichtungsverfahren, die auf nasschemische Prozesse oder nachgelagerte Trocknungsprozesse verzichten, besitzen großes Potenzial für industrielle Anwendungen. Um etablierte Prozesse zu ersetzen, müssen alternative Verfahren einen ausreichenden Reifegrad besitzen, einen Mehrwert bieten und bestenfalls Ressourcen einsparen. Atmosphärendruck-Plasmaverfahren (ADPV) bieten hier zahlreiche Vorteile.



1

Plasmaentladung in einer Rolle-zu-Rolle-Anlage zur Oberflächenfunktionalisierung.



2

Umsetzung industrienaher Prozesse durch Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsverfahren: Aldyne™-Anlage zur kontinuierlichen Funktionalisierung, -Vernetzung und -Beschichtung.



Mittels Atmosphärendruck-Plasmaverfahren lässt sich eine große Bandbreite unterschiedlicher Materialien beschichten.

Nachhaltige biobasierte Schichtsysteme

Die Funktionalität von Oberflächen hängt maßgeblich von der chemischen Zusammensetzung der Oberfläche ab. Dies ist bereits in etablierten Atmosphärendruck-Plasmaprozessen der Fall. Werden dem Plasma nun Schichtbildner, sogenannte Präkursoren, zugesetzt, können mittels ADPV dünne Schichten abgeschieden werden. Zunehmend kommen dabei biobasierte Systeme zum Einsatz, die aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften eine gezielte Funktionalität besitzen, z. B. hydrophobe, schmutzabweisende oder antimikrobielle Eigenschaften. Vorbild sind in vielen Anwendungsfällen Beispiele aus der Natur.

Angepasste Plasmaprozesse für spezifische Anforderungen

Im Gegensatz zu leichtflüchtigen, konventionellen siliziumorganischen Schichtbildnern ist es erforderlich, die Beschichtungssysteme auf derartige höhermolekulare Ausgangsstoffe anzupassen. Hier setzt unsere Expertise an. Es werden nicht nur großvolumige Rolle-zu-Rolle-Prozesse betrachtet, die lineare Beschichtungssysteme erfordern, sondern auch der robotergeführte Einsatz von Plasma-Jets oder eine orts aufgelöste Beschichtung mittels Plasma-Printing. Angepasste Plasmaprozesse und Beschichtungssysteme bieten dann die Grundlage für die Abscheidung nachhaltiger Schichtsysteme.

Ausblick – das erwartet Sie!

Durch die Ausweitung der Plasmapolymersation auf hochmolekulare, komplexe Schichtbildner lassen sich perspektivisch auch Anwendungsfälle adressieren, die aktuell noch eine Kombination von Plasma und nasschemischen Prozessen erfordern.

Hier besteht demnach großes Potenzial, den Beschichtungsprozess noch nachhaltiger zu gestalten – insbesondere, wenn Präkursoren aus Abfallströmen eingesetzt werden. Darüber hinaus adressieren wir auch triggerbare Haftsysteeme, um Stoffkreisläufe weiter zu optimieren und Materialien trotz Beschichtung erneut einsetzen bzw. weiterverwerten zu können.



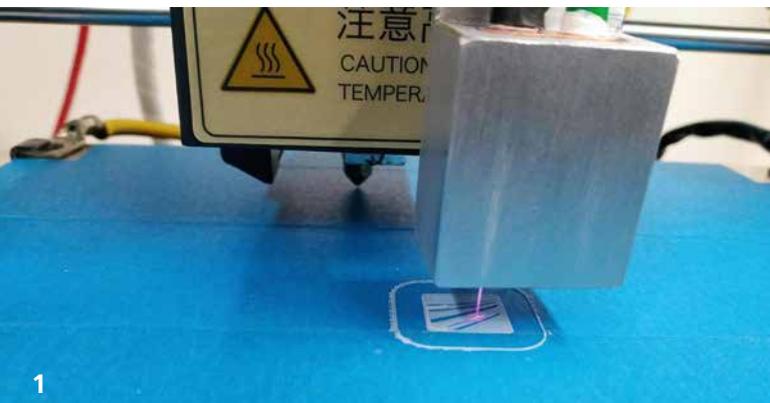
Holz furnier mit Antischmutz-Beschichtung.

Kontakt

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

Atmosphärendruck-Plasmaquellen für die additive Fertigung

Die Adhäsion spielt bei der additiven Fertigung wie dem Fused Deposition Modeling (FDM) eine zentrale Rolle. Sie beeinflusst die Stabilität der gedruckten Bauteile, die Druckqualität und die Haftkräfte zwischen verschiedenen Oberflächen. Durch Integration von Atmosphärendruck-Plasmatechnik in die additive Fertigung ist es möglich, die Grenzflächenchemie und damit die Adhäsion auf den behandelten Oberflächen zu beeinflussen. Hierdurch lassen sich zum einen nachfolgende Prozesse wie Lackieren oder Kleben optimieren und zum anderen können verschiedene Materialien, z. B. Komposite und Metalle, besser miteinander kombiniert werden. Darüber hinaus werden auch neue Einsatzgebiete eröffnet, die eine bestimmte Oberflächenchemie erfordern, beispielsweise im Bereich medizinischer Implantate. Die Anwendungen reichen von der Automobilindustrie über die Luft- und Raumfahrtbranche bis hin zur Medizintechnik.



Integration von Plasmaquellen in den 3D-Druck

Um Atmosphärendruck-Plasmaquellen im extrusionsbasierten 3D-Druck nutzen zu können, müssen die Quellen eine hohe lokale Auflösung haben sowie relativ klein und leicht sein, um eine direkte Integration in den Extruder zu ermöglichen. Zudem muss die Steuerung entsprechend angepasst werden, damit ein gleichzeitig optimaler und sicherer Betrieb von Extruder und Plasma möglich ist. Dazu sind schnelle Schaltzeiten sowie gute elektrische Abschirmungen notwendig, um Störungen der Elektronik des Druckers zu verhindern und eine langzeitstabile und zuverlässige Funktion zu erreichen.

1 Punktformige Atmosphärendruck-Plasmaquelle in FDM-3D-Drucker integriert.



Miniaturisierung und Integration einer Plasmaquelle

Am Fraunhofer IST werden zwei Ansätze für den Einsatz von Atmosphärendruck-Plasmaquellen in der additiven Fertigung verfolgt, um kundenspezifisch angepasste verfahrenstechnische Lösungen zu entwickeln. Der erste Ansatz sind miniaturisierte, konventionelle Plasmadüsen. Eine derartige punktförmige Plasmaquelle erlaubt das strukturierte sequentielle Behandeln der gedruckten Polymerlagen in hoher Auflösung. Im zweiten Ansatz werden ringförmige Plasmaquellen untersucht, welche um die Extrusionsdüse montiert werden und dadurch eine direkte Behandlung der Oberflächen parallel zum Druckvorgang erlauben.

2 Plasmadüse aus Al_2O_3 -Keramik mit Größenvergleich.

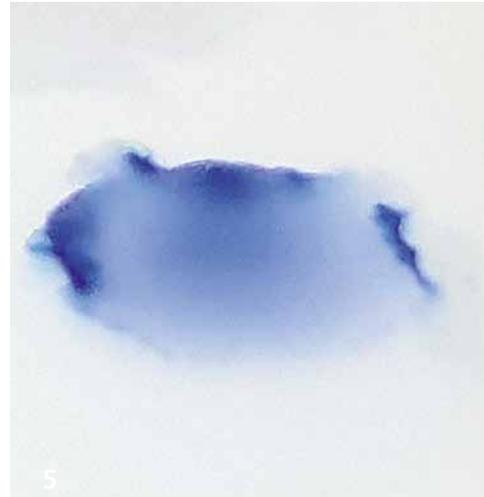


3

Ringförmige Plasmaquelle.



4



5

Veränderung des Benetzungsverhaltens einer PE-Oberfläche durch die Behandlung mit der Plasmadüse.

Optimale Haftung durch integrierte Plasmaquellen

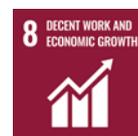
Durch die entwickelten patentierten Prototypen ist es möglich, extrusionsbasierte 3D-Druckverfahren durch eine parallele oder sequentielle Plasmabehandlung zu erweitern. Mit Hilfe der Plasmabehandlung können verschiedene Funktionen an der Grenzfläche erzielt werden. Die Möglichkeiten reichen vom Ätzen und Reinigen über chemische Modifikationen und funktionelle Beschichtungen bis hin zum Vernetzen von Oberflächen oder Polymeren. Dadurch können die Anwendungsgebiete additiver Fertigungsverfahren u. a. auch für nachhaltige Materialien erheblich erweitert werden, sodass bestehende Produkte verbessert und neue Produkte entwickelt werden können.

Ausblick

Zukünftige Arbeiten beschäftigen sich mit der Untersuchung von verschiedenen Einsatzszenarien der Plasmaquellen im 3D-Druck. Hierbei stehen verbesserte mechanische Eigenschaften von filamentbasiertem 3D-Druck und Multimaterialverbünde im Fokus. Auch der Einsatz als Werkzeug für »smart repair«-Anwendungen soll erforscht werden. Die Plasmaquellen lassen sich zudem in vielen anderen Formen der robotergeführten Behandlung von Materialoberflächen einsetzen.

Das Projekt

Die Entwicklung und Untersuchung der Plasmaquellen wurde finanziell durch die Fraunhofer-Gesellschaft im InnoPush-Projekt »Marktflexibilität und Resilienzsteigerung durch Anlagenplattformen robotergeführter Drucktechnologien« (MaraPrint) unterstützt.



Kontakt

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

Anwendungszentrum an der HAWK Göttingen

»Kalte« Plasmatechnik hat ein enormes Potenzial, wenn es um die ressourcenschonende Erzeugung von kreislauffähigen und zukunftsweisenden Materialien oder Produkten geht.

Am Anwendungszentrum betreiben und entwickeln wir eine umfangreiche Palette »kalter« Plasmaverfahren auf der Basis von unterschiedlichen Technologien bezüglich der Plasmaerzeugung, der Handhabung des zu behandelnden Materials und der angestrebten Zielstellung.

Mit bestimmten Plasmaentladungen gelingt es beispielsweise Rohstoffe zu modifizieren, dabei deren Wiederverwertbarkeit zu erhalten und Naturmaterialien im Sinne einer bioökonomischen Wirtschaftsrichtung nutzbar zu machen. Ein aktuelles Beispiel ist die Plasmabeschichtung von Papier mit biologisch abbaubaren Schutzfilmen. Papiererzeugnisse können so gegen eine Schädigung durch Wasser, Licht, Chemikalien oder Hitze imprägniert und gefestigt werden. Sie sind dann anstelle petrochemischer Stoffe als Verpackungsmaterial oder im Möbel- und Außenbau verwendbar.

Ein anderes, genuines Plasmaverfahren am Anwendungszentrum ist die sogenannte Gasphasenabscheidung zur Vergütung von Partikeloberflächen. Hierbei erfolgen Dotierungen oder Umhüllungen von Mikropartikeln bei kontinuierlichem Umwälzen und Vereinzeln eines Pulvers. Ziel ist es, auf diesem Wege neuartige Batteriematerialien oder Leichtbaupulver für den 3D-Druck zu realisieren.

Des Weiteren arbeiten wir seit mehreren Jahren am Ausbau der Anlagentechnik für das »Kalt-Plasmaspritzen«. Hauptmerkmal der Technologie ist ein aus Luft oder Stickstoff erzeugter Plasmastrahl mit niedriger Temperatur, in welchen ultrafeine Metallpartikel eingespeist werden. Derartiges Beschichtungsgut wird im Plasmajet sehr effizient aufgeschmolzen. Auf diese Weise können einerseits die einzukoppelnde Plasmaleistung bzw. der Energieverbrauch und andererseits die Hitzebelastung von Objekten minimiert werden. Mit dem Verfahren gelingt es, sowohl schmale Leiterbahnstrukturen als auch flächendeckende Schichten zu erzeugen. Dank einer besonderen Pulverfördertechnik werden neben in der Elektrotechnik klassischen Metallarten auch Aluminium, Konstantan, Edelstahl, Titan sowie Metallkombinationen in Form von homogenen oder gradierten Schichtsystemen erzeugt.





Auf der Grundlage eines tiefen Prozessverständnisses, von Kreativität sowie einer exzellenten Vernetzung mit Materiallieferanten, Maschinenbauspezialisten sowie Forschungspartnern aus diversen Disziplinen bieten wir am Anwendungszentrum F&E-Dienstleistungen und Technologietransfer in den Bereichen Anlagentechnik, Produktion und Qualitätssicherung.

Aktuell arbeiten wir an Kaltplasma-Beschichtungslösungen für Produkte mit integrierter Stromführung und Sensoren, beispielsweise Dünnschichtthermoelementen, die in der Sicherheitstechnik Einsatz finden oder der Temperaturbeständigkeitsprüfung von Laseroptiken dienen. Darüber hinaus erzeugen wir Elektroden für Energiespeicher auf empfindlichen Folien und Korrosionsschutzschichten für dreidimensionale Baugruppen.



Unser Ziel ist der Transfer ökoeffizienter Plasmabeschichtungsverfahren. Diese sind raffiniert, denn mit ihnen lassen sich sowohl traditionelle Naturstoffe robust und neu nutzbar machen als auch Hightech-Baugruppen *on-demand* elektrisch und mit Sensoren ausrüsten.«

Nils Mainusch M.Sc. / Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Kontakt

Dr.-Ing. Jochen Brand
Abteilungsleiter
Telefon +49 531 2155-600
jochen.brand@ist.fraunhofer.de

Prof. Dr. Wolfgang Viöl
Abteilungsleiter
Telefon +49 551 3705-218
wolfgang.vioel@ist.fraunhofer.de

Reinigung von Raumluft mittels Plasma – PlasmaAirCleaner

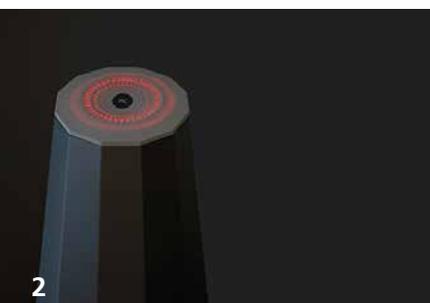
Viren verbreiten sich in geschlossenen Räumen über sogenannte Aerosole in der Luft besonders gut. Damit steigt das Ansteckungsrisiko, wenn sich Menschen gemeinsam in einem Raum befinden. Die schnelle Übertragung von Infektionskrankheiten durch Aerosole in der Raumluft ist ein großes Problem und die Entwicklung neuer und praktikabler Lösungen zur Reinigung von Raumluft insbesondere im Zusammenhang des aktuellen pandemischen Geschehens mit SARS-CoV-2 eine wichtige Aufgabe. Der am Fraunhofer IST in Zusammenarbeit mit der HAWK entwickelte Plasma-Luftreiniger »PlasmaAirCleaner«, kurz: PAC vereint verschiedene Ansätze, um Raumluft wartungsarm, effizient und zuverlässig zu reinigen. Dabei greifen Plasma, UV-C-Strahlung und Photokatalyse im Luftreinigungsprozess ineinander und bewirken ein optimales Ergebnis.



Der Plasma-Luftreiniger im Aktivkohle-Modus in einem Wartezimmer.

Herausforderung

Das Ziel des Projekts »PERFEKT« war es, einen Plasma-Luftreiniger zu entwickeln, der die Funktion der Luftreinigung erfüllt und zeitgleich eine Oberflächendesinfektion beispielsweise in Krankenzimmern ermöglicht. Durch eine spezielle »Bypass-Funktion« soll die durchströmende Raumluft entweder durch die Aktivkohle oder an ihr vorbei geleitet werden können. Im »Aktivkohle-Modus« müssen dabei sämtliche Richtwerte für Gaskonzentrationen im Raum eingehalten werden. Im »Bypass-Ozon-Modus« sollen hingegen die Oberflächen im Raum durch ausströmendes Ozon entkeimt werden. Eine Validierung der Funktionalität erfolgt dabei durch Messungen und Strömungssimulationen.



Rotes Licht signalisiert den aktivierten Ozon-Modus.

Wirkprinzipien des Plasma-Luftreinigers

Nachdem die Luft durch eine Vorfilterstufe in das Gerät strömt, passiert sie den Axiallüfter und eine kaskadiert aufgebaute, vollflächige Volumenplasmaquelle, die aus 28 paarweise angeordneten Al_2O_3 -Keramikelektroden besteht. Diese Elektroden wurden mit einer photokatalytisch aktiven Titandioxidbeschichtung ausgestattet, die gewährleistet, dass die Elektroden sauber und steril bleiben und somit eine optimale Plasmaentladung ermöglichen. Die notwendige Strahlung wird durch eine UV-Kaltkathodenlampe mit 254 nm Wellenlänge erzeugt und von der Plasmaentladung selbst emittiert.

Kombination der Wirkmechanismen: Luftreinigung und Oberflächendesinfektion in einem Gerät

Durch die ozonabbauende UV-C-Strahlung kann der Aktivkohleanteil im Gerät reduziert werden, sodass sich der Volumenstrom durch Verringerung des Strömungswiderstands erhöht. Der Plasma-Luftreiniger ermöglicht dadurch im Betrieb (ab 50 Watt) eine extrem effiziente Luftreinigung. Zudem kann der Plasma-Luftreiniger sehr leise betrieben werden. Sobald der Bypass geöffnet wird, strömt Ozon aus dem Gerät und ermöglicht eine Befreiung von Keimbelastungen an den Oberflächen im Raum. Ein Wechsel der Modi erfolgt einfach per App.

Ausblick

Die Wirksamkeit und Sicherheit des Geräts wurden in ausführlichen Tests am Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI geprüft. Augenmerk wurde dabei sowohl auf die Einhaltung aller Grenzwerte im Aktivkohle-Modus als auch auf die zuverlässige Oberflächendesinfektion im Ozon-Modus gelegt. Das Gerät muss effizient arbeiten und darüber hinaus den Grenzwert für Lärmbelastung einhalten. Als aussagekräftiger Wert für den Wettbewerb wird die Clean Air Delivery Rate, kurz: CADR bestimmt. Simulationen ermitteln die Anordnung für eine optimale Desinfektionswirkung in einer gegebenen Raumgeometrie.

Das Projekt

Das Projekt wurde im Rahmen der internen Programme der Fraunhofer-Gesellschaft unter dem Förderkennzeichen »Anti-Corona 840255« gefördert.

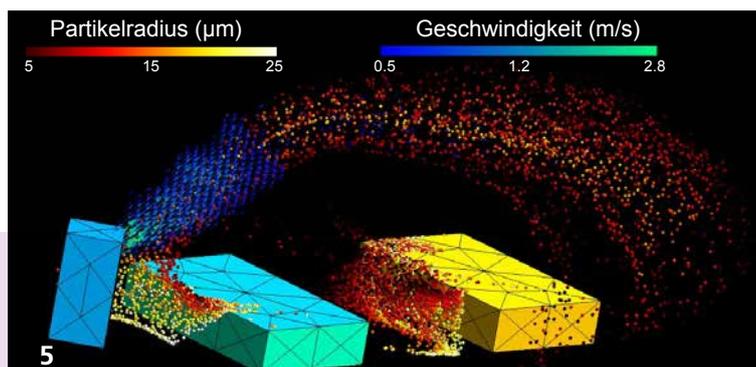


Technische Komponenten im Plasma-Luftreiniger.



Der Plasma-Luftreiniger in einem Warteraum.

Simulation der Partikelströmung in einem Krankenzimmer mit zwei Betten und einem PlasmaAirCleaner.



Kontakt

Prof. Dr. Wolfgang Viöl
 Telefon +49 551 3705-218
 wolfgang.vioel@ist.fraunhofer.de

Schicht- und Oberflächenanalytik für die Industrie und Forschung

Bei der Entwicklung neuer Materialien und Herstellungsverfahren, zur Qualitätssicherung, in der Produktion sowie zur Aufklärung von Schadensfällen ist die Verfügbarkeit von Analyse- und Prüfverfahren ein entscheidender Erfolgsfaktor.

Am Fraunhofer IST bieten wir als Querschnitts- und Dienstleistungsabteilung unseren Kunden aus Industrie und Forschung eine Vielzahl von Verfahren im Bereich der Schicht- und Oberflächenanalytik sowie Prüftechnik an und führen komplexe Materialanalysen durch.

Mit mehr als 4000 Untersuchungsaufträgen in zwanzig Jahren für über 400 Kunden hat das Fraunhofer IST ein umfangreiches Erfahrungsspektrum in der Bearbeitung industrierelevanter Fragestellungen aufgebaut.

Wir bieten unseren Kunden und Partnern:

- Unterstützung bei der Material- und Prozessentwicklung
- Qualitätssicherung in der Produktion
- Schadensanalysen
- Entwicklung kundenspezifischer Prüftechnik
- Analyse von Oberflächen, Schichten und Massivmaterialien
- Beratung zu optimalen Analysemethoden
- Modernste Verfahren in innovativen Kombinationen

Ein Team aus erfahrenen Mitarbeitenden bearbeitet am Fraunhofer IST Ihre Aufträge, bei Bedarf auch innerhalb von 24 Stunden. Dies geschieht mittels eines Pools von analytischen Großgeräten zur chemischen, strukturellen und morphologischen Analyse und über 40 weiteren Prüfgeräten zur Charakterisierung von Anwendungseigenschaften der Materialien wie z. B. Rauheit, Reibung, Verschleiß, Härte, Haftung, Schichtdicke sowie elektrische, optische, magnetische und photokatalytische Eigenschaften, Korrosion und Oberflächenenergie.



Für mich stehen unsere Kunden im Mittelpunkt. Mit 30 Jahren Berufserfahrung kennen wir viele Kniffe und Tricks, um das Beste aus unseren Geräten und Methoden für zuverlässige aussagekräftige Materialanalysen herauszuholen.«

Dr. Kirsten Ingolf Schiffmann / Abteilungsleiter



Kontakt

Dr. Kirsten Schiffmann
Abteilungsleiter
Telefon +49 531 2155-577
kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de



Energie- und wellenlängendispersive Röntgenspektroskopie zur chemischen Elementanalyse mit hoher lateraler Auflösung und Empfindlichkeit.

Chemische und strukturelle Analyse

Die chemische Zusammensetzung und die Struktur einer Beschichtung bzw. einer Oberfläche liefert wertvolle Informationen im Hinblick auf ihre Eigenschaften und damit für die gezielte Entwicklung und Optimierung von Produkten mit den zugehörigen Prozessketten. Auch beim Aufdecken von Schadensursachen und im Rahmen der Qualitätssicherung spielen diese Analysemethoden eine wichtige Rolle.

Am Fraunhofer IST besteht die Möglichkeit, die chemische Elementzusammensetzung von Schichten und Oberflächen mit hoher lateraler und vertikaler Auflösung, hoher Nachweisgrenze und Oberflächenempfindlichkeit zu bestimmen.

Mit Hilfe der Röntgenbeugung können die Kristallstruktur, Korngrößen, Texturen und Eigenspannungen charakterisiert werden. Mit unserem ortsempfindlichen Halbleiterdetektor lassen sich Standardmessungen um einen Faktor von 10 bis 50 beschleunigen.

Für die energie- und wellenlängendispersive Röntgenspektroskopie (EDX/WDX) stehen am Institut zwei Rasterelektronenmikroskope mit EDX-Detektoren sowie eine Elektronenstrahlmikrosonde (EPMA) mit 5 WDX-Detektoren zur Verfügung. Damit lassen sich Oberflächen hochaufgelöst ($< 1 \mu\text{m}$) abbilden und chemische Punktanalysen mit Mikrometernaufklärung durchführen.



Ich freue mich immer, wenn wir mit unserer Mess- und Prüftechnik technische Entwicklungen unterstützen können.«

Dipl.-Ing. Reinhold Bethke / Prüffingenieur

Röntgen-Photoelektronen-Spektroskop am Fraunhofer IST zur chemischen Elementanalyse von Oberflächen und Bindungszuständen.

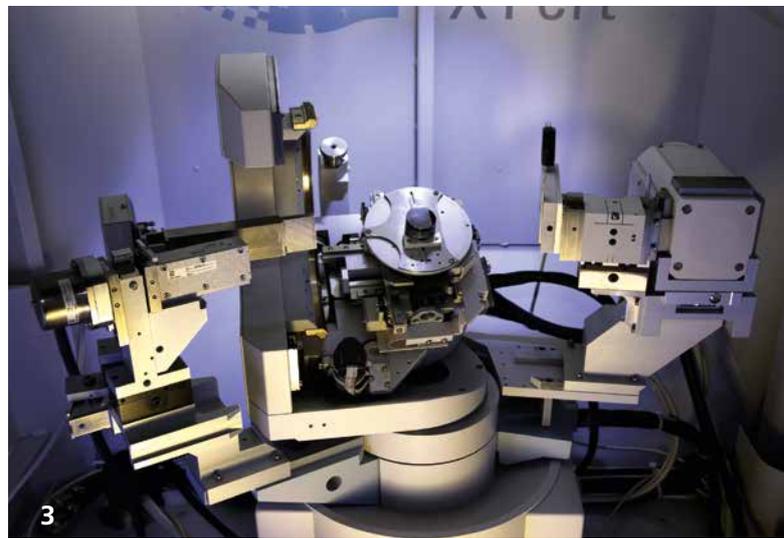
*Chemische Tiefenprofilanalyse mittels
Sekundärionen-Massenspektroskopie am
Fraunhofer IST: Cameca Quadrupol SIMS.*



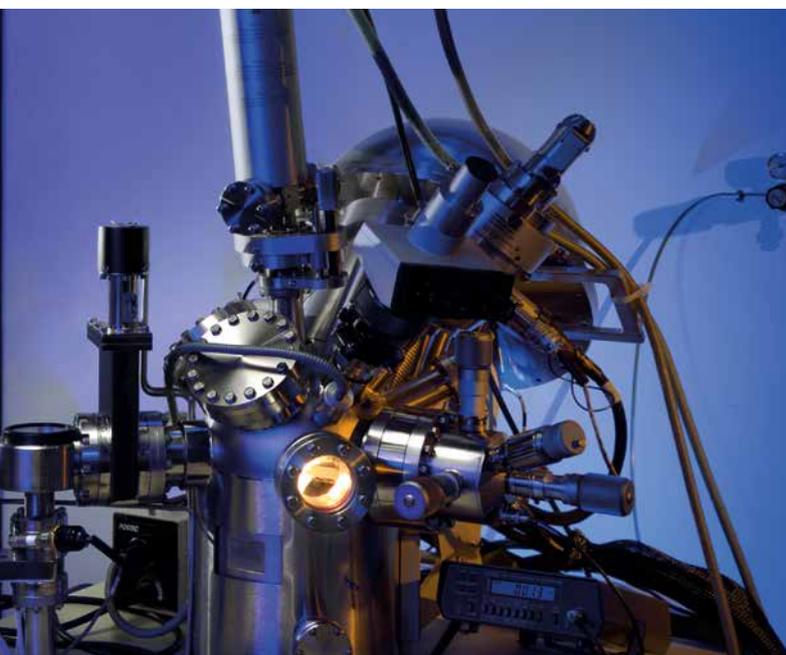
Die XPS-Analyse (Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie, englisch: X-ray photoelectron spectroscopy) liefert Informationen zur chemischen Zusammensetzung und den Bindungszuständen nahe der Oberfläche und ermöglicht durch die integrierte Ionenkanone auch Tiefenprofile. Sie wird unter anderem eingesetzt für die Analyse von Oberflächenverunreinigungen, die Kontrolle von Reinigungsprozessen, die chemische Analyse von ultradünnen Schichten und die Analyse von Oberflächenbehandlungen.

Bei der Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) wird die Probenoberfläche mit einem Ionenstrahl Lage für Lage abgetragen. Dieses Verfahren ermöglicht die chemische Charakterisierung des abgetragenen Materials mit hoher vertikaler Auflösung (~1 nm), sodass ein Tiefenprofil der chemischen Zusammensetzung entsteht.

Weitere Verfahren zur chemischen und strukturellen Analyse, die wir am Fraunhofer IST anbieten, sind die optische Glimmentladungsspektroskopie (GDOES, englisch: glow discharge optical emission spectroscopy) zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung als Funktion der Tiefe von dickeren Schichten bis zu einigen hundert Mikrometern sowie die Röntgenreflektometrie (XRR, englisch: X-ray reflectometry) zur Bestimmung von Dicke, Dichte und Rauheit ultradünner Schichtsysteme.



Röntgendiffraktometer X'Pert MRD Pro von Panalytical für die Kristallstrukturanalyse und die Untersuchung von Korngrößen, Texturen und Eigenspannungen mittels Röntgenspiegel, Euler-Wiege sowie einem proportional- und ortsempfindlichen Detektor.



Röntgendiffraktometer X'Pert MRD Pro von Panalytical zur Bestimmung von Dicke, Dichte und Rauheit ultradünner Schichtsysteme mittels XRR-Messung.

Mikroskopie und Oberflächenvermessung



Das Cross-Beam 340 (FIB) zur Herstellung von lokalen Präzisionsquerschnitten erlaubt den Blick unter die Oberfläche.

Für die Qualitätssicherung, bei der Schadensanalyse und zur Produktoptimierung sind mikroskopische Untersuchungen oft unverzichtbar.

Am Fraunhofer IST steht eine Vielzahl von mikroskopischen Verfahren zur Verfügung. Je nach Anwendungsfall setzen wir einfache Stereolupen ebenso ein wie verschiedene optische Mikroskope mit hochwertiger digitaler Bildaufnahme oder konfokale Lasermikroskope, die eine optische 3D-Abbildung und Vermessung erlauben. Die laterale Auflösung unserer Lasermikroskope liegt bei ca. 1 μm , die Höhenauflösung beträgt wenige Nanometer. Das Verfahren liefert innerhalb von wenigen Minuten quantitative Informationen, unter anderem über Oberflächentopographie, Rauigkeit, Stufenhöhen, Steigungswinkel oder Partikelgrößen.

Zur Verfügung steht darüber hinaus das Verfahren der taktilen Profilometrie zur 2D- und 3D-Abbildung von Oberflächen, die Rasterelektronenmikroskopie mit bis zu 100 000-facher Vergrößerung und schließlich die Rasterkraftmikroskopie (AFM), mit der höchste laterale und vertikale Auflösungen ($< 1 \text{ nm}$) erreicht werden. Das AFM eignet sich besonders zur Charakterisierung extrem glatter Oberflächen.

Die Kombination aus Rasterelektronenmikroskop (REM) und fokussiertem Ionenstrahl (FIB, englisch: Focused Ion Beam) ermöglicht es, auf kleinster Skala im Nanometerbereich gezielt in Material hineinzuschneiden und die Materialstruktur unterhalb der Oberfläche direkt abzubilden. Somit lassen sich zum Beispiel lokale Störstellen genau lokalisieren und auch chemisch analysieren (mittels EDX). Dies funktioniert für nahezu jedes Material im festen Zustand, egal ob weich oder besonders hart.

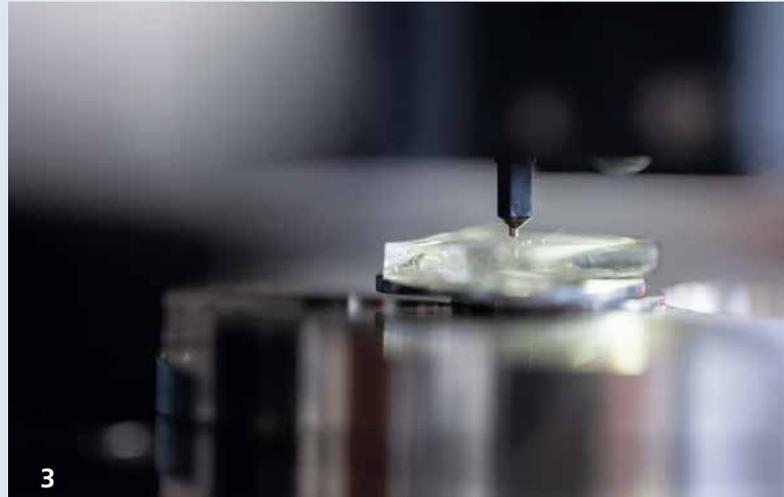
Konfokales Lasermikroskop:
Analyse von Batteriepartikeln.



Mechanische Charakterisierung

Die mechanischen Eigenschaften – auch in Kombination mit der Dicke einer Beschichtung – beeinflussen in vielen Fällen die Funktionalität, die Qualität und die Lebensdauer des Produkts und stellen somit wichtige Kenngrößen für Entwickler und Produzenten dar.

Unser Angebot beinhaltet Mess- und Prüfverfahren, mit denen wir mechanische Eigenschaften von Schichten und Oberflächen bestimmen können. Dazu zählt z. B. die Mikro- und Nanoindentierung, mit der sich Härte und Elastizitätsmodul von Schichten im Mikro- und Submikrometerbereich bestimmen lassen. Mechanische Eigenspannungen können bei kristallinen Materialien mittels Röntgenbeugung bestimmt werden. Eine weitere wichtige mechanische Kenngröße von Schichten ist die Stärke ihrer Haftung auf dem Substrat, die bei harten Materialien mittels Scratch- oder Rockwelltest bestimmt werden kann. Zug- und Biegetest können spezielle Dehnungsbelastungen von beschichteten Bauteilen simulieren. Eine weitere wichtige Größe ist die Schichtdicke, die wir mit an Material, Dicke, Substrat und Geometrie angepassten Verfahren bestimmen.



Mikro- und Nanoindentierung zur Bestimmung von Härte und Elastizitätsmodul dünner Schichten auf Glas.

Reibungs- und Verschleißmessung

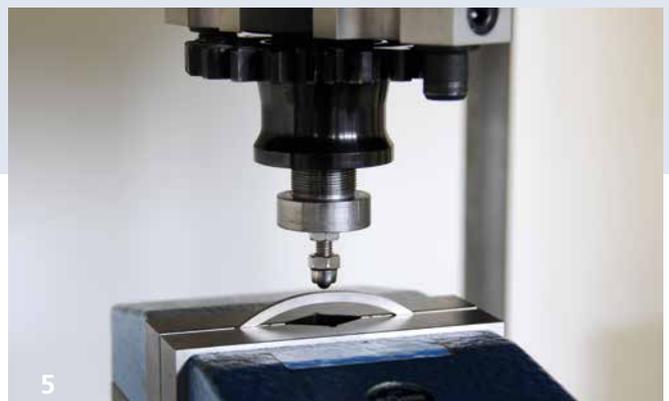
Die zuverlässige Messung von Reibung und Verschleiß ist ein wichtiges Element bei der Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen.

Am Fraunhofer IST werden unterschiedliche Reibungs- und Verschleißprüfstände eingesetzt, mit denen sich verschiedene mechanische Kontaktsituationen nachstellen lassen:



Kalottenschleifgerät mit drei Kugeln zur präzisen Bestimmung der Verschleißbeständigkeit von Schichten und Oberflächen.

Trockenlauf, Lauf unter Schmierstoffen, Lauf bei hohen Temperaturen oder hohen Lasten, abrasive Bedingungen, Ermüdungsverschleiß oder Prüfung auf der Mikroskala. Viele dieser Prüfungen können entsprechend ISO-, DIN- oder ASTM-Norm durchgeführt werden.



Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit von Schichten und Werkstoffen bei Dauerbelastung: Impact-Test beim Prüfen einer Beschichtung auf einem Kolbenring.

Optische Charakterisierung und Messtechnik

Optische Messtechnik spielt nicht nur eine Rolle, wenn es darum geht, Komponenten und Produkte im Hinblick auf deren optische Eigenschaften zu charakterisieren, denn zunehmend werden die berührungslosen Technologien auch in der Fertigung und zur Prozessoptimierung eingesetzt.

Am Fraunhofer IST können Schichten und Oberflächen mit Hilfe verschiedener optischer Verfahren charakterisiert werden. Sowohl für Substrate oder Einzelschichten als auch für Schichtstapel werden spektrale Eigenschaften wie Transmission, Reflexion oder Absorption, aber auch Brechungsindizes und Schichtdicken ermittelt. Neben einer normgerechten oder an Kundenbedürfnisse angepassten Messung bieten wir auch die Auswertung und Interpretation der Messdaten an.



Ellipsometrie zur Bestimmung von Dicken und Dispersionen von Schichten mittels Sentech SE 850 (SENresearch).

Darüber hinaus setzen wir optische Messtechnik zur Optimierung unserer Prozesse und Anlagen ein. Dazu verknüpfen wir passgenaue Simulationen und virtuelle Beschichtungsläufe mit unserer optischen Messtechnik zur Prozesskontrolle und Qualitätssicherung, z. B. der In-situ-Steuerung mit dem Monitoring-System MOCCA⁺®, einem ex-situ-Mappingsystem für Ellipsometrie, Photometrie und Raman-Spektroskopie oder der Partikel- und Defektanalyse mittels FIB-REM und konfokaler Mikroskopie.

Kontakt

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



Bestimmung der Selbstreinigungswirkung photokatalytisch aktiver Materialien und Oberflächen mittels Dirt Test.

Photokatalytische Messtechnik

Photokatalytisch aktive Materialien und Oberflächen versprechen selbstreinigende, luftreinigende und antimikrobielle Eigenschaften. Als Maß der photokatalytischen Aktivität gilt die Bestimmung der Wirksamkeit, also wie effektiv und effizient schädliche oder störende Substanzen abgebaut werden.

Das Fraunhofer IST ist ein anerkanntes Prüflabor des Deutschen Fachverbands angewandte Photokatalyse (FAP) und Mitglied des DIN-Normausschusses Photokatalyse. In dieser Funktion bieten wir unseren Kunden für ihre Produkt- und Technologieentwicklung eine große Anzahl spezifischer und normgerechter Prüfmethode für unterschiedliche Anwendungsbereiche nach den aktuell gültigen DIN-, CEN- und ISO-Normen und zertifizieren diese nach den FAP-Richtlinien. Ein Beispiel hierfür ist die Beurteilung der Luftreinigungswirkung von photokatalytisch aktiven Werkstoffen zum Abbau von Stickoxid gemäß ISO 22197-1. Diese Prüfnorm beschreibt ein Verfahren, bei dem der Prüfkörper unter Bestrahlung mit UV-Licht dauerhaft mit einem Modellschadstoff verschmutzter Luft in Kontakt steht. Der Prüfkörper wird in einem durchströmten Photoreaktor platziert und durch UV-Strahlung aktiviert, wobei das Luftreinigungsvermögen anhand der Nettomenge der entfernten Stickoxide mittels Chemilumineszenzdetektor ermittelt wird.

Ein besonderer Bedarf unserer Kunden besteht darüber hinaus in der Beurteilung des Selbstreinigungsverhaltens von beschichteten Glasoberflächen gemäß DIN EN 1096-5. Diese Norm beschreibt ein Prüfverfahren für Beschichtungen auf Glas, die Sonne, Regen oder eine Kombination von Sonne und Regen nutzen, um die Sauberkeit des Glases zu verbessern.



Bestimmung der Luftreinigungswirkung photokatalytisch aktiver Materialien und Oberflächen – Abbau von Stickoxid.

Kontakt

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

Wie tief dringt Wasserstoff in Oberflächen ein?

Wasserstoff (H₂) wird in Zukunft verstärkt als Energieträger eingesetzt. Dafür muss er hergestellt, transportiert und gelagert werden. Es ist bekannt, dass H₂ in die Materialien von Leitungen und Tanks eindringt und es dadurch z. B. bei Stählen zur Wasserstoffversprödung bis hin zum Bruch kommen kann. Mögliche Lösungen sind die Beschichtung von Oberflächen oder die Wahl spezieller Stahlsorten, die die Eindiffusion des Wasserstoffs reduzieren oder verhindern. Um das zu überprüfen, hat das Fraunhofer IST ein Verfahren entwickelt, welches die Eindringtiefe und Eindringintensität des Wasserstoffs messen kann.



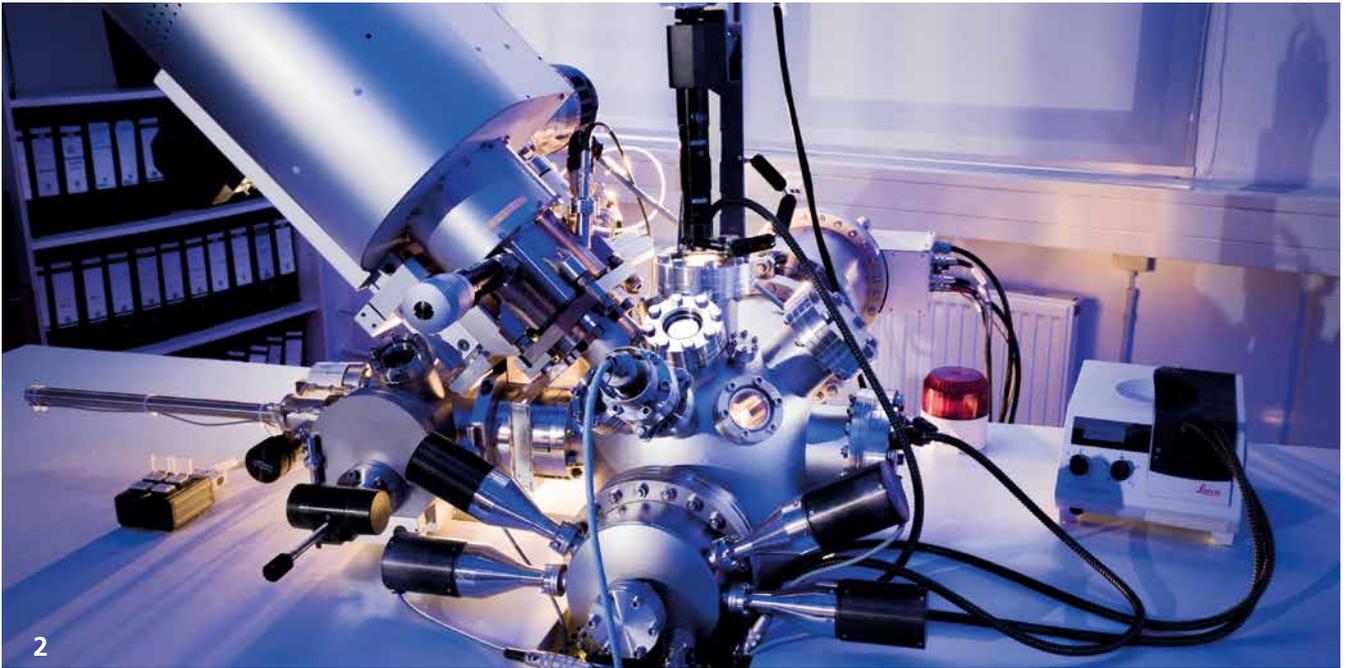
1 Deuteriumreaktor zur kontrollierten Beladung von Proben mit Wasserstoff oder Deuteriumgas mit Drücken bis 200 bar und Temperaturen bis 300 °C.

SIMS-Tiefenprofilanalyse der Eindiffusion von Wasserstoff

Für die Messung des Wasserstoffs in der Oberfläche von Materialien wird die Sekundärionen-Massenspektroskopie (SIMS) verwendet. Dabei wird das Material im Vakuum mit Hilfe eines Ionenstrahls Schicht für Schicht abgetragen und die Anzahl der austretenden Wasserstoffionen mittels eines Massenspektrometers sehr empfindlich detektiert. Auf diese Weise kann ein Tiefenprofil der Wasserstoffverteilung in der Oberfläche erstellt werden. Problematisch dabei ist, dass Wasserstoff z. B. in Form von Wasser oder organischen Verunreinigungen praktisch auf allen Oberflächen vorhanden ist.

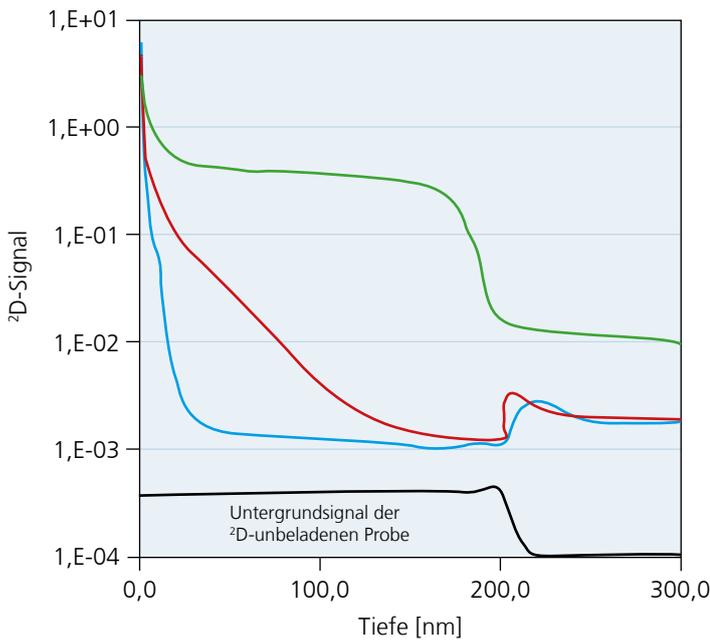
Deuterium statt Wasserstoff: Probenbeladung im Hochdruckreaktor

Um Oberflächen kontrolliert mit Wasserstoff zu beladen, wurde am Fraunhofer IST jetzt ein Hochdruckreaktor aufgebaut, in dem Proben bei Drücken bis zu 200 bar und Temperaturen bis zu 300 °C einer Wasserstoffatmosphäre ausgesetzt werden können. Der hohe Druck simuliert dabei die Bedingungen in Tanks oder Leitungen, die hohen Temperaturen beschleunigen die Diffusionsvorgänge und reduzieren damit die Prüfzeiten von Wochen auf Stunden. Damit dieser Wasserstoff aber von dem allgegenwärtigen Wasser u. ä. unterschieden werden kann, wird statt normalem der sogenannte schwere Wasserstoff, d. h. Deuteriumgas, verwendet. Dieses ist mit dem regulären Wasserstoff chemisch identisch, kann aber im Massenspektrometer über seine höhere Masse eindeutig erkannt werden.



UHV-Anlage zur Sekundärionen-Massenspektroskopie von Wasserstoff bzw. Deuterium in Oberflächen.

Relative Deuterium-Verteilung



Tiefenverteilung des Deuteriums in drei verschiedenen Wasserstoff-Barriereschichten.

Vorteile des Verfahrens

Im Unterschied zu anderen Verfahren, bei denen der aufgenommene Wasserstoff oft durch Austreiben nur integral erfasst wird, kann hier die Tiefenverteilung gemessen und damit die Barrierewirkung von z. B. unterschiedlichen Oberflächenbehandlungen direkt miteinander verglichen werden. Durch den neuen Reaktor kann sowohl die Behandlung der Proben mit Wasserstoff als auch die Analyse aus einer Hand angeboten werden. Darüber hinaus können die beladenen Proben neben der Untersuchung mittels SIMS auch für Gefügeanalysen oder mechanische Prüfungen verwendet werden.

Das neue Verfahren wird zum einen für Projekte im Rahmen des Wasserstoff Campus Salzgitter eingesetzt, zum anderen aber auch als Dienstleistung anderen Unternehmen oder Instituten angeboten.



Kontakt

Dr. Kirsten Schiffmann
 Telefon +49 531 2155-577
 kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de



Das Fraunhofer IST in Netzwerken



Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft.

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.

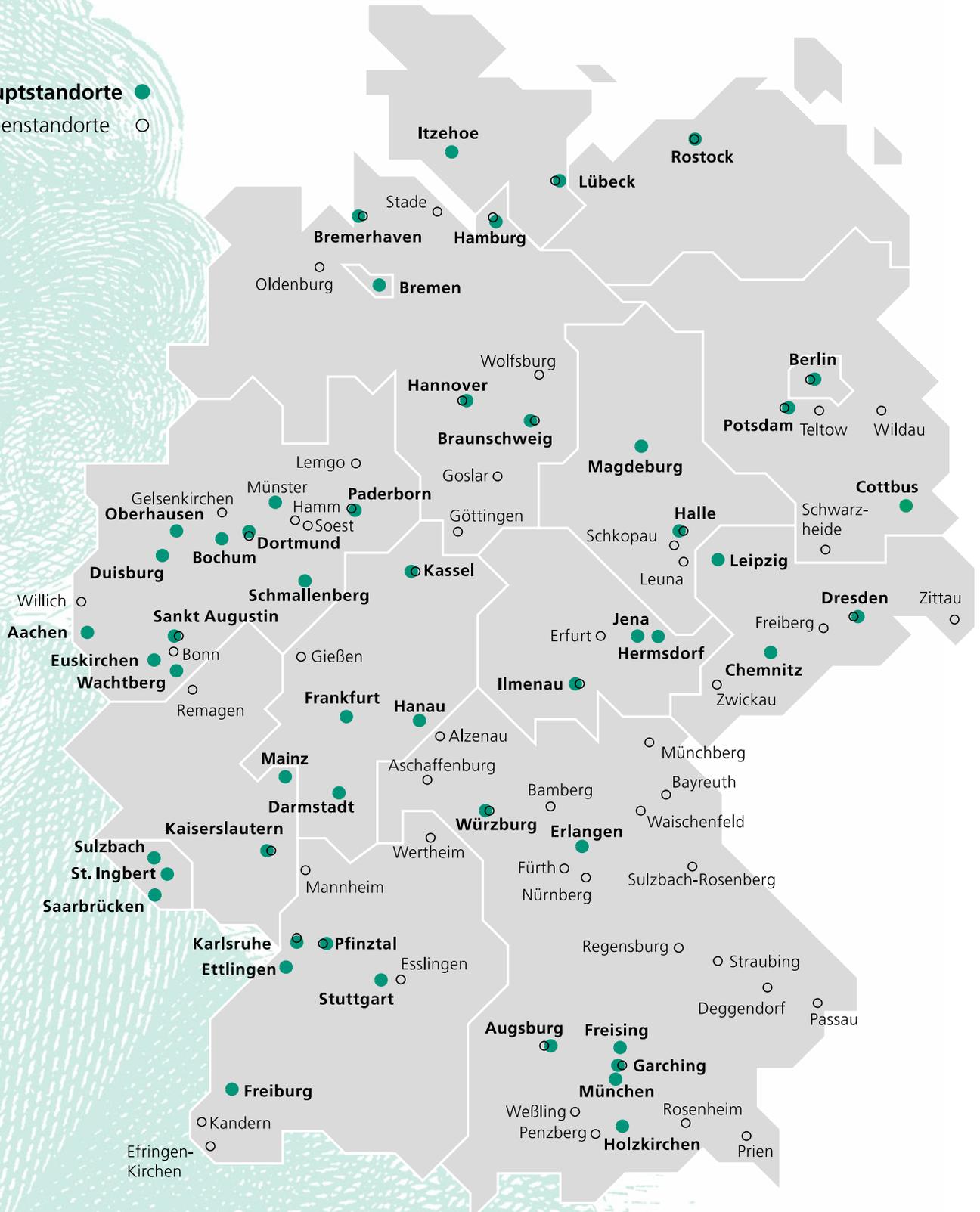
Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 30 000 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,9 Milliarden Euro. Davon fallen 2,5 Milliarden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

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

Hochmotivierte Mitarbeitende auf dem Stand der aktuellen Spitzenforschung stellen für uns als Wissenschaftsorganisation den wichtigsten Erfolgsfaktor dar. Fraunhofer bietet daher die Möglichkeit zum selbstständigen, gestaltenden und zugleich zielorientierten Arbeiten und somit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung, die zu anspruchsvollen Positionen in den Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft befähigt. Studierende 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.

Hauptstandorte ●
Nebenstandorte ○



Synergien durch Vernetzung – Netzwerke innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST ist mit seiner Forschungs- und Entwicklungstätigkeit Teil verschiedener interner und externer Netzwerke, die mit unterschiedlichen Schwerpunkten im Spannungsfeld zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik agieren.

Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft bringt das Institut seine Kompetenzen seit diesem Jahr (2021) als neues Mitglied im Fraunhofer-Verbund Produktion ein, der das Know-how der Fraunhofer-Gesellschaft für die »Produktion der Zukunft« bündelt. Darüber hinaus ist das Fraunhofer IST weiterhin als Gastmitglied im Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces beteiligt, außerdem in verschiedenen Allianzen, Geschäftsbereichen, Forschungs- und Kompetenzfeldern sowie Netzwerken. Ziel ist es, Kunden und Partnern auch technologieübergreifend optimale Lösungen für deren Aufgabenstellungen anzubieten. Außerdem engagiert sich das Fraunhofer IST in den Fraunhofer-Zentren für Energiespeicher und Systeme ZESS sowie für ressourceneffizienten Leichtbau, flexible Produktion und Future Interior im Fahrzeugbau in Wolfsburg. Im Leistungszentrum für Medizin- und Pharmatechnologie, das im März 2021 an den Start ging, beteiligt sich das Institut an der Entwicklung einer Plattform für die Forschung und den Innovationstransfer in die Patientenversorgung.

Geschäftsbereich

Adaptronik

Geschäftsbereich

Reinigung

Fraunhofer-Allianz

SysWasser

Fraunhofer-Verbund

Produktion

Fraunhofer-Verbund

Light & Surfaces

Forschungsfeld

Leichtbau

Fraunhofer Cluster of Excellence

Cognitive Internet Technologies

Leistungszentrum

**Medizin- und
Pharmatechnologie**

Fraunhofer-Allianz

Batterien

Fraunhofer-Netzwerk

Nachhaltigkeit

Fraunhofer

POLO®

Fraunhofer-Netzwerk

Wasserstoff

Fraunhofer-Allianz

autoMOBILproduktion

Fraunhofer-Netzwerk

Simulation

Fraunhofer Kompetenzfeld

Additive Fertigung

Fraunhofer-Zentrum

Wolfsburg

Fraunhofer-Allianz

Space

Fraunhofer-Zentrum für

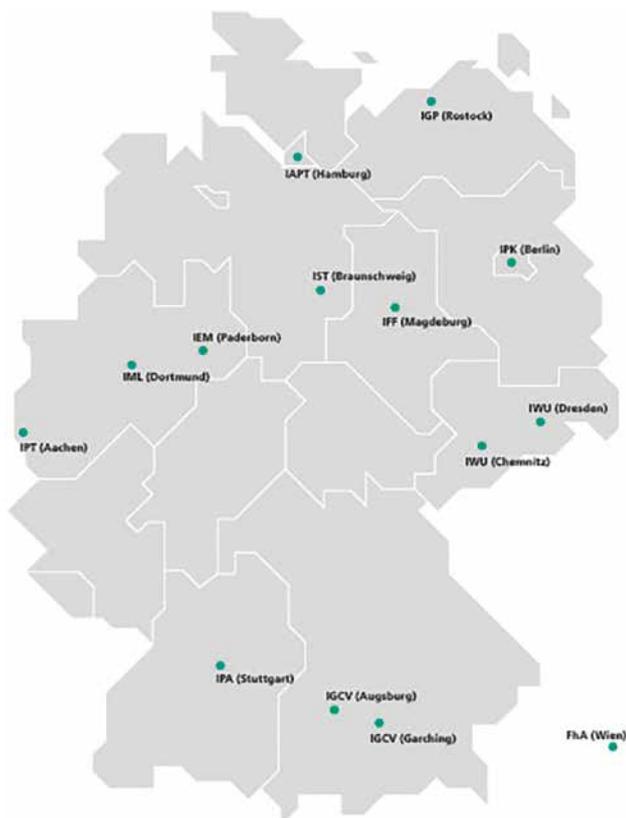
**Energiespeicher
und Systeme ZESS**

Fraunhofer-Verbund Produktion

Das Fraunhofer IST ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Produktion, einem Zusammenschluss aus elf Fraunhofer-Instituten sowie der Fraunhofer Austria Research GmbH. Das Ziel ist es, gemeinsam produktionsnahe Forschung und Entwicklung zu betreiben. Unter Nutzung der neuesten Erkenntnisse aus den Produktions- und Ingenieurwissenschaften sowie der Informatik bietet der Verbund ein breites Leistungsspektrum an Forschungs- und Beratungsdienstleistungen an.

Der Verbund schafft gemeinsam innovative Technologie- und Systemlösungen in der Produktionstechnik sowie Logistik und verbindet im engen Schulterschluss mit der Industrie die aktuellen Bedarfe und Herausforderungen mit dem Know-how der kooperierenden Wertegemeinschaft. Der Fraunhofer-Verbund prägt maßgeblich die Zukunft im Bereich der Produktionsforschung und anwendungsorientierten Entwicklung für eine nachhaltige Industriegesellschaft in Deutschland und Europa.

Mitgliedsinstitute



Die Institute des Fraunhofer-Verbunds Produktion bilden das führende Standortnetzwerk der angewandten Produktionsforschung in Deutschland.



1

Kompetenzportfolio

Das Kompetenzportfolio des Fraunhofer-Verbunds Produktion deckt sämtliche Kompetenzbereiche entlang der Wertschöpfungskette ab:

- **Produktionsmaschinen und -anlagen**
Hierzu zählen u. a. die Fabrikplanung sowie Kompetenzen im Bereich von Werkzeugmaschinen und Robotersystemen bis hin zur Instandhaltung.
- **Produktionstechniken und Prozesstechnologien**
Sämtliche Kompetenzen im Bereich der Fertigungstechnik, vor allem in der klassischen und additiven Fertigung, werden gebündelt. Auch die Verfahrens- und Oberflächentechnik sind Schwerpunkte im Verbund Produktion.
- **Produktentstehung**
Der Verbund bietet integrative Lösungen in den Bereichen Systems-, Software- und Virtual-based Engineering an.
- **Produktionssteuerung, Automatisierung, Messtechnik**
Durch smarte Sensorik und Anlagenvernetzung können Prozesse automatisiert sowie durch den Einsatz von KI und digitalen Assistenzsystemen effizient gestaltet werden.

■ **Unternehmens- und Wertschöpfungsmanagement**

Der Verbund Produktion unterstützt bei der Entwicklung von Unternehmensstrategien und Geschäftsmodellen. Umfangreiche Kompetenzen im Innovations- und Technologiemanagement unterstützen Organisationen bei der digitalen Transformation.

■ **Logistik und Supply Chain Management**

Die Gestaltung von intelligenten Logistik- und Materialflusssystemen sowie eine moderne IKT-Softwarearchitektur verbinden den ganzheitlichen Ansatz des Verbunds Produktion.



Smart Maintenance

Produktionsanlagen werden zunehmend komplexer, sind immer stärker miteinander vernetzt und erfordern umfassendes IT-Know-how für den Betrieb und die Instandhaltung. Digitalisierung ist dabei das Kriterium, welches erfolgreiche von weniger erfolgreichen Unternehmen unterscheidet.

Die nachhaltige Sicherung von Wertschöpfung durch die Produktion und die Investition in neue Produktionsstandorte mit modernen Anlagen in Europa wird davon abhängig sein, wie es uns gelingt, unsere Produktion digital aufzustellen.

Die aus dem Verbund Produktion heraus gegründete »Smart-Maintenance-Community« verfolgt das Ziel, Unternehmen bei der Sicherung und Erweiterung ihrer Produktionsstandorte durch kollaborative Forschung und bedarfsorientierte Weiterbildungsangebote umfassend für einen zügigen, industriellen Einsatz zu unterstützen. Eine intelligente Instandhaltung ist dabei der Enabler, der die notwendigen digitalen Transformationsprozesse vorantreibt und sicherstellt.

Zentrale Forschungsfragen des Verbunds 2021

Resiliente Wertschöpfungssysteme

Vor allem geprägt durch die Pandemiesituation hat sich der Verbund Produktion in einem interdisziplinären Projektkonsortium zusammengeschlossen, um die Anforderungen des Wirtschaftsstandorts Deutschland an resiliente und dynamische Wertschöpfungssysteme bei gleichbleibend hoher Produktivität und Individualisierung aufzugreifen und in zukunftsweisende Forschungsthemen umzusetzen. Resilienz gegenüber Störfällen aller Art entwickelt sich zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor.

Wesentliches Ziel des gemeinsamen Innovationsprogramms »RESYST« ist die Entwicklung von Geschäftsmodellen, die sich der Krisensituation adaptiv anpassen können, sowie die Entwicklung von Wertschöpfungsnetzwerken, welche zur frühzeitigen Erkennung, zum Schutz sowie zur Gegensteuerung bezüglich unerwarteter Ereignisse fähig sind. Es werden konkrete Gestaltungs- und Handlungsempfehlungen sowohl für den Planungsprozess als auch die Betriebsphase von resilienten Produktionssystemen inklusive fertigungs- und verfahrenstechnischer Maßnahmen entwickelt. Der Leitgedanke von instandhaltungsfreien Produktions- und Logistiksystemen prägt die Vision für wandlungsfähige und resiliente Produktionssysteme.

Kontakt

Vorsitz des
Fraunhofer-Verbunds Produktion
Prof. Dr. Welf-Guntram Drossel
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz
welf-guntram.drossel@iwu.fraunhofer.de

Geschäftsstellenleitung
Niels Schmidtke
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg
niels.schmidtke@iff.fraunhofer.de

www.produktion.fraunhofer.de

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.

ForschungsRegion 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 ForschungsRegion Braunschweig e.V. zusammen – mit dabei ist auch das Fraunhofer IST.

Fraunhofer-Zentrum Wolfsburg

Der Leichtbaucampus 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-Zentrum 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-Zentrum Wolfsburg forscht das Fraunhofer IST gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IFAM, IWU und WKI an der Erarbeitung von Lösungsansätzen, um die gesamte Prozesskette für Leichtbaustrukturen im Automobilsektor zu entwickeln und großseriennah zu erproben.

Fraunhofer-Zentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS

Als gemeinsame Forschungs- und Transferplattform arbeitet das Zentrum an der Erarbeitung von Systemlösungen für Batterien und Brennstoffzellen im Bereich Elektromobilität sowie für stationäre Speicher als Bestandteile der Energiewende. Mit dem Ziel, mobile und stationäre Speichertechnologien zur Marktreife zu führen, bündelt das Fraunhofer IST gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IKTS und IFAM sowie der Battery LabFactory Braunschweig der TU Braunschweig ihre technischen Kompetenzen und forschen an der Weiterentwicklung der Technologien zu prototypenfähigen Lösungen und Systemen.

Wasserstoff Campus Salzgitter

Am Wasserstoff Campus Salzgitter arbeitet das Fraunhofer IST in Zusammenarbeit mit der Stadt Salzgitter, der Salzgitter AG, MAN Energy Solutions, Bosch, Alstom, der WEVG und regionalen Unternehmen daran, mit regionaler Wasserstoffkompetenz CO₂-neutrale Lösungen für die industrielle Nutzung zu entwickeln.

Kooperationen mit der TU Braunschweig

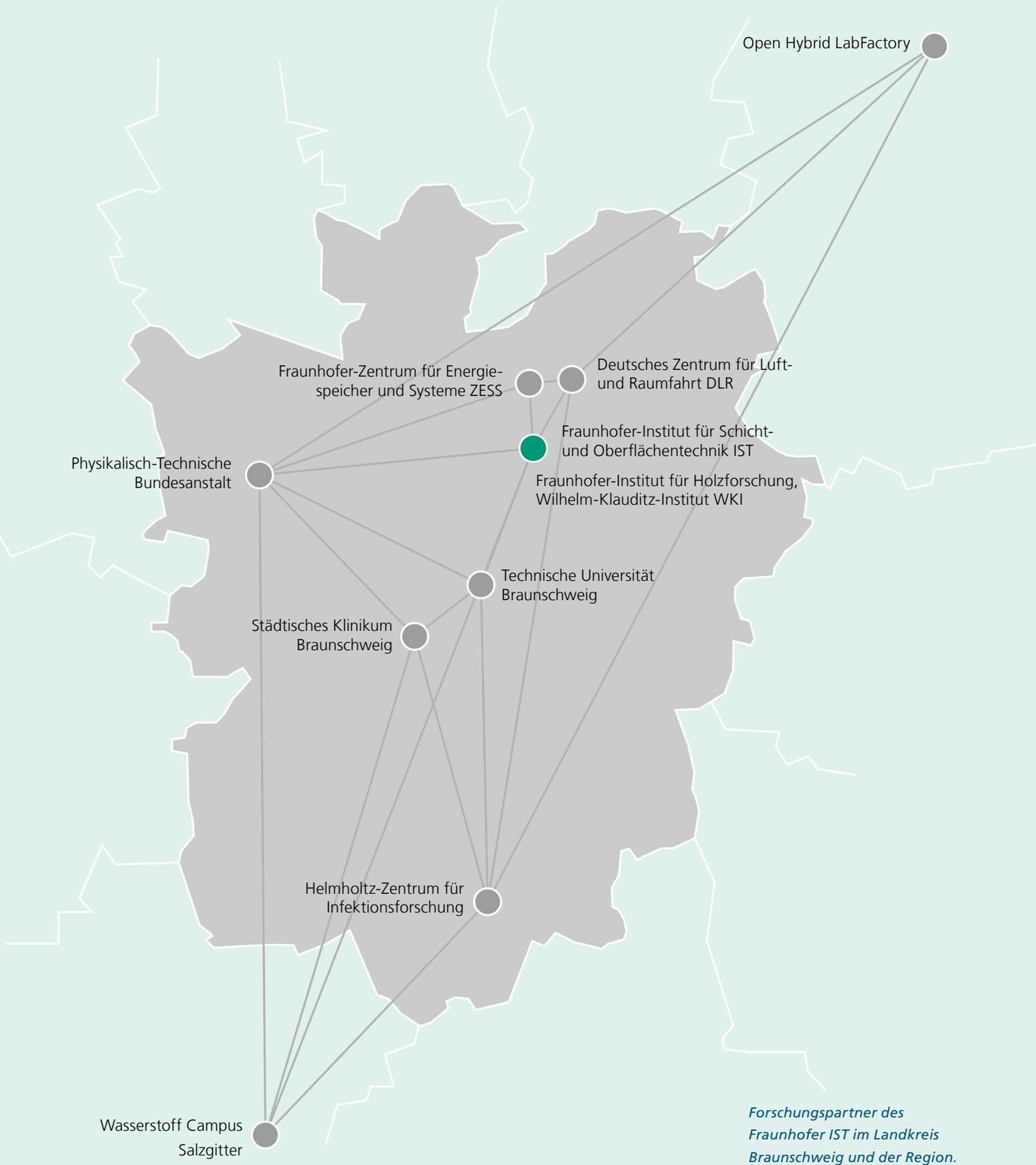
- Battery LabFactory Braunschweig BLB
- Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik NFF
- Niedersächsisches Forschungszentrum für Luftfahrt NFL
- Zentrum für Pharmaverfahrenstechnik PVZ
- Open Hybrid LabFactory e.V.

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 des Anwendungszentrums des Fraunhofer IST in Göttingen in Kooperation mit der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst HAWK. Am Dortmunder OberflächenCentrum 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 sowohl Diffusionsbehandlungen als auch Schichten für verschleiß- und temperaturresistente 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 im Bereich Tribologie und Oberflächen.



Das Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e. V. – INPLAS

Das Kompetenznetz INPLAS e.V. verfolgt das Ziel, Potenziale der Plasmatechnik weiter bekannt zu machen und Entwicklungen in den zahlreichen Anwendungsgebieten in ihrer jeweiligen Komplexität zu unterstützen, zu fördern und zu moderieren. Das Netzwerk ist beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Programm »go-cluster« akkreditiert und mit dem Silber-Label Cluster Management Excellence ausgezeichnet. INPLAS hat aktuell 55 Mitglieder aus Industrie und Wissenschaft mit ca. 200 aktiven Personen. 75 Prozent der INPLAS-Mitglieder kommen aus der Industrie.

INPLAS hat trotz der aktuell pandemiebedingten Einschränkungen wieder vielfältige Aktivitäten rund um die Plasmatechnik, überwiegend im Rahmen digitaler Formate, gestaltet. Wir danken allen Mitgliedern für ihr Engagement und ihre tatkräftige Unterstützung auch in dieser Zeit. Einige Highlights der Aktivitäten, Projekte und Veranstaltungen 2021 werden im Folgenden vorgestellt:

11. HIPIMS-Konferenz

INPLAS beteiligte und präsentierte sich im Juni 2021 als Mitorganisator bei der federführend von der Universität Sheffield in Zusammenarbeit mit weiteren Partnern organisierten 11. International Conference on Fundamentals and Industrial Applications of HIPIMS. Die Konferenz fand dieses Mal digital statt. Schwerpunkte waren Entwicklungen im Bereich tribologischer Beschichtungen für Anwendungen in der Zerspanung und Luftfahrt sowie die Digitalisierung in der Oberflächentechnik. Weiterhin widmeten sich die Vorträge kohlenstoffbasierten Schichten für tribologische, antimikrobielle und sensorische Anwendungen, industriellen und reaktiven HIPIMS-Prozessen, der Modellierung und Simulation sowie der Plasmacharakterisierung.

44. und 45. Treffen des Industrie-Arbeitskreises »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe« (IAK)

Werkzeughersteller und -anwender, überwiegend aus der Industrie, trafen sich Anfang Mai und im November 2021 in virtueller Form zur 44. bzw. 45. IAK-Ausgabe, um sich zu neuesten Entwicklungen und Trends auf dem Gebiet der Zerspanungswerkzeuge und deren Beschichtungen auszutauschen. Zu den in Vorträgen aus Industrie und Wissenschaft



Highlight im Jahr 2021: Gründung der INPLAS-Fokusgruppe »Digitalisierung und KI«.

vorgestellten Themen zählten hochharte Schneidstoffe und Beschichtungen, HIPIMS, CVD für Zerspanungsanwendungen, Diamantwerkzeuge, neuartige Multielement-PACVD-Schichtsysteme, Diamanthärte und Graphitschmierungen, kombinierende DLC-Beschichtungen, CFK-GFK-Bearbeitungsherausforderungen, die Prozesskette für PVD-Beschichtungen, Hartbearbeitung und die Bearbeitung von Leichtbauwerkstoffen. Darüber hinaus wurde eine Fräsmaschine mit Roboterkinematik vorgestellt. Der von den Partnern, dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin, dem Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, dem 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 Teilnehmer der ersten beiden Treffen der im Frühjahr 2021 neu gegründeten Fokusgruppe »Digitalisierung und KI« diskutierten im April und Mai Status und Entwicklungsbedarfe auf dem Gebiet der Anwendungen von »Industrie 4.0« in der

55 INPLAS-Mitglieder Kompetenznetz
INPLAS Stand: Januar 2022

Erfahren Sie mehr über unsere Mitglieder:
www.inplas.de

INPLAS-Mitgliederübersicht (Stand: Januar 2022).

industriellen Plasma- bzw. Beschichtungstechnik. In dem Kreis wurden bereits auch mehrere Ideen für geförderte und Auftragsforschungsprojekte generiert. Im Juli nutzte die INPLAS-Geschäftsstelle die Gelegenheit, die Fokusgruppe anlässlich des vom Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP) organisierten »QPTDat Workshop Plasma Surface Technology« mit dem Schwerpunkt Forschungsdatenmanagement in der Plasmatechnologie mit einem Vortrag zu präsentieren und für weitere Mitstreiter aus Wissenschaft und Industrie zu werben.

Die **AG »Neuartige Plasmaquellen und -prozesse«** mit dem Leitungsteam Dr. Anke Hellmich, Applied Materials GmbH & Co. KG, Matthias Nestler, scia systems GmbH und Dr. Ulf Seyfert, Von Ardenne GmbH, widmete sich in virtuellen Treffen im Mai und im November schwerpunktmäßig der Temperaturmessung im Vakuum und der Partikelvermeidung bei Niederdruckplasmaprozessen. Beim Treffen im November wurde in einer Keynote das Thema »Chancen und Grenzen der Energiespeichertechnologie« durch einen Vortrag von Dr.-Ing. Sabrina Zellmer vom Fraunhofer IST angediskutiert und ist auf großen Zuspruch der Teilnehmer gestoßen.

Die **AG »Werkzeugbeschichtungen«** unter der Leitung von Hanno Paschke, Fraunhofer IST, traf sich ebenfalls zweimal in virtueller Form. Auf den beiden Treffen im Mai und im Dezember 2021 diskutierten die Teilnehmer die Möglichkeiten und Chancen der Standardisierungsarbeit im Werkzeugbereich sowie der Oberflächentechnik in der additiven Prozesskette. Das Ziel ist es, Projektskizzen auf den Weg zu bringen.

In der Sitzung des **Gemeinschaftsausschusses GA »Kombinierte Oberflächentechnik«**, der von Prof. Dr. Petra Uhlmann, Leibniz-Institut für Polymerforschung, geleitet wird, befassten sich die Teilnehmer im Oktober 2021 online u. a. mit der nasschemischen Oberflächenmodifizierung von

Kunststoffteilen sowie dem Themenkomplex Tribologie und Beschichtungen.

16. INPLAS-Mitgliederversammlung

Die 16. INPLAS-Mitgliederversammlung fand auch im Jahr 2021 wieder in digitaler Form statt. Wesentliche Agenda-punkte waren die Vorstellung der neuen Mitglieder, Wahl von Vorstand und Kassenprüfer sowie Informationen zu den zukünftigen Inhalten der INPLAS-Arbeitsgruppen und geplanten Veranstaltungen. Zu den INPLAS-Verbundprojektangeboten auf den Gebieten der Antifaltschichten, Digitalisierung/KI unter der Überschrift »Plasma 4.0« und CO₂-Footprint wurden weitere Entwicklungen sowie die geplanten nächsten Schritte vorgestellt.

Kontakt

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

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

www.inplas.de

Mitgliedschaften

AiF InnovatorsNet
www.aif-ftk-gmbh.de

Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und
Werkstofftechnik e. V.
www.awt-online.org

A.SPIRE
www.spire2030.eu

DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und
Biotechnologie e. V.
www.dechema.de

Deutsche Gesellschaft für Elektronenmikroskopie e. V.
www.dge-homepage.de

Deutsches Flachdisplay-Forum e. V.
www.displayforum.de

DGO Deutsche Gesellschaft für Galvano- und
Oberflächentechnik e. V.
www.dgo-online.de

Deutsche Vakuum-Gesellschaft DVG e. V.
www.physik.uni-kl.de/dvg/index.php/die-dvg

Europäische Forschungsgesellschaft
für Blechverarbeitung e. V. (EFB)
www.efb.de

Europäische Forschungsgesellschaft
Dünne Schichten e. V. (EFDS)
www.efds.org

European Factories of the Future Research Association (EFFRA)
www.effra.eu

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

European Lithium Institute eLi
www.lithium-institute.eu

Fachverband Angewandte Photokatalyse (FAP)
www.vdmi.de/de/produkte/angewandte-photokatalyse.html

FGW Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e. V.
www.fgw.de

F.O.M. Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und
Medizintechnik e. V.
www.forschung-fom.de

ForschungRegion Braunschweig e. V.
www.forschungregion-braunschweig.de

Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen
3-D MID e. V.
www.3d-mid.de

Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion
www.automobil.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Batterien
www.batterien.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Space
www.space.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz SysWasser
www.syswasser.de

Fraunhofer Cluster of Excellence Cognitive
Internet Technologies
www.cit.fraunhofer.de

Fraunhofer Forschungsfeld Leichtbau
www.leichtbau.fraunhofer.de

Fraunhofer Geschäftsbereich Adaptronik
www.adaptronik.fraunhofer.de

Geschäftsbereich Reinigung
www.allianz-reinigungstechnik.de

Fraunhofer Kompetenzfeld Additive Fertigung
www.additiv.fraunhofer.de

Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit
www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/corporateresponsibility/governance/nachhaltigkeit/fraunhofer-netzwerk-nachhaltigkeit.html

Fraunhofer-Netzwerk Simulation
www.simulation.fraunhofer.de

Fraunhofer-Netzwerk Wasserstoff
www.fraunhofer.de/de/forschung/aktuelles-aus-der-forschung/wasserstoff.html

Fraunhofer POLO® – Polymere Oberflächen
www.polo.fraunhofer.de

Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces
www.light-and-surfaces.fraunhofer.de

Fraunhofer-Verbund Produktion
www.produktion.fraunhofer.de

German Water Partnership
www.germanwaterpartnership.de

Göttinger Research Council
www.uni-goettingen.de

Haus der Wissenschaft Braunschweig GmbH
www.hausderwissenschaft.org

Innovationsnetzwerk Niedersachsen
www.innovationsnetzwerk-niedersachsen.de

International Council for Coatings on Glass e. V.
www.iccg.eu

Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e. V. (INPLAS)
www.inplas.de

Leistungszentrum Medizin- und Pharmatechnologie
www.lz-mpt.fraunhofer.de/

Measurement Valley e. V.
www.measurement-valley.de

NANOfutures European Technology Integration and Innovation Platform (ETIP) in Nanotechnology
www.nanofutures.info

Nanotechnologie Kompetenzzentrum Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung CC UPOB e. V.
www.upob.de

netzwerk-surface.net – Kompetenznetzwerk für Oberflächentechnik e. V.
www.netzwerk-surface.net

Open Hybrid LabFactory e. V.
www.open-hybrid-labfactory.de

Optence e. V.
www.optence.de

PhotonicNet GmbH – Kompetenznetz Optische Technologien
www.photonicnet.de

Plasma Germany
www.plasmagermany.org

Spectaris – Deutscher Industrieverband für Optik, Photonik, Analysen- und Medizintechnik e. V.
www.spectaris.de

Wissens- und Innovations-Netzwerk Polymertechnik (WIP)
www.wip-kunststoffe.de

Zentrum für Pharmaverfahrenstechnik PVZ
www.tu-braunschweig.de/pvz

Publikationen

Arafat, R.; Madanchi, N.; Thiede, S.; Herrmann, C.; Skerlos, S. (2021): Supercritical carbon dioxide and minimum quantity lubrication in pendular surface grinding – A feasibility study. In: *Journal of cleaner production* 296, 13 pp. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126560.

Bellmann, M.; Wascher, R.; Avramidis, G.; Viöl, W. (2021): Die violette Vielfalt der Plasmaapplikationen in der Werkstofftechnik. In: *Jahresmagazin Werkstofftechnik. Ingenieurwissenschaften 2021*, S. 66-70.

Bertoglio, F.; Fühner, V.; Ruschig, M.; Heine, P.; Abassi, L.; Klünemann, T.; Rand, U.; Meier, D.; Langreder, N.; Steinke, S.; Ballmann, R.; Schneider, K.-T.; Roth, K.; Kuhn, P.; Riese, P.; Schäckermann, D.; Korn, J.; Koch, A.; Chaudhry, M.; Eschke, K.; Kim, Y.; Zock-Emmenthal, S.; Becker, M.; Scholz, M.; Schmidt Garcia Moreira, G.; Wenzel, E.; Russo, G.; Garritsen, H.; Casu, S.; Gerstner, A.; Roth, G.; Adler, J.; Trimpert, J.; Herrmann, A.; Schirrmann, T.; Dübel, S.; Frenzel, A.; Heuvel, J.v.d.; Čičin-Šain, L.; Schubert, M.; Hust, M. (2021): A SARS-CoV-2 neutralizing antibody selected from COVID-19 patients binds to the ACE2-RBD interface and is tolerant to most known RBD mutations. In: *Cell reports* 36 (4), 23 pp. DOI: 10.1016/j.celrep.2021.109433.

Blinn, B.; Winter, S.; Weber, M.; Demmler, M.; Kräusel, V.; Beck, T. (2021): Analyzing the influence of a deep cryogenic treatment on the mechanical properties of blanking tools by using the short-time method PhyBaLCHT. In: *Materials Science and Engineering, A. Structural materials, properties, microstructure and processing* 824. DOI: 10.1016/j.msea.2021.141846.

Cámara-Torres, M.; Sinha, R.; Scopece, P.; Neubert, T.; Lachmann, K.; Patelli, A.; Mota, C.; Moroni, L. (2021): Tuning cell behavior on 3D scaffolds fabricated by atmospheric plasma-assisted additive manufacturing. In: *ACS applied materials & interfaces* 13 (3), pp. 3631-3644. DOI: 10.1021/acsami.0c19687.

Dér, A.; Dilger, N.; Kaluza, A.; Creighton, C.; Kara, S.; Varley, R.; Herrmann, C.; Thiede, S. (2021): Modelling and analysis of the energy intensity in polyacrylonitrile (PAN) precursor and carbon fibre manufacturing. In: *Journal of cleaner production* 303, 15 pp. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.127105.

Dilger, N.; Kaluza, A.; Kiesewetter, A.; Cerdas, F.; Blume, S.; Zellmer, S.; Herrmann, C. (2021): Definition and reference framework for life cycle technologies in life cycle engineering – A case study on all solid state traction batteries. In: *Procedia CIRP* 98, pp. 217-222. DOI: 10.1016/j.procir.2021.01.033.

Duckstein, R.; Cerdas, F.; Leiden, A. (2021): Digitalisierung und Computational Life Cycle Engineering. In: *Journal für Oberflächentechnik* 61 (Suppl. 3), S. 24-25. DOI: 10.1007/s35144-021-1199-1.

Emmrich, S.; Plogmeyer, M.; Bartel, D.; Herrmann, C. (2021): Development of a thin-film sensor for in situ measurement of the temperature rise in rolling contacts with fluid film and mixed lubrication. In: *Sensors. Online journal* 21 (20), 16 pp. DOI: 10.3390/s21206787.

Ernst, J.; Tanyeli, M.; Borchardt, T.; Ojugo, M.; Helmke, A.; Viöl, W.; Schilling, A.; Felmerer, G. (2021): Effect on healing rates of wounds treated with direct cold atmospheric plasma – A case series. In: *Journal of wound care* 30 (11), pp. 904-914. DOI: 10.12968/jowc.2021.30.11.904.

Fauroux, A.; Pflug, A.; Lucas, S. (2021): Experimental and theoretical study of a magnetron DC-PECVD acetylene discharge – Identification of the deposition precursors and film growth mechanisms. In: *Surface and coatings technology* 421, 13 pp. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2021.127472.

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST (2021): Hartmagnetische Schichten für hochpräzise Mikroskopie. In: *Journal für Oberflächentechnik* 61 (5), S. 19. DOI: 10.1007/s35144-021-1134-5.

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST (2021): Migration von Weichmachern verhindern. In: *Journal für Oberflächentechnik* 61 (4), S. 16-17. DOI: 10.1007/s35144-021-1128-3.

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST (2021): Photokatalytische Aktivität von Oberflächen bestimmen. In: *Journal für Oberflächentechnik* 61 (5), S. 18. DOI: 10.1007/s35144-021-1164-z.

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST (2021): Technologie Made in Germany auf dem Roten Planeten. In: *Journal für Oberflächentechnik* 61 (6), S. 44-45. DOI: 10.1007/s35144-021-1202-x.

Frohn-Sörensen, P.; Cisko, C.; Paschke, H.; Stockinger, M.; Engel, B. (2021): Dry friction under pressure variation of PACVD TiN surfaces on selected automotive sheet metals for the application in unlubricated metal forming. In: *Wear* 476, 9 pp. DOI: 10.1016/j.wear.2021.203750.

Gäbler, J.; Bethke, R.; Hatic, D.; Rauhut, M.; Weibel, T.; Cheng, X.; Eder, M.; Eder, S.; Bagcivan, N.; Bastürk, S. (2021): Rockwell-Schichthafungstest - der maschinelle Blick. In: *Journal für Oberflächentechnik* 61 (9), S. 66-69. DOI: 10.1007/s35144-021-1307-2.

Groetsch, T.; Creighton, C.; Varley, R.; Kaluza, A.; Dér, A.; Cerdas, F.; Herrmann, C. (2021): A modular LCA/LCC-modelling concept for evaluating material and process innovations in carbon fibre manufacturing. In: *Procedia CIRP* 98, pp. 529-534. DOI: 10.1016/j.procir.2021.01.146.

Hatic, D.; Cheng, X.; Stephani, T.; Rauhut, M.; Gäbler, J.; Bethke, R.; King, H.; Hagen, H. (2021): Use of machine learning for automatic Rockwell adhesion test classification based on descriptive and quantitative features. In: *Surface and coatings technology* 427. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2021.127762.

Herrmann, C.; Cerdas, F.; Abraham, T.; Büth, L.; Mennenga, M. (2021): Biological transformation of manufacturing as a pathway towards environmental sustainability – Calling for systemic thinking. In: *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 34, pp. 157-170. DOI: 10.1016/j.cirpj.2020.10.008.

Imdahl, C.; Blume, C.; Blume, S.; Zellmer, S.; Gensicke, M.; Herrmann, C. (2021): Potentials of hydrogen technologies for sustainable factory systems. In: *Procedia CIRP* 98, pp. 583-588. DOI: 10.1016/j.procir.2021.01.158.

Kanfra, X.; Elhady, A.; Thiem, He.; Pleger, S.; Höfer, M.; Heuer, H. (2021): Ozonated water electrolytically generated by diamond-coated electrodes controlled phytomatodes in replanted soil. In: *Journal of plant diseases and protection* 128 (6), pp. 1657-1665. DOI: 10.1007/s41348-021-00524-0.

Karimanzira, D.; Went, J.; Neumann, F. (2021): Cleaning strategies and cost modelling of experimental membrane-based desalination plants. In: *International journal of econometrics and financial management* 9 (1), pp. 6-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.12691/ijefm-9-1-2>.

Koulouris, N.; Tasche, D.; Scheglov, A.; Mrotzek, J.; Gerhard, C.; Viöl, W. (2021): Detection of atmospheric pressure plasma-induced removal of fingerprints via analysis of histograms obtained by imaging ellipsometry. In: *Journal of Physics Communications*. Online journal 5 (4), 10 pp. DOI: 10.1088/2399-6528/abf3a4.

Lebedev, V.; Engels, J.; Kustermann, J.; Weippert, J.; Cimala, V.; Kirste, L.; Giese, C.; Quellmalz, P.; Graff, A.; Meyer, F.; Höfer, M.; Sittinger, V. (2021): Growth defects in heteroepitaxial diamond. In: *Journal of applied physics* 129 (16), 14 pp. DOI: 10.1063/5.0045644.

Leiden, A.; Herrmann, C.; Thiede, S. (2021): Cyber-physical production system approach for energy and resource efficient planning and operation of plating process chains. In: *Journal of cleaner production* 280 (2), 17 pp. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125160.

Leiden, A.; Thiede, S.; Herrmann, C. (2021): Synergetic modelling of energy and resource efficiency as well as occupational safety and health risks of plating process chains. In: *International journal of precision engineering and manufacturing*. Green technology, 21 pp. DOI: 10.1007/s40684-021-00402-y.

Leithoff, R.; Dilger, N.; Duckhorn, F.; Blume, S.; Lembcke, D.; Tschöpe, C.; Herrmann, C.; Dröder, K. (2021): Inline monitoring of battery electrode lamination processes based on acoustic measurements. In: *Batteries* 7 (1), 21 pp. DOI: 10.3390/batteries7010019.

Messmer, C.; Goraya, B.; Nold, S.; Schulze, P.; Sittinger, V.; Schön, J.; Goldschmidt, J.; Bivour, M.; Glunz, S.; Hermle, M. (2021): The race for the best silicon bottom cell – Efficiency and cost evaluation of perovskite-silicon tandem solar cells. In: *Progress in Photovoltaics* 29 (7), pp. 744-759. DOI: /10.1002/pip.3372.

Moskovkin, P.; Maszl, C.; Schierholz, R.; Breilmann, W.; Petersen, J.; Pflug, A.; Müller, J.; Raza, M.; Konstantinidis, S.; Keudell, A. v.; Lucas, S. (2021): Link between plasma properties with morphological, structural and mechanical properties of thin Ti films deposited by high power impulse magnetron sputtering. In: *Surface and coatings technology* 418, 13 pp. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2021.127235.

Publikationen

- Müller, M.; Stahl, L.; Madanchi, N.; Herrmann, C. (2021): A case study on the observability of cutting fluid flow and the associated contact mechanics in scaled rough surfaces. In: *SN applied sciences* 3, 9 pp. DOI: 10.1007/s42452-021-04572-x.
- Neubert, T.; Lachmann, K.; Scopece, P.; Patelli, A.; Moroni, L.; Thomas, M. (2021): Atmospheric plasma sources for surface modifications in 3d printed scaffolds. In: *Transactions on additive manufacturing meets medicine* 3 (1), 2 pp. DOI: 10.18416/AMMM.2021.2109571.
- Neumann, J.; Brückner, S.; Viöl, W.; Gerhard, C. (2021): Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge Plasma-Enhanced Optical Contact Bonding of Coated Glass Surfaces. In: *Applied Sciences* 11 (15), 11 pp. DOI: 10.3390/app11156755.
- Niklaus, L.; Schott, M.; Subel, J.; Ulrich, S.; Reichert, D.; Posset, U.; Giffin, G. (2021): Mixed metal oxides as optically-passive ion storage layers in electrochromic devices based on metallo-polymers. In: *Solar energy materials and solar cells* 223, 8 pp. DOI: 10.1016/j.solmat.2020.110950.
- Plogmeyer, M.; Kruse, J.; Stonis, M.; Paetsch, N.; Behrens, B.-A.; Bräuer, G. (2021): Temperature measurement with thin film sensors during warm forging of steel. In: *Microsystem Technologies* 27 (10), pp. 3841-3850. DOI: 10.1007/s00542-020-05179-9.
- Sakiew, W.; Schwerdtner, P.; Jupé, M.; Pflug, A.; Ristau, D. (2021): Impact of ion species on ion beam sputtered Ta₂O₅ layer quality parameters and on corresponding process productivity – A preinvestigation for large-area coatings. In: *Journal of vacuum science and technology A. Vacuum, surfaces and films* 39 (6), 17 pp. DOI: 10.1116/6.0001224.
- Tonneau, R.; Moskovkin, P.; Müller, J.; Melzig, T.; Haye, E.; Konstantinidis, S.; Pflug, A.; Lucas, S. (2021): Understanding the role of energetic particles during the growth of TiO₂ thin films by reactive magnetron sputtering through multi-scale Monte Carlo simulations and experimental deposition. In: *Journal of Physics. D. Applied Physics* 54 (15), 49 pp. DOI: 10.1088/1361-6463/abd72a.
- Wascher, R.; Avramidis, G.; Viöl, W. (2021): Plywood made from plasma-treated veneers–Investigation of performance differences between plasma-pretreated and untreated beech veneers at comparable melamine resin load. In: *Forests* 12 (10), 10 pp. DOI: 10.3390/f12101423.
- Weigel, K.; Lu, J.; Bewilogua, K.; Keunecke, M.; Petersen, J.; Grumbt, G.; Zenker, R.; Hultmann, L. (2021): Electron irradiation induced modifications of Ti_(1-x)Al_xN coatings and related buffer layers on steel substrates. In: *Vacuum* 185, 8 pp. DOI: 10.1016/j.vacuum.2020.110028.
- Wiese, M.; Kwauka, A.; Thiede, S.; Herrmann, C. (2021): Economic assessment for additive manufacturing of automotive end-use parts through digital light processing (DLP). In: *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 35, pp. 268-280. DOI: 10.1016/j.cirpj.2021.06.020.
- Wiese, M.; Leiden, A.; Rogall, C.; Thiede, S.; Herrmann, C. (2021): Modeling energy and resource use in additive manufacturing of automotive series parts with multi-jet fusion and selective laser sintering. In: *Procedia CIRP* 98, pp. 358-363. DOI: 10.1016/j.procir.2021.01.117.
- Wiese, M.; Dér, A.; Leiden, A.; Abraham, T.; Herrmann, C.; Thiede, S. (2021): Dynamic modeling of additive manufacturing process chains for end-use part manufacturing. In: *Procedia CIRP* 104, pp. 500-505. DOI: 10.1016/j.procir.2021.11.084.
- Winter, S.; Stein, C.; Richter, K.; Höfer, M.; Sittinger, V.; Psyk, V.; Kräusel, V. (2021): Erprobung anwendungsadaptierter CVD-Diamantschichten beim Stanzen. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 116 (7/8), S. 464-468. DOI: 10.1515/zwf-2021-0127.

Berichte

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Erlangen; Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, Paderborn; Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig; Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt; Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz; Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden: Mit smarten Systemen flexibel in die Zukunft: Adaptronische Anwendungen in den Bereichen Urbanisierung, Produktion, Mobilität; Konzeptpapier Geschäftsbereich Adaptronik 2021. Darmstadt: Fraunhofer Geschäftsbereich Adaptronik, 2021, 12 S.

Gäbler, J.; Bethke, R.; Rauhut, M.; Hatic, D.; Eder, M.; Eder, S.; Bastürk, S.: Automatisierte Rockwell-Schichthaftungsprüfung–AUROS: Schlussbericht zum WIPANO-Projekt; Laufzeit des Vorhabens und Berichtszeitraum: 1.11.2018–28.2.2021. Braunschweig: Fraunhofer IST, 2021, 29 S.

Thewes, A.; Paschke, H.; Sternemann, C.; Paulus, M.: Micro- and nanostructure of PECVD Ti-Si-B-C-N nanocomposite coatings. Dortmund, 2021, 3 pp.

Konferenzbeiträge

Bandorf, R.; Grein, M.; Gerdes, H.; Correia, R.; Heckmann, U.; Bräuer, G. (2021): Me-DLC based strain sensitive materials. Eleventh International Conference on HIPIMS, Online/Sheffield, UK, 14.6.-18.6.2021 – Vortrag.

Bruns, S.; Britze, C.; Vergöhl, M.; Feller, A.; Meining, S. (2021): UV bandpass filters based on Ta₂O₅ and ZrO₂ for solar observation. International Conference on Space Optics–ICSO, Online/Bellingham, WA, 20.3.-2.4.2021 – Vortrag.

Correia, R.; Bender, A.; Gerdes, H.; Trava-Airoldi, V.; Bandorf, R. (2021): Antibacterial activity of DLC Films with zinc, copper and silver. Eleventh International Conference on HIPIMS, Online/Sheffield, UK, 14.6.-18.6.2021 – Vortrag.

Dilger, N. (2021): Inline monitoring of battery electrode lamination processes based on acoustic measurements. International Battery Production Conference–IBPC, Braunschweig, 1.11.-3.11.2021 – Poster.

Duckstein, R. (2021): Mit Digitalisierung und Life Cycle Engineering zu nachhaltigen Oberflächen, ZVO-Oberflächentage, Berlin, 22.09-24.09.2021 – Vortrag

Grube, M. (2021): Scale-up of mechanochemical synthesis of sulfide-based solid electrolytes for all-solid-state batteries. International Battery Production Conference – IBPC, Braunschweig, 1.11.-3.11.2021 – Poster.

Herrmann, C. (2021): Computational engineering and cyber-physical systems. Eleventh International Conference on HIPIMS, Online/Sheffield, UK, 14.6.-18.6.2021 – Vortrag.

Hiesinger, S.; Weber, M.; Leisner, R.; Mahler, L.; Molter, J.; Bräuer, G. (2021): Investigation of the application of nickel dispersion coatings for fluid-free lubrication systems in linear guides. 62. Tribologie-Fachtagung, Göttingen, 27.9.-29.9.2021 – Vortrag.

King, H.; Sittinger, V.; Harig, T.; Stoll, D. (2021): Optimizing top-TCO for perovskite-silicon tandem solar cells. 38th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition–EU PVSEC, Online, 6.9.-10.9.2021 – Poster.

Lachmann, K. (2021): Lösungen aus der Plasma- und Oberflächentechnologie zur Bekämpfung der Corona-Pandemie, 5. Netzwerktreffen des Forschungs- und Technologieverbands Thüringen, Jena, 23.09.2021 – Vortrag

Lachmann, K.; Rimpl, K.S.; Finke, J.H.; Thomas, M (2021): Thin-Film Coatings for Controlling the Adhesion of Small Pharmaceutical Particles. Symposium on Pharmaceutical Engineering Research (SPhERe). Online/Braunschweig, 15.09.-17.09.2021 – Vortrag.

Liewald, M.; Deliktas, T.; Karadogan, C.; Schott, A.; Jakobs, J.; Amann, T. (2021): New digitalization approaches in forging technology. 24th International Forging Conference, Brasilien, 13.10.-15.10.2021 – Vortrag.

Nallinger, S.; Herrmann, C.; Frank, B. (2021): Klimaneutralitätsstrategien von Unternehmen–Wissenschaftlich fundiert oder Greenwashing? AGIMUS Nachhaltigkeits-Talk, Online/Braunschweig, 23.2.2021 – Vortrag.

Neubert, T.; Lachmann, K.; Scopece, P.; Patelli, A.; Moroni, L.; Thomas, M. (2021): Atmospheric plasma sources for surface modifications in 3d printed scaffolds. 3rd International Conference on Additive Manufacturing Meets Medicine 2021, Lübeck, 08.09.-10.09.2021 – Vortrag

Omelan, M.; Meyer, H.; Lachmann, K.; Thomas, M. (2021): Biobasierte Ausgangsstoffe zur Entwicklung nachhaltiger Materialsysteme. Funktionale Beschichtungen und optimierte Haftung durch Atmosphärendruck-Plasmaverfahren. 40. ak-adp Workshop Atmosphärendruckplasma, Jena, 10.11.-11.11.2021 – Poster.

Omelan, M.; Meyer, H.; Lachmann, K.; Thomas, M. (2021): Nachhaltige Materialsysteme durch biobasierte Oberflächen. Funktionale Beschichtungen und optimierte Haftung durch Atmosphärendruck-Plasmaverfahren. DECHEMA Infotag: Kreislaufwirtschaft von Kompositmaterialien von Nano bis Mikro, Online, 15.11.2021 – Poster.

Paschke, H.; Brückner, T.; Kaestner, P.; Hahn, I.; Siebert, S.; Theisen, W. (2021): Niedertemperatur-Plasmanitrierprozesse für korrosionsbeständige Stähle in mediengeschmierten Wälzlager. 62. Tribologie-Fachtagung, Göttingen, 27.9.-29.9.2021 – Vortrag.

Schott, A.; Biehl, S.; Bräuer, G.; Herrmann, C. (2021): Thin film sensor systems for use in smart production. Conference on Future Production of Hybrid Structures 2020, Online, 27.5.-28.5.2020.

Schott, A., Biehl, S., Bräuer G., Herrmann, C. (2021): Multifunctional thin film sensors and examples for industrial applications, 1st Executive Summit – Cost Cost Efficient Lightweighting – Efficient Applications for AHSS & UHSS, Linz, 21.09.-22.09.2021 – Vortrag

Senger, F.; Gu-Stoppel, S.; Wen, L.; Albers, J.; Timmermann, M.; Bruns, S.; Piechotta, G.; Buenting, U.; Schulz-Ruhtenberg, M. (2021): A 2D circular-scanning piezoelectric MEMS mirror for laser material processing. SPIE, Online/Bellingham, WA, 6.3.-12.3.2021 – Vortrag.

Thomas, M.; Nagel, K.; Dohse, A.; Mann, A.; Lachmann, K. (2021): Innovative Kombinationsprozesse mit präziser ortsauflöser Plasmafunktionalisierung bei Atmosphärendruck. 38. ak-adp Workshop Atmosphärendruckplasma, Jena, 15.06.-16.06.2021 – Vortrag

Wißbach, M.; Thiem, M.; Biehl, S.; Rothauge, B. (2021): evTrailer - Autarkes elektrisches Antriebssystem für LKW Trailer. 6th Commercial Vehicle Technology Symposium, Kaiserslautern, 9.3.-11.3.2021 – Vortrag.

Wolff, D.: Techno-economic and environmental assessment of production processes for all-solid-state batteries using the example of active material coating by atomic layer deposition. International Battery Production Conference – IBPC, Braunschweig, 1.11.-3.11.2021 – Vortrag.

Dissertationen

Graumann, T.: Einfluss der Kristallinität von TiO₂-Dünnschichten auf den photokatalytischen Stickstoffmonoxid-Abbau. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2021 (Berichte aus Forschung und Entwicklung 46). Zugl.: Braunschweig, Technische Universität Braunschweig, Dissertation, 2020.

Grein, M.: Struktur und Eigenschaften von gesputterten a-C:H:Nb-Schichten für piezoresistive Sensoren. Braunschweig, Technische Universität, Dissertation, 2020.

Erteilte Patente

Duckstein, R.; Klages, C.-P.; Lachmann, K.: Verfahren zur Herstellung beschichteter Polymer-Substrate mittels Pflropfpolymerisation, Vorrichtung zur Herstellung beschichteter Polymer-Substrate mittels Pflropfpolymerisation sowie beschichtetes Polymer-Substrat. DE 10218202000 B4

Bellmann, M.; Harms, M.; Ochs, Ch.; Viöl, W.: Plasmadüse. EP3430864 B1

Thomas, M.; Weidlich, E.-R.: Verfahren zum hochpräzisen Drucken von Strukturen auf Oberflächen sowie Substrat mit einer gedruckten Struktur aufweisenden Oberfläche. 10 2014 224 276 B4

Bildverzeichnis

- Titelbild: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
2: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
3: Fraunhofer IST, Foto: Ulrike Balhorn
8, Bild 1: Dr. Philipp Lichtenauer
8, Bild 2: Ruhr-Universität Bochum
8, Bild 3: Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH, Foto: Peter Sierig
8, Bild 4: Frank Benner
8, Bild 8: Arbeitgeberverband Region Braunschweig e.V.
8, Bild 9: Singulus Technologies AG, Foto: Marc Krause, Frankfurt
8, Bild 10: B. Braun Melsungen AG
8, Bild 11: Bauer AG
9, Bild 5: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
9, Bild 6: Schaeffler AG
9, Bild 7: Dr. Sebastian Huster
9, Bild 12: VDMA e.V.
9, Bild 13: Ernst-Rudolf Weidlich, GRT GmbH & Co. KG
9, Bild 14: EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG
10, 11: Pfaudler interseal GmbH
12 / 13, Grafik: Nils Hildebrandt
14 / 15, Grafik: Nils Hildebrandt
18, Bild 1-7: Fraunhofer IST, Fotos: Ulrike Balhorn
18, Bild 8: Fraunhofer WKI, Manuela Lingnau
19-22, Bild 9-31: Fraunhofer IST, Fotos: Ulrike Balhorn
22, Bild 32: HAWK
22, Bild 33: TU Braunschweig
23: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
24, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
24, Bild 2: Fraunhofer IST
25, Bild 3: Courtesy NASA/JPL-Caltech
26, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Ronald Frommann
27, Bild 2: Fraunhofer IMTE, Dr. Thomas Friedrich
27, Bild 3: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
28, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Krees Nagel
29, Bild 2, 3: TU Braunschweig, Foto: Tom Bauer
30, Bild 1, 2: TU Braunschweig, Foto: Max Fuhrmann
31, Bild 3: TU Braunschweig, Foto: Hennig
31, Bild 4: Fraunhofer IST, Foto: Ulrike Balhorn
31, Bild 5: TU Braunschweig
32, Bild 1: SolarImpulse Foundation
32, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Lothar Schäfer
33, Bild 3: Fraunhofer IST, Foto: Jan Gäbler
33, Bild 4: Fraunhofer IST, Foto: Lothar Schäfer
33, Grafik: SolarImpulse Foundation
34, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
35, Bild 2: Art Stock Creative / shutterstock.com
36, Bild 1: BS-Live!, Dieter Beckert
33, Grafik: Falko Oldenburg
40, 41: Grafik: Nils Hildebrandt
43: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
44, Bild 1: Fraunhofer IST, Illustration: Marén Gröschel
45, Bild 2: Architektenbüro HDR
45, Bild 3: Fraunhofer IST, Foto: Michael Grube
46: Fraunhofer IST, Illustration: Marén Gröschel
47, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
48, Grafik: Fraunhofer IST
49, Bild 2: Fraunhofer IST
51: Fraunhofer IST, Foto: Rainer Meier, BFF Wittmar
52, Bild 1-3: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
53: Fraunhofer IST, Grafik: Lena Meyer, Torben Seemann
54, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
55, Grafik: Fraunhofer IST, Falko Oldenburg
55, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Ulrike Balhorn
57, Bild 1-4: Fraunhofer IST, Martin Keunecke
58, Bild 1: Fraunhofer IST
59, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
59, Bild 3: Fraunhofer IST
61, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Ulrike Balhorn
61, Bild 2, 3: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
62, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Ulrike Balhorn
63, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Ulrike Balhorn
63, Grafik 3: Fraunhofer IST, Elke Bürger
63, Bild 4: Fraunhofer IST, Foto: Ulrike Balhorn
64, 65, Bild 1, 2: Fraunhofer IST, Foto: Jan Benz
67-72: Fraunhofer IST, Foto: Nils Hendrik Mueller
73, Bild 2-4: Fraunhofer IST
74, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Rainer Meier, BFF Wittmar
75, Grafik 3: Fraunhofer IST
75, Bild 2: Fraunhofer IST
76, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
76, Bild 2: Fraunhofer IST
77, Bild 3: Fraunhofer IST, Foto: Rainer Meier, BFF Wittmar
79: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
80, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Jan Benz
80, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Tobias Zickenrott
81, Bild 3: Fraunhofer IST, Foto: Jan Benz
82, Bild 1: Fraunhofer IST
83, Grafik 2, 3, 4, 6: Nils Hildebrandt
83, Grafik 5: Fraunhofer CSP

84, 85, Bild 1, 2, 3: Fraunhofer IST
 86, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
 87, Bild 2, 3: VON ARDENNE Corporate Archive, Werksfoto
 87, Bild 4: Fraunhofer IST
 89: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
 90, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
 91, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
 92, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
 93, Grafik: Fraunhofer IST, Falko Oldenburg
 93, Bild 2: Fraunhofer IST, Ulrike Balhorn
 94, Bild 1: MPA/IfW Darmstadt
 95: Fraunhofer IST
 96, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
 97, Bild 2: TU Braunschweig, Foto: Tom Bauer
 98, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
 99, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Kim Sebastian Rimpl
 100, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
 100, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Falko Oldenburg
 101, Bild 3, 4: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
 102, Bild 1, 2: Fraunhofer IST, Foto: Thomas Neubert
 103, Bild 3, 4, 5: Fraunhofer IST, Foto: Lara Schumann
 104 / 105: Fraunhofer IST, Foto: Nils Mainusch
 106, 107 Bild 1, 2, 3, 4: HAWK, Foto: Clara Valentin,
 Dorothea Wagnerberger
 107, Bild 5: Fraunhofer IST
 109: Fraunhofer IST, Foto: Nils Hendrik Mueller
 110, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Nils Hendrik Mueller
 111, Bild 2, 3, 4: Fraunhofer IST, Foto: Jan Benz
 111, Bild 5: Fraunhofer IST, Foto: Kirsten Schiffmann
 112, Bild 1, 2: Fraunhofer IST, Foto: Nils Hendrik Mueller
 113, Bild 3: Fraunhofer IST, Foto: Nils Hendrik Mueller
 113, Bild 4: Fraunhofer IST, Foto: Jan Benz
 113, Bild 5: Fraunhofer IST
 114, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Jan Benz
 115, Bild 2, 3: Fraunhofer IST, Foto: Ronald Frommann
 116, Bild 1: Fraunhofer IST, Foto: Paul Kurze
 117, Bild 2: Fraunhofer IST, Foto: Jan Benz
 120: Fraunhofer, Foto: Markus Jürgens
 110, 111: adobe.stock.com
 121: Fraunhofer
 124: Fraunhofer
 124, Bild 1: Verbund Produktion
 125, Bild 2: Lina Holz
 127, Grafik: Fraunhofer IST
 128, 129, Bild 1, 2: INPLAS

Impressum

Das Fraunhofer-Institut für Schicht-
und Oberflächentechnik IST

Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Stellvertretender Institutsleiter

Dr. Lothar Schäfer

Bienroder Weg 54E
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
Daniela Kleinschmidt

Layout

nils hildebrandt designer
www.nilshildebrandt-designer.de

Druck

Gutenberg Beuys Feindruckerei GmbH
www.feindruckerei.de

© Fraunhofer IST, 2022



Kontakt

Fraunhofer Institut für Schicht-
und Oberflächentechnik IST
Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig
Tel. +49 531 2155-0
Fax +49 531 2155-900
info@ist.fraunhofer.de

www.ist.fraunhofer.de