



Fraunhofer
IMWS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR
MIKROSTRUKTUR VON WERKSTOFFEN UND SYSTEMEN IMWS



HIGHLIGHTS
2017
JAHRESBERICHT

VORWORT



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

das Jahresende ist traditionell Anlass für einen Rückblick, und in der Tat können wir am Fraunhofer IMWS auf ein sehr erfolgreiches Jahr 2017 verweisen. Unser Jahresbericht ist für mich stets auch ein willkommener Moment, die Perspektive des Tagesgeschäfts zu verlassen und die größeren Entwicklungen zu betrachten: Was haben wir in den vergangenen zwölf Monaten für unsere strategische Weiterentwicklung erreicht?

Auch da fällt die Bilanz sehr erfreulich aus. In unserem Kernkompetenzkreis Mikrostrukturdiagnostik haben wir eine Roadmap für die methodische Weiterentwicklung unserer Kompetenzen bis 2025 definiert. Die Schwerpunkte liegen dabei auf der Fehlerdiagnostik sowie 4D- und Multiskalenanalytik, unterlegt werden sie mit der Erweiterung unserer technischen Ausstattung. So steht mit dem ZEISS Xradia 800 Ultra jetzt ein Gerät zum höchstauflösenden und zerstörungsfreien 3D-Röntgen-Imaging zur Verfügung. Mit dieser Kombination aus kontinuierlichem Kompetenzaufbau, modernstem Equipment und der eigenen Entwicklung neuer Analysetechniken sind wir bestens gerüstet für die Anforderungen unserer Kunden von morgen.

Die Möglichkeiten der Digitalisierung zu nutzen, war bei der Entwicklung dieser Roadmap natürlich ein zentraler Aspekt, etwa die Automatisierung bei Defektscreening und Probenpräparation oder das Bereitstellen einer Datenstruktur als »digitaler Zwilling« des Werkstoffs in unserer Plattform Materials Data Space. Zur Digitalisierung der Werkstoffe haben wir im Fraunhofer-Verbund MATERIALS das Positionspapier »Ideen MATERIALisieren – Zukunft der Werkstoffforschung« initiiert. Mit dem von zahlreichen Unternehmen und Verbänden unterstützten Papier möchten wir vor allem die politischen Entscheidungsträger auf die Bedeutung der Werkstoffforschung für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie aufmerksam machen und auf die großen Potenziale hinweisen, die sich hier bieten.

Mit unserem internen Projekt »IMWS 4.0« loten wir ebenfalls proaktiv die Chancen aus, die sich für unsere Arbeit durch die

Digitalisierung ergeben, um alle Prozesse am Institut – von der Arbeit im Labor über die interne Kommunikation bis hin zur Weiterentwicklung unserer Geschäftsmodelle – dahingehend optimieren zu können. Auch damit stellen wir sicher, dass wir unseren Auftraggebern auch in Zukunft stets innovative und effiziente Lösungen anbieten können.

Weiter vorangetrieben haben wir die Entwicklung neuer Geräte als Teil unserer Strategie, etwa mit dem Magnet Field Sensing, einer neuartigen Methode zur Qualitätskontrolle in der Photovoltaikindustrie. Mit der Gründung des Centers für Ökonomik der Werkstoffe CEM, das wir gemeinsam mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg tragen, können wir unseren Kunden künftig – ergänzend zu unserer werkstoffwissenschaftlichen Expertise – auch techno-ökonomisches Know-how anbieten. Nicht zuletzt sind die Bauarbeiten an unseren Standorten in Halle, Schkopau und Leuna der sinnbildliche Ausdruck für die dynamische Weiterentwicklung des Instituts.

Wir konnten 2017 gleich drei runde Jahrestage begehen: 25 Jahre Fraunhofer am Standort Halle und 10 Jahre Fraunhofer CSP; das 20-jährige Bestehen des Fraunhofer-Verbunds MATERIALS wurde ebenfalls in Halle gefeiert. Auch im fachlichen Programm dieser Veranstaltungen haben wir den Blick ganz bewusst nicht auf die Historie, sondern nach vorne gerichtet und viele wichtige Impulse erhalten.

Ich bin sicher, dass wir auch 2018 als exzellenter Forschungs- und Entwicklungspartner die Produkte und Prozesse unserer Kunden hinsichtlich der mikrostrukturbasierten Technologieentwicklung und Diagnostik stärken werden und möchte mich bei allen Kunden und Partnern für die bisherige Zusammenarbeit bedanken. Ich freue mich auf weitere spannende Forschungsprojekte mit Ihnen!

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn



INHALT

Vorwort	1
Unsere Mission	4
Kernkompetenzen	5
Das Institut in Zahlen	6
25 Jahre Fraunhofer IMWS – eine Erfolgsgeschichte in Bildern	8
Center für angewandte Mikrostrukturdiagnostik CAM.	10
Interview mit Geschäftsfeldleiter Prof. Dr. Matthias Petzold	11
Elektrisches Verhalten und lokale Eigenspannungen an GaN-Transistoren.	12
Zuverlässigkeit ultradünner flexibler Elektronik-Komponenten	14
Korrosion in Materialien der Automobil-Elektronik	16
Nanostrukturbasierte Entwicklung von Glaskeramik	17
Center für Silizium-Photovoltaik CSP	18
Interview mit Geschäftsfeldleiter Dr. Karl Heinz Küsters	19
Photovoltaik-Teststand holt die Wüste ins Labor	20
Leichtbau-Solarmodule für die Fahrzeugintegration	22
Standardisierung der mechanischen Bewertung für Siliziumwafer	23
Polymeranwendungen	24
Interview mit Geschäftsfeldleiter Prof. Dr. Peter Michel.	25
In-situ-Röntgen-Computertomographie an Verbundwerkstoff-Strukturen.	26
Dehnungsinduzierte Kristallisation in Isopren-Kautschuken	28
Nachhaltige Verstärkungselemente mit Potenzial für Bauanwendungen.	30
Nachhaltige Spritzgussbauteile aus technischen Biopolymeren.	31
Biologische und makromolekulare Materialien	32
Interview mit dem stellvertretenden Geschäftsfeldleiter Dr.-Ing. Andreas Kiesow.	33
Bio-inspirierte Materialien für hautspezifische Anwendungen	34
Damit der trockene Mund nicht zur Plage wird	36
Antihaft-Oberflächen für eine optimierte Filterleistung	37
Naturstoffkomposite im Belastungstest.	38
Stoffstromanalyse und Ökobilanz von Naturstoffkompositen	39



Anwendungszentrum für Anorganische Leuchtstoffe	40
Interview mit Geschäftsfeldleiter Prof. Dr. Stefan Schweizer	40
Pixelierte Leuchtstoffe für Automobilscheinwerfer	41
Thermische Bewertung von LED-Modulen	42
Center für Ökonomik der Werkstoffe CEM	43
Interview mit Gründungsdirektor Prof. Dr. Ulrich Blum	43
Werkstoffe und Stoffflüsse werden Industrie-4.0-fähig	44
Chemische Umwandlungsprozesse	45
Kohlenstoff-Kreislauf-Wirtschaft für einen nachhaltigen Strukturwandel	45
Membran-Elektroden-Einheiten im Vergleich	46
Kuratorium	48
Interview mit Kuratoriumsvorsitzenden Dr. Roland Langfeld	49
Vernetzung des Fraunhofer IMWS	50
Hochschulpartnerschaften	54
Organigramm	55
Technische Ausstattung am Fraunhofer IMWS	56
Preise, Ehrungen und Dissertationen	59
Vorlesungen, Veranstaltungen, Messen und Patente	60
Veröffentlichungen am Fraunhofer IMWS	62
Nachhaltigkeitsbericht	63
Köpfe 2017	64
Ausblick	66
Impressum	67

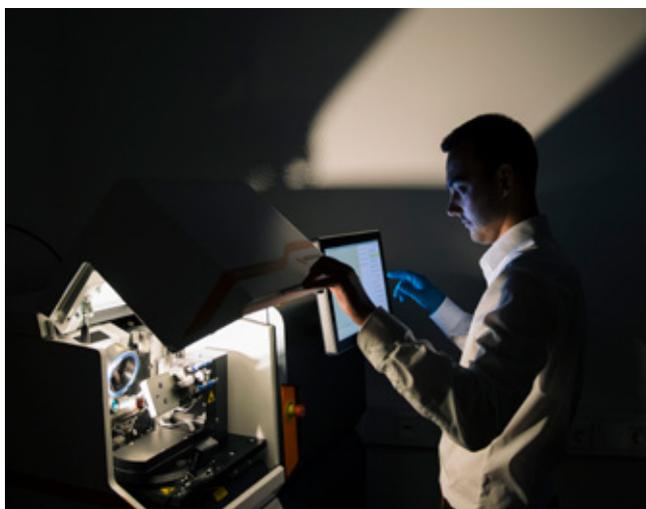
UNSERE MISSION

Mikrostrukturbasierte Technologieentwicklung und Diagnostik für effiziente und zuverlässige Werkstoffe, Bauteile und Systeme

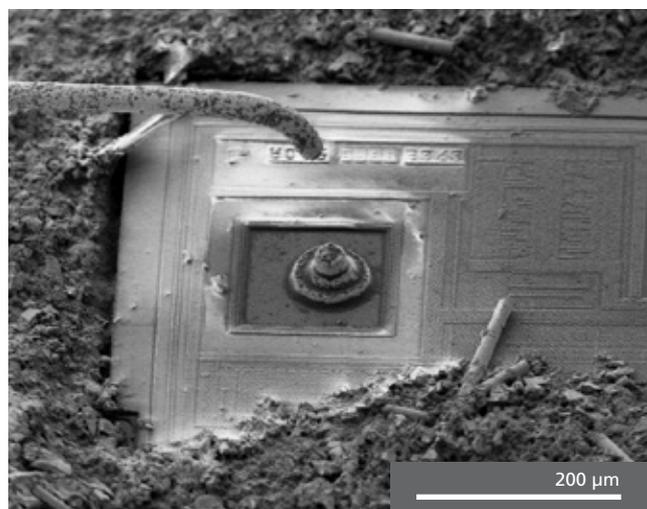
Die zentrale Herausforderung der Menschheit im 21. Jahrhundert ist die Nachhaltigkeit aller Lebensbereiche, insbesondere der effiziente Umgang mit begrenzten Rohstoffen. Das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS betreibt angewandte Forschung im Bereich der Materialeffizienz und ist Impulsgeber, Innovator und Problemlöser für die Industrie und für öffentliche Auftraggeber in den Bereichen Zuverlässigkeit, Sicherheit, Lebensdauer und Funktionalität von Werkstoffen in Bauteilen und Systemen. Die Kernkompetenzen liegen im Bereich der Charakterisierung von Werkstoffen bis auf die atomare Skala sowie in der Materialentwicklung.



Beispiel unserer Kernkompetenz »Mikrostrukturdesign«: Auf der Nanoskala optimierte Composite sorgen für einen geringeren Rollwiderstand von Reifen.



Unsere Fähigkeiten in der Geräteentwicklung zeigt beispielsweise das Gerät *microPREP™*, mit dem sich ultradünne Proben für die Elektronenmikroskopie schneller und zuverlässiger präparieren lassen.

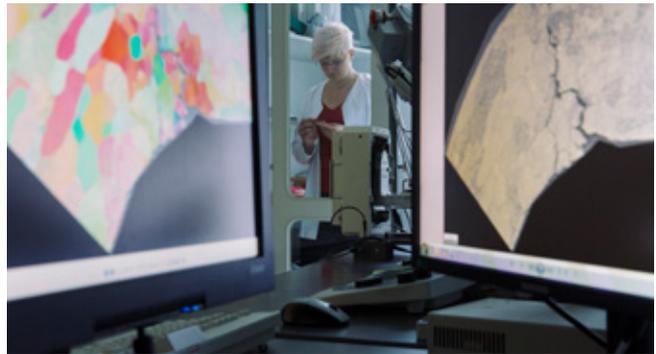


Beispiel unserer Kernkompetenz »Mikrostrukturdiagnostik«: Erst die Auflösung im Elektronenmikroskop macht Defektursachen wie abgerissene Drähte in einem Mikrochip erkennbar.

KERNKOMPETENZEN

Mikrostrukturdiagnostik – discovered by Fraunhofer IMWS

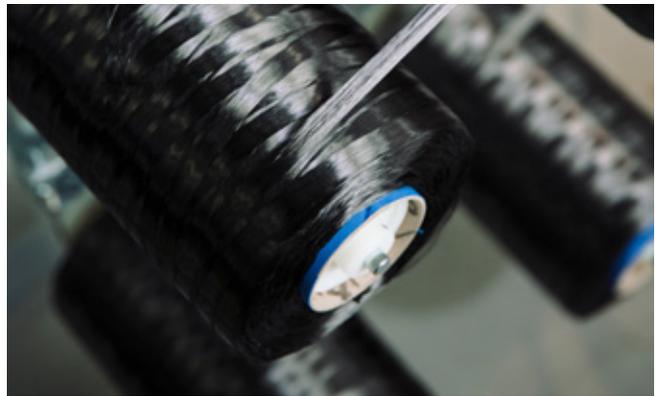
Das Fraunhofer IMWS verfügt über ausgezeichnetes Know-how und bietet innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft die umfassendste Ausstattung zur Mikrostrukturaufklärung. Bis zur atomaren Ebene bestimmen wir damit mikrostrukturelle Werkstoff- und Bauteilmerkmale und die daraus resultierenden Eigenschaften im Einsatzfall. Wir setzen die Mikrostruktur, vor allem von Halbleitern, Polymeren und biologischen Materialien, in Korrelation zu lokalen Eigenschaften und machen so Leistungsreservoirs nutzbar.



Mit modernster Technik sind Einblicke in Materialien bis auf die Ebene einzelner Atome möglich.

Mikrostrukturdesign – designed by Fraunhofer IMWS

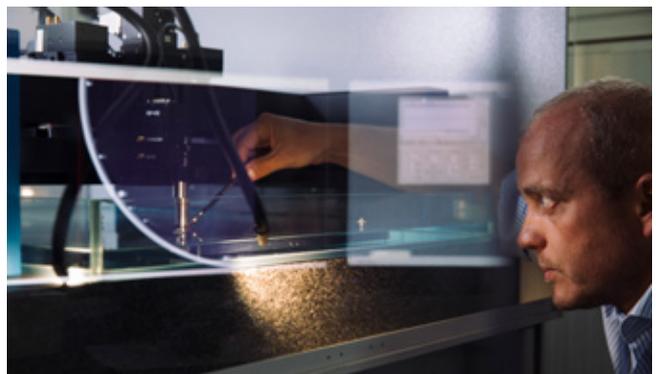
Das Verständnis und die Beherrschung der Mikrostruktur ermöglichen uns Eingriffe in fundamentale Materialeigenschaften. Mit Hilfe von Mikrostrukturdesign bringen wir unser Material-Know-how bereits während der Entwicklungsphase ein und unterstützen unsere Kunden am Beginn der Wertschöpfungskette mit passgenauen Materialien für den jeweiligen Einsatz. Das Fraunhofer IMWS leistet damit einen entscheidenden Beitrag zur Ressourceneffizienz und der Wettbewerbsfähigkeit seiner Kunden, ermöglicht leistungsfähigere Werkstoffe und eröffnet neue Anwendungsfelder.



UD-Tapes aus faserverstärkten Kunststoffen werden zu besonders leichten und robusten Bauteilen verarbeitet.

Entwicklung von Prüfgeräten – engineered by Fraunhofer IMWS

Erfolgreiche Mikrostrukturanalytik im Sinne unserer Kunden ist nur durch den Einsatz von hochkarätigem Instrumentarium möglich. Die komplexen Fragestellungen in Forschung und Entwicklung sowie neue Methoden und Materialien erfordern passgenaue Gerätschaften und so engagieren wir uns – aufbauend auf unserer langjährigen Erfahrung mit vorhandenen Techniken – zunehmend in der Entwicklung neuer Geräte. Unabdingbar dafür sind langjährige Kooperationen mit unseren Industriepartnern.



Mit akustischer Mikroskopie lassen sich kleinste Risse in Materialien erkennen, ohne die Proben zu zerstören.

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

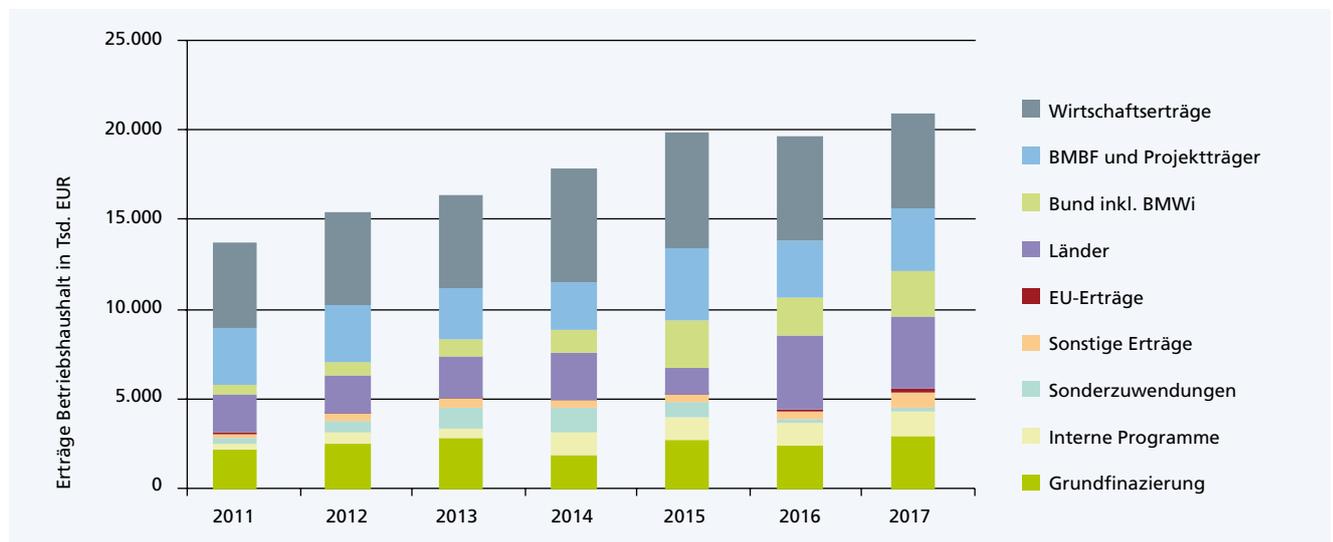
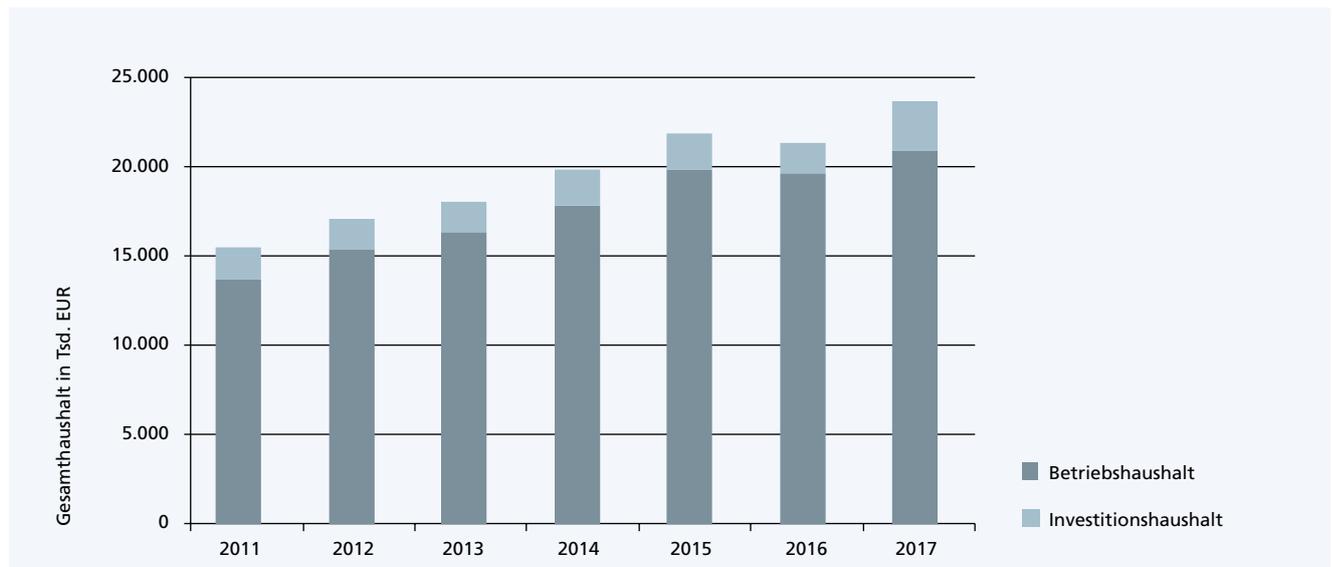
Haushalt

Der Haushalt des Fraunhofer IMWS setzt sich zusammen aus einem Betriebshaushalt und einem Investitionshaushalt.

Der Betriebshaushalt des Fraunhofer IMWS beläuft sich auf 20,9 Millionen Euro. Im Betriebshaushalt sind alle Personal- und Sachanwendungen enthalten. Er wird finanziert durch

externe Erträge aus Industrie und öffentlicher Hand und durch institutionelle Förderung (Grundfinanzierung).

Der Anteil der Industrieerträge am Betriebshaushalt 2017 liegt bei 25,4 Prozent. Der Investitionshaushalt 2017 beträgt 2,7 Millionen Euro.

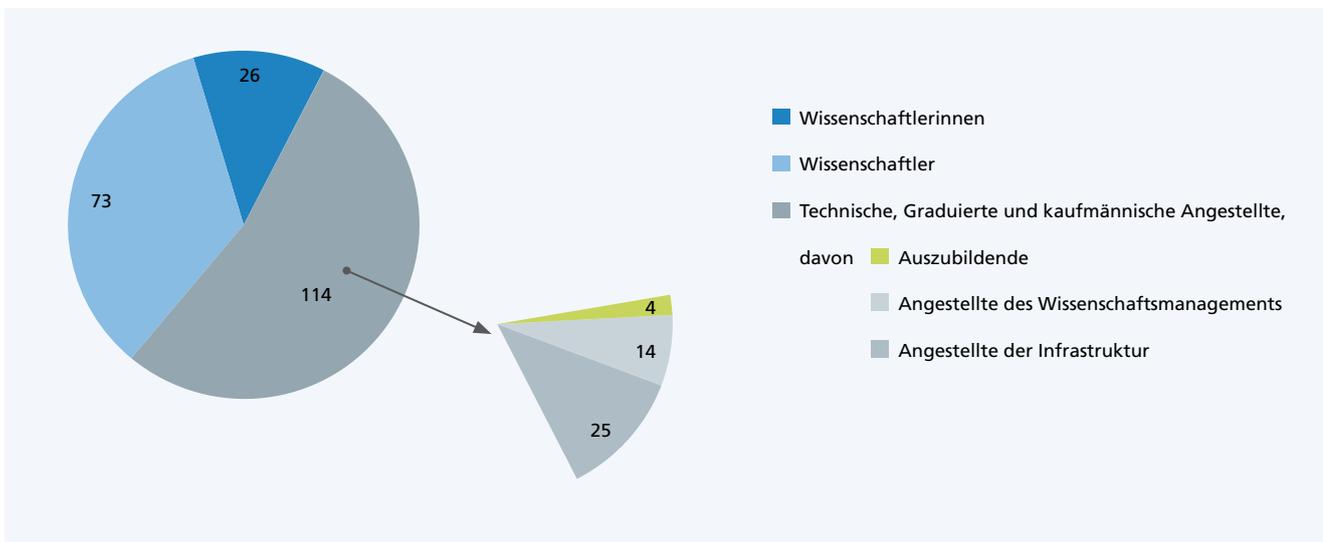
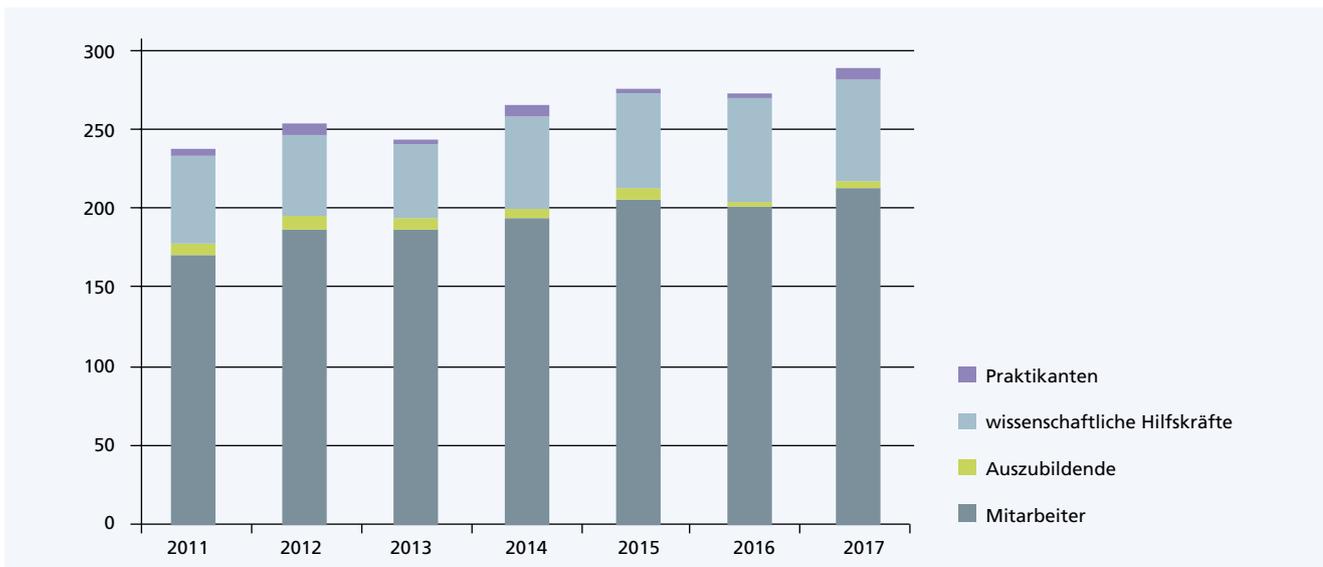


Personalentwicklung

Ende 2017 sind am Fraunhofer IMWS insgesamt 213 Mitarbeitende als Stammpersonal beschäftigt. Die Beschäftigtenzahl setzt sich zusammen aus 26 Wissenschaftlerinnen und 73 Wissenschaftlern, 114 technischen, graduierten und kaufmännischen Angestellten, davon sind 25 Angestellte der

Infrastruktur, 14 Angestellte im Wissenschaftsmanagement und vier Auszubildende.

Inklusive der 71 wissenschaftlichen Hilfskräfte sowie Praktikantinnen und Praktikanten waren Ende 2017 insgesamt 284 Personen am Fraunhofer IMWS beschäftigt.



25 JAHRE FRAUNHOFER IMWS – EINE ERFOLGSGESCHICHTE IN BILDERN



1994: Das Fraunhofer IMWS entwickelt »Hilfe für empfindliche Zähne«



1995: Bauarbeiten am Technikum des Fraunhofer CAM; heute befindet sich darin das Labor für das Elektronenmikroskop TITAN.



2001: Das Fraunhofer IMWS sorgt für verbesserte Qualität beim Drahtbonds.

1999: Das Fraunhofer-Institut präsentiert sich am 24. Juni beim Tag der Forschung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg auf dem Marktplatz in Halle.



2005: Gleich in siebenfacher Ausführung erfolgt der erste Spatenstich für den Neubau des Institutsgebäudes in der Walter-Hülse-Straße in Halle.



2009: Das Fraunhofer CSP wird in Rahmen des Wettbewerbs »Land der Ideen« ausgezeichnet.

2007: Peter Gumbsch, Ralf Wehrspohn, Jörg Bagdahn und Eicke Weber (von rechts) stoßen auf die Gründung des Fraunhofer CSP an.



2005: Das Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ wird in Schkopau eingeweiht.



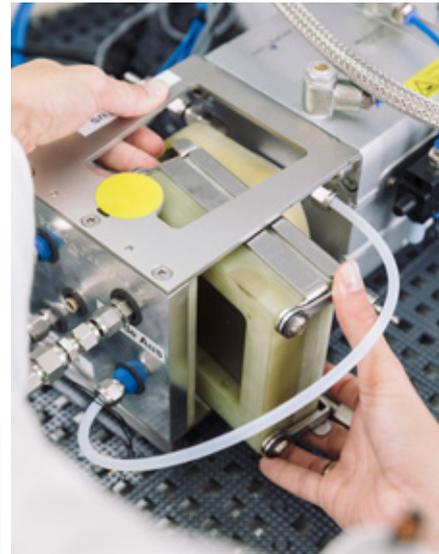
2008: Start des BMBF-Spitzenclusters »Solarvalley Deutschland«, um Solarstrom noch wettbewerbsfähiger zu machen.



2009: Das neue Institutsgebäude wird in der Walter-Hülse-Straße eröffnet.



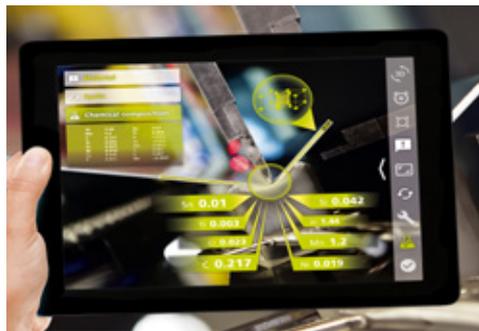
2013: Ralf Wehrspohn und Ministerpräsident Reiner Haseloff weihen das Fraunhofer CSP in der Otto-Eißfeldt-Straße ein.



2013: Start des Projektes »HYPOS« im Rahmen des BMBF-Förderprogramms »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation«, bei dem »grüner« Wasserstoff im großtechnischen Maßstab hergestellt werden soll.



2015: Beim zehnten Jubiläum des Fraunhofer PAZ waren unter anderem die Bundesministerin für Bildung und Forschung Johanna Wanka sowie Sachsen-Anhalts Ministerpräsident Reiner Haseloff zu Gast.



2016: Das Fraunhofer IMWS beteiligt sich an der Initiative »Materials Data Space«.

2014: Das Fraunhofer-Anwendungszentrum für Anorganische Leuchtstoffe wird im Juni in Soest an der Fachhochschule Südwestfalen eingeweiht.

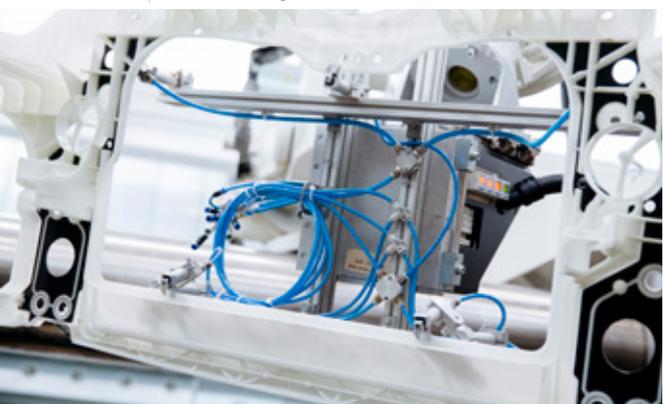


2016: Im Januar wird in Halle das eigenständige Fraunhofer IMWS gegründet. Bundeskanzlerin Angela Merkel ist bei der Eröffnungszereemonie zu Gast.

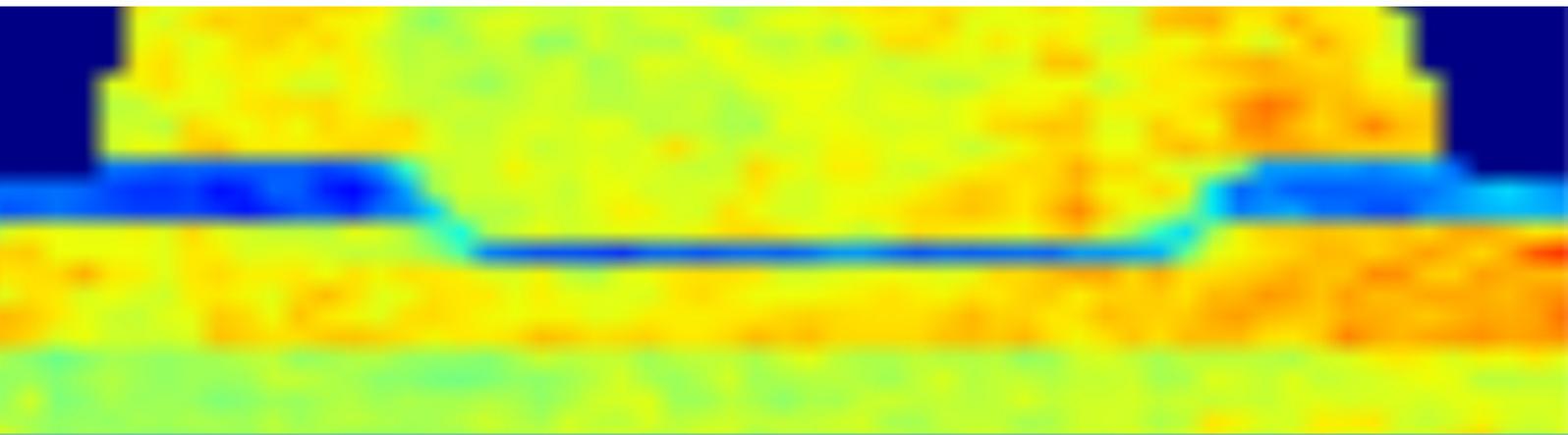


2016: Das Leistungszentrum Chemie- und Biosystemtechnik nimmt seine Arbeit auf.

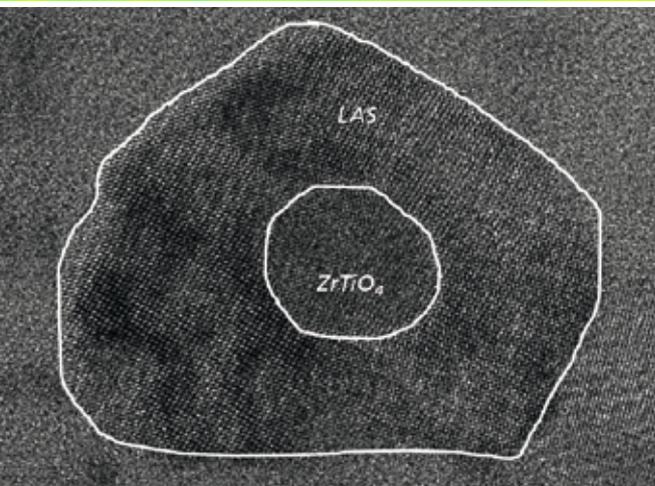
2015: Frontendträger aus faserverstärkten Kunststoffen sind ein Beitrag zum Leichtbau in der Automobilindustrie.



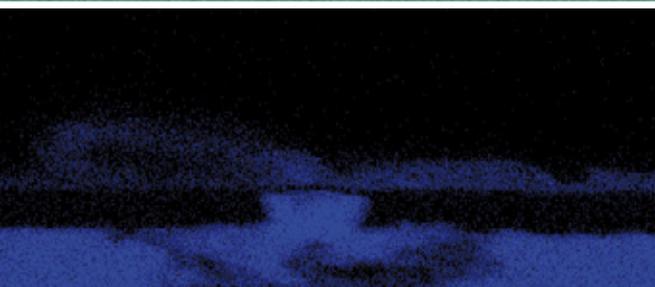
AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERFOLGE



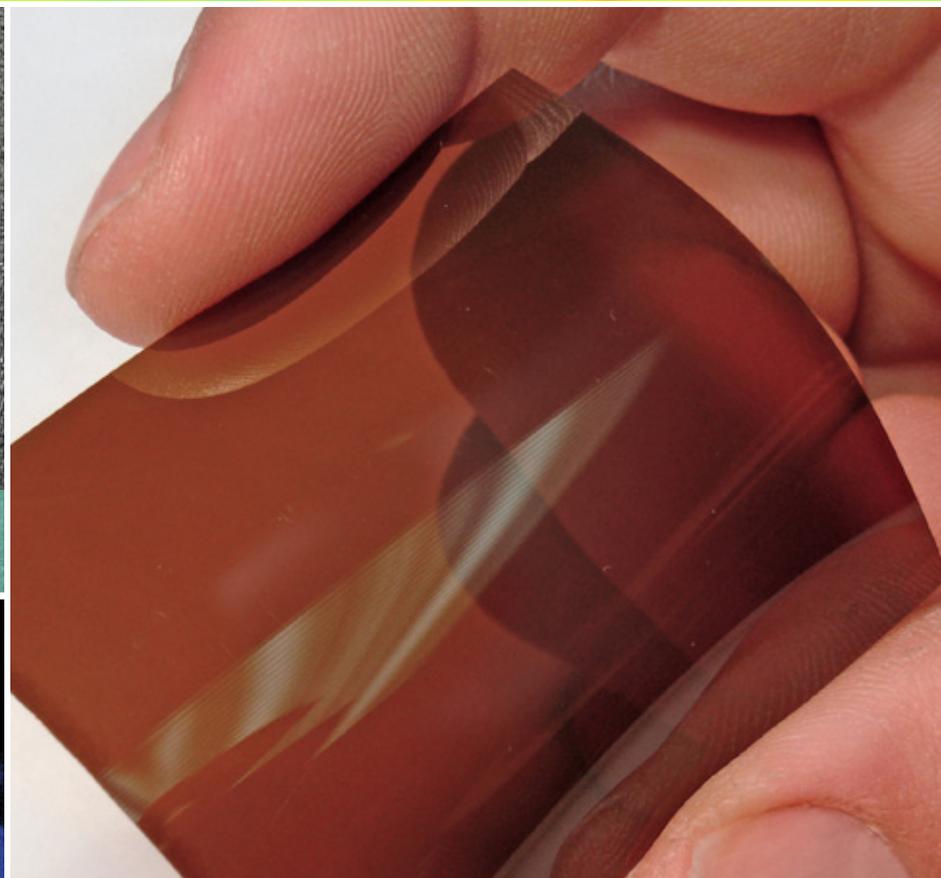
12 | Neue Analysemethoden lassen Bewertung und Weiterentwicklung von GaN-Transistoren zu



17 | Verbesserte Eigenschaften für Glaskeramiken der Zukunft



16 | Neuer Standardtest ermöglicht Korrosionsprüfung elektronischer Bauteile



14 | Verbesserte Technologien ermöglichen biegsame und bruchfeste Displays



WEITER GUT GERÜSTET FÜR DIE ZUKUNFT

Interview mit Geschäftsfeldleiter Prof. Dr. Matthias Petzold

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2017 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Unser CAM-Workshop im April 2017, der als internationales Forum einen festen Platz im Kalender industrieller Anwender der Elektronik-Fehleranalytik und der Diagnostik-Gerätehersteller einnimmt, war mit Blick auf die präsentierten wissenschaftlichen Ergebnisse wieder sehr erfolgreich.

Darüber hinaus konnten wir gemeinsam mit unseren Kunden und Repräsentanten der regionalen Politik »25 Jahre Fraunhofer-Mikroelektronikforschung in Halle« feiern und dabei gleichzeitig den virtuellen Grundstein für unseren CAM-Erweiterungsbau in der Heideallee legen. Seit dem Baubeginn im Februar 2017 ist es für mich ein tägliches Highlight, den Bau immer wieder ein Stück wachsen zu sehen.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an?

Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Die Kunden des Geschäftsfeldes kommen aus der gesamten Elektronik-Zuliefererkette, umfassen Hersteller von Halbleitern und Bauelementen, Baugruppen und Systemen, darüber hinaus auch von nanostrukturierten Materialien sowie Test- und Diagnostikgeräten bis hin zu Endkunden. Unsere Kompetenzen in der Materialdiagnostik und Bewertung von Elektronik-Bauteilen oder von optischen Funktionswerkstoffen werden besonders in Branchen mit hohen Anforderungen an Prozessqualität und Zuverlässigkeit wirksam, wie vor allem in der Automobil-, aber auch in der Energie- und Industrietechnik. Die gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse tragen dazu bei, neue Fertigungsprozesse sowie innovative Werkstoffe beschleunigt zu entwickeln, Bauelemente und Systeme in hoher Qualität und Zuverlässigkeit zu fertigen sowie neue Verfahren der Materialdiagnostik in den Markt zu bringen.

Im Jahr 2017 feierten wir das Jubiläum »25 Jahre Fraunhofer in Halle«. Was verbinden Sie damit?

Wir können mit viel Stolz auf 25 Jahre erfolgreicher Entwicklung, insbesondere auch unseres Geschäftsfeldes zurückblicken, die ohne ein kontinuierlich hohes Engagement unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für das Fraunhofer-Modell nicht möglich gewesen wäre. Persönlich bin ich auch sehr dankbar für die langjährige Unterstützung unseres Weges durch das Fraunhofer IWM Freiburg. Aber auch für die weitere Zukunft sehen wir uns durch unsere aktuellen Forschungsprojekte und die neuen Möglichkeiten des Erweiterungsbaus bestens gerüstet, um neue Herausforderungen zu meistern: Ohne zuverlässige Elektronik wird die Digitalisierung in Industrie und Gesellschaft nicht möglich sein.

Welche Aktivitäten stehen 2018 an?

Für 2018 freuen wir uns auf die Zusammenarbeit mit unseren Partnern in zahlreichen neuen Kooperationen mit der Industrie und öffentlich geförderten Projekten, die 2017 in allen drei Gruppen des Geschäftsfeldes erfolgreich akquiriert werden konnten, aber ganz besonders auf die Eröffnung und Inbetriebnahme des CAM-Neubaus!

Prof. Dr. Matthias Petzold

Promotion in Physik an der Uni Halle-Wittenberg,

1992 Wechsel zum Fraunhofer IMWS,

heute Geschäftsfeld- und stellvertretender Institutsleiter sowie

Professor an der HS Merseburg

matthias.petzold@imws.fraunhofer.de

+49 3 45 55 89-130

ELEKTRISCHES VERHALTEN UND LOKALE EIGENSPANNUNGEN AN GaN-TRANSISTOREN

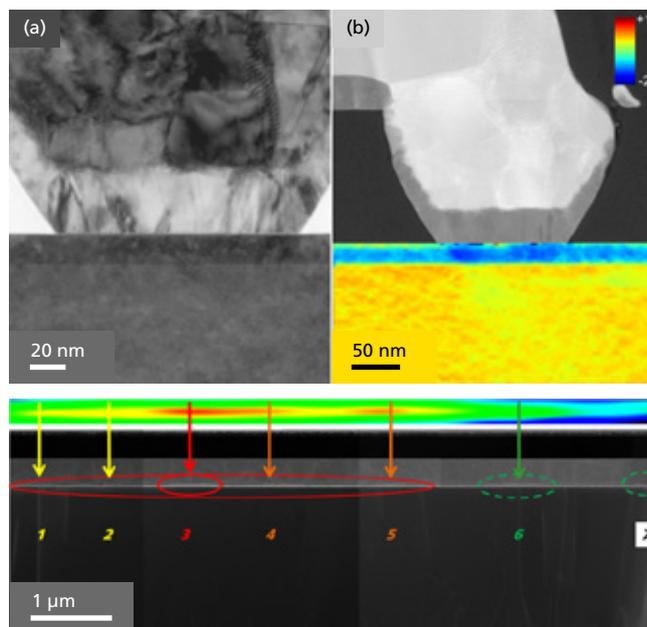
Neue Analysemethoden für Eigenspannungsfelder in GaN-Halbleiterstrukturen ermöglichen ein besseres Verständnis der Zusammenhänge zwischen Transistorstruktur, elektrischen Eigenschaften und Alterungseffekten. Damit können die Qualität und Lebensdauer entsprechender Bauteile weiter verbessert werden.

High-electron-mobility-Transistoren (HEMT) sind elektronische Bauelemente mit einer sehr hohen Elektronenbeweglichkeit und großem Anwendungspotenzial für Hochfrequenztechnik und Leistungselektronik. Galliumnitrid (GaN) eignet sich als Halbleiter besonders, um deutlich höhere Taktfrequenzen, Wirkungsgrade und Leistungsdichten im Vergleich zur herkömmlichen Silizium-Technologie zu realisieren. Bisher nutzt man für die Herstellung

von GaN Trägersubstrate wie Siliciumcarbid oder Saphir. Um die Herstellungskosten zu senken und so weitere Anwendungsbereiche in der Leistungselektronik zu erschließen, wird aktuell der Einsatz von vergleichsweise kostengünstigen Siliziumscheiben als alternatives Substratmaterial intensiv erforscht.

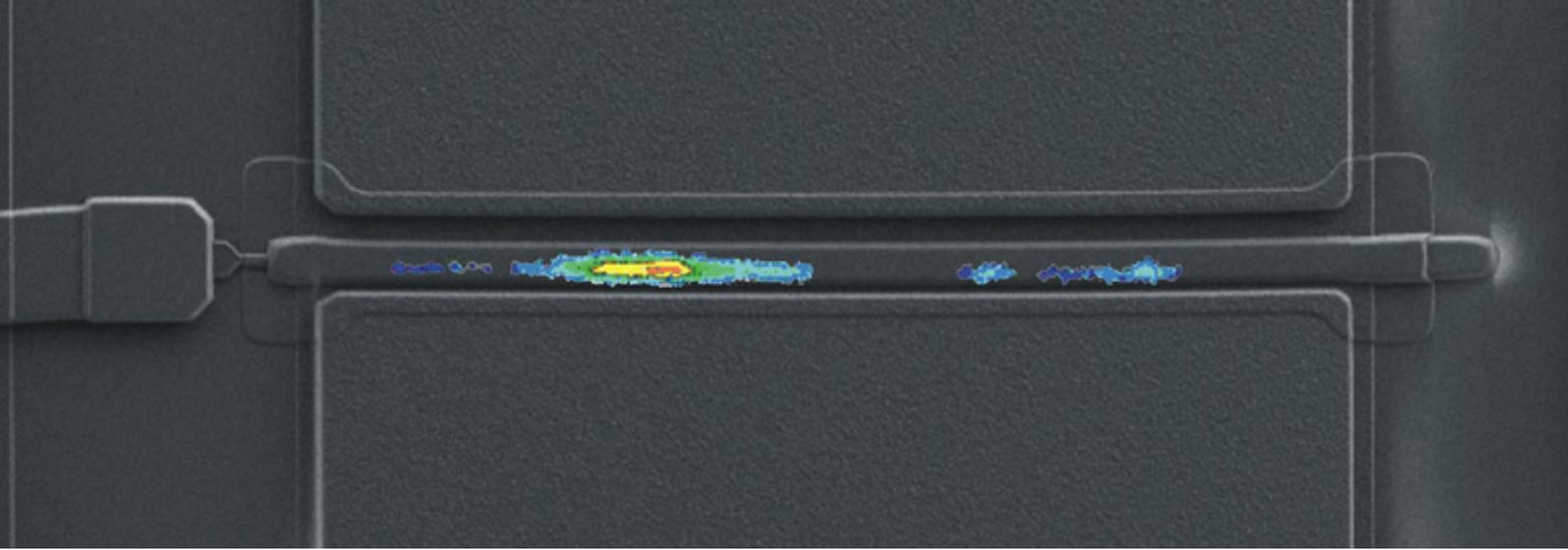
Aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften von GaN und Silizium werden bei der Herstellung zuerst Pufferschichten aufgebracht, die zu einer besseren Schichtqualität des GaN führen. Die Herstellung dieser Schichten muss so erfolgen, dass möglichst wenige Kristalldefekte und eine geringe Eigenspannung im Schichtsystem verbleiben. Das anschließende Wachstum der aktiven GaN/AlGaIn-Kristallschichten und der elektrischen Kontakte kann potenziell zu weiteren mechanischen Spannungen in der Transistorstruktur führen. Die induzierten Spannungsfelder stehen im Verdacht, eine strukturelle Alterung der aktiven Strukturen hervorzurufen beziehungsweise zumindest zu fördern. Dies wirkt sich insgesamt negativ auf die elektrischen Eigenschaften und die Lebensdauer der Bauteile aus und soll daher vermieden werden.

Die Ermittlung von relevanten Spannungsfeldern in den HEMT-Strukturen stellt eine große Herausforderung dar. Die spannungsbedingten Gitterverzerrungsfelder müssen nanometergenau vermessen werden, da die Funktionsstrukturen Dimensionen im sub- μm Bereich aufweisen. Erstmals wurde zum Nachweis derartiger Gitterverzerrungen an GaN-HEMT-Strukturen die hochauflösende Nanostrahl-Beugungsanalyse (NBED = NanoBeam Electron Diffraction) in Kooperation mit der Ulmer Firma UMS GmbH eingesetzt. Bei diesem speziellen Verfahren wird in einem hochauflösenden Transmissions-Elektronenmikroskop über die Probe gerastert und an jedem Messpunkt ein Beugungsbild aufgezeichnet, das Informationen zu den lokalen Gitterparametern enthält. Aus dem Vergleich zu einer Referenz-Gitterstruktur können lokale Gitterverzerrungen mit Nanometer-Präzision gemessen und daraus lokale Spannungsfelder bestimmt werden. Die Ergebnisse für GaN-Transistoren auf herkömmlichen Trägersubstraten zeigen lokale Spannungsfelder direkt unter



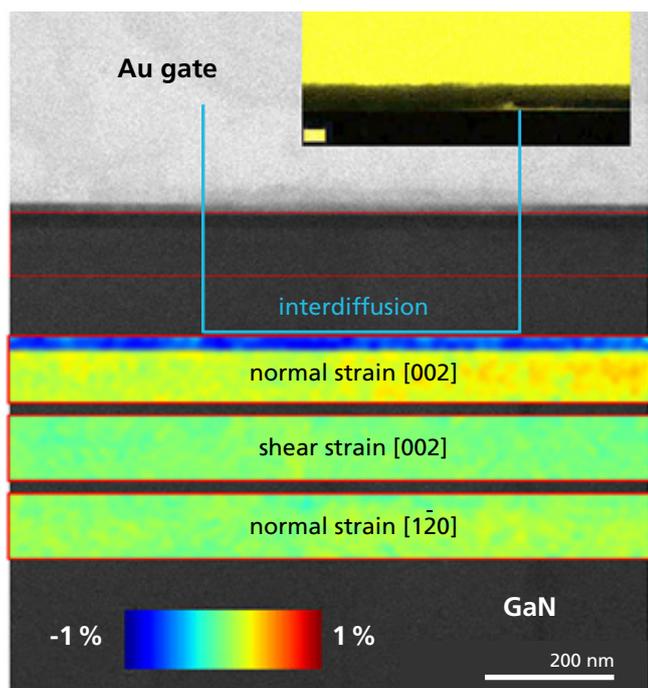
Oben: Kontaktbereich der Transistorstruktur unter der sich lokale Spannungsfelder ausbilden: a) Kontakt eines GaN-HEMT-Bauteils, b) zugehörige lokale Spannungsfelder im Halbleitermaterial unterhalb des Kontakts

Unten: Darstellung von Bereichen erhöhten Leckstroms in der Transistorstruktur mittels transmissionselektronenmikroskopischer Aufnahme eines HEMT im Zusammenhang mit Photoemissionsbildern



den elektrischen Kontakten der Transistor-Struktur. Die Kontakte werden in mehreren Prozessschritten abgeschieden und thermisch behandelt. Durch die unterschiedlichen thermischen Eigenschaften von Halbleiter- und Metallschicht entstehen Spannungsfelder direkt unterhalb der Kontakte. Dort befinden sich die aktiven Schichten, welche für die Elektronenleitung sorgen. Im elektrischen Betrieb des Transistors kann sich die Gitterverzerrung bedingt durch eine Erwärmung des Bauteils weiter verstärken. Durch diese Erwärmung werden auch Transportprozesse in den Metallschichten begünstigt, die zur Zersetzung der Transistorstruktur führen.

Anhand weiterer Untersuchungen konnten lokale Leckströme am Steueranschluss, dem sogenannten Gate, mittels Emissionsmikroskopie lokalisiert werden. Durch das vorherige Aufbringen von Markierungen wurden diese Leckstrompfade geometrisch exakt zugeordnet und somit eine Untersuchung



Korrelation von Gitterverzerrungsmessungen (unten) und Gebieten mit Transport- und Mischungsprozessen der Metallschichten und lokaler Golddiffusion (oben) eines GaN-HEMT

im Transmissionselektronenmikroskop zielgenau durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass die Positionen der Leckstrompfade mit Gebieten zusammenhängen, an denen Transport- und Mischungsprozesse der Metallschichten stattgefunden haben.

Mit der Nanostrahl-Beugungsanalyse wurden detaillierte Gitterverzerrungsverteilungen gemessen.

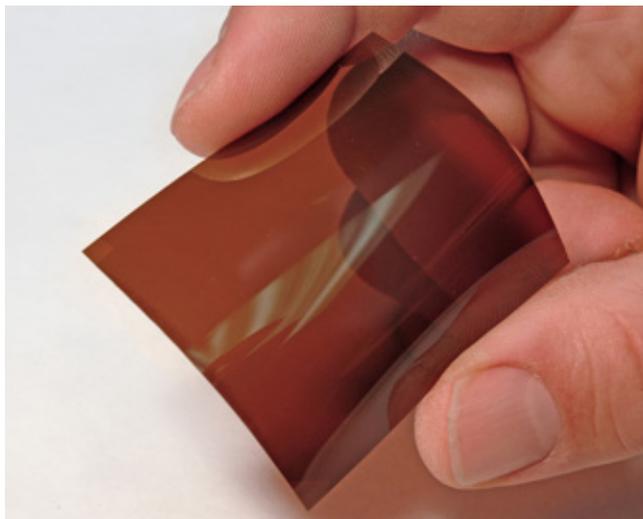
Durch Anwendung der neuartigen Nanostrahl-Beugungsanalyse wurden zusätzlich die Gitterverzerrungsverteilungen in der darunterliegenden aktiven Schicht gemessen. Dabei konnten Druckspannungen nachgewiesen werden. Zusammenfassend wurde eine neue hochauflösende Analyse-methode zur nanometergenauen Bestimmung von lokalen Gitterverzerrungen erprobt. Erstmals konnten Spannungsfelder in GaN-basierten HEMT-Strukturen nachgewiesen und mit dem Auftreten von Leckströmen an den elektrischen Kontakten in Zusammenhang gebracht werden. Aktuell wird das Verfahren der Nanostrahlbeugung im Rahmen des europäischen Projektes POWERBASE zusammen mit dem Partner Infineon in Villach an GaN HEMTs auf Silizium-Substraten weiter evaluiert, um Gitterverzerrungen in den aufgewachsenen Pufferschichten zu untersuchen und mögliche Zusammenhänge von Eigenspannungen mit Defekten an der Chipkante zu verstehen.

Dr. David Poppitz

Studium der Chemie und Materialwissenschaft an der Uni Leipzig,
 Promotion am Institut für Oberflächenmodifizierung Leipzig,
 seit 2015 am Fraunhofer IMWS
david.poppitz@imws.fraunhofer.de
 +49 345 5589-171

ZUVERLÄSSIGKEIT ULTRADÜNNER FLEXIBLER ELEKTRONIK-KOMPONENTEN

Die Marktakzeptanz von flexiblen und transparenten Elektronikbauteilen definiert sich durch deren Zuverlässigkeit. Diese zu bewerten und einen Zusammenhang zu Mikrostruktur- und Prozesseigenschaften herzustellen, ist ein wichtiges Forschungsthema am Fraunhofer IMWS.



Die Zuverlässigkeit von flexiblen, ultradünnen und transparenten Glassubstraten oder Keramiken für Displays, Leucht- oder Schaltanwendungen stellt ein Schlüsselmerkmal für ihre erfolgreiche Integration in neue Elektronikprodukte des Alltags dar. Hierbei spielen die Wechselwirkung verschiedener Prozesseigenschaften mit der Mikrostruktur des Werkstoffes und deren Auswirkung auf die Zuverlässigkeit eine wichtige Rolle. Um diese realitätsnah zu bewerten und die Wechselbeziehung innerhalb der Herstellungsprozesse zu verstehen, sind angepasste Testverfahren notwendig. Nur so können die hauchdünnen Substratmaterialien von wenigen Mikrometern Dicke zuverlässig charakterisiert werden.

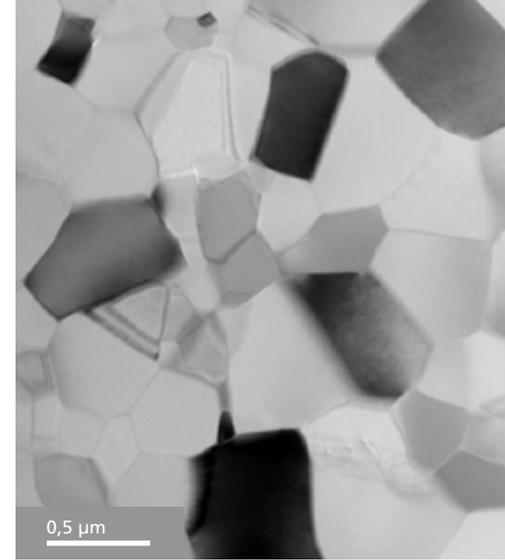
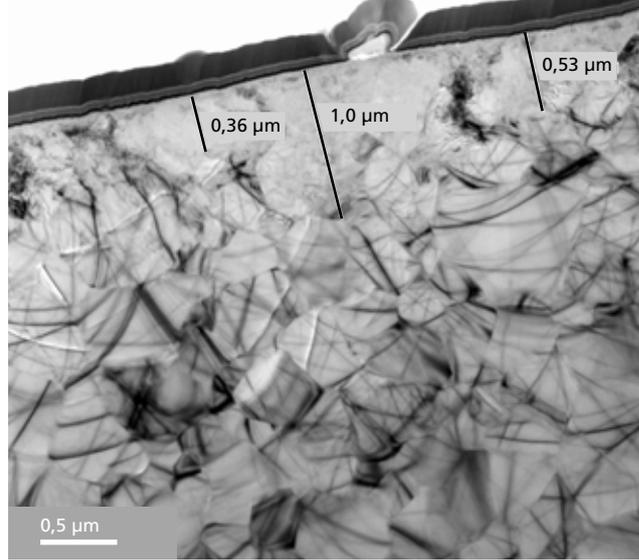
*Oben: Dünntglassubstrat nach funktionaler Beschichtung
Rechts: Testanordnung zur Charakterisierung der Oberflächenfestigkeit*

Im Projekt »Zug4Flex« untersuchte das Fraunhofer IMWS daher in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden die Wechselwirkung von funktionalen Beschichtungsprozessen und den daraus resultierenden mechanischen Eigenschaften von Dünntglasmaterialien.

Für die elektrische Funktionalität, zum Beispiel als Leuchtelement oder Display, werden Schichtsysteme aus leitfähigen Oxiden aufgebracht. Sie haben aufgrund der geringen Substratdicke von weniger als 50 µm bereits einen deutlichen Einfluss auf die Bruchfestigkeit und somit auf die Verarbeitbarkeit des beschichteten Glases in den nachfolgenden Prozessschritten. Im Projekt wurden daher Methoden zur Bewertung des Beschichtungseinflusses auf Oberflächenfestigkeit und Substratverkrümmungen der ultradünnen Substrate erarbeitet. Diese bilden weiterhin die Voraussetzung für die Optimierung der Beschichtungstechnologien, um eine möglichst hohe Festigkeit und geringe Versagenswahrscheinlichkeit durch Defekte oder äußere Einwirkungen auf die Substratoberfläche zu erreichen. Verformungstests, die sich für dünnste Sprödmaterialien eignen, wurden in Kombination mit numerischen Simulationen an die Anforderungen von beschichteten Dünntgläsern angepasst. Die Bewertung der Festigkeit erfolgte als Funktion von Prozessparametern der Beschichtung.



TEM-Analyse zur Bewertung der mikrostrukturellen Prozesseinflusszone einer transparenten Keramik links: Bearbeitungsbereich rechts: Referenzbereich (Transparente Keramikprobe, bereitgestellt durch Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS)



Ergänzend wurden die beschichtungsbedingten Eigenspannungen mit Hilfe optischer Verformungsmessungen charakterisiert. Aus den Ergebnissen wurden geeignete Prozessoptimierungen für die Beschichtungstechnologie durch das FEP abgeleitet. Zusätzlich konnte der Einfluss möglicher Nachbehandlungsschritte – zum Beispiel thermisch induzierter Ausheilprozesse – auf die mechanischen und mikrostrukturellen Eigenschaften bewertet und dadurch die Materialzuverlässigkeit weiter erhöht werden.

Diese Informationen liefern wesentliche Aussagen für eine kostengünstige automatisierte Herstellung und Weiterverarbeitung der funktionalisierten Werkstoffsysteme. Weiterhin tragen die gewonnenen Erkenntnisse der prozessbedingt veränderten Festigkeitseigenschaften dazu bei, Folgetechnologien und Maschinentechniken der Verarbeitungskette entsprechend anzupassen und Gerätestandzeiten durch Bruch der Substratmaterialien zu vermeiden.

Als Ergebnis des Projektes wurde sichergestellt, dass sich die Oberflächenfestigkeit nach der Beschichtung nur geringstmöglich reduziert und dabei größer ist als die Kantenfestigkeit. Letztere wird durch unvermeidliche Schädigungen bei Trennprozessen während des Konfektionierens der Materialien und bei der Vereinzelung für die Endanwendung bestimmt.

Die Fragestellungen der Kantenfestigkeit untersucht das Fraunhofer IMWS im neuen Fraunhofer-internen Forschungsvorhaben »CeGlaFlex« gemeinsam mit vier weiteren Fraunhofer-Instituten.

Schwerpunkt ist die Minimierung des Ausfallrisikos durch neue, materialschonende Vereinzelungsverfahren für große Glassubstrate in Elektronikanwendungen. Dafür werden von den Partnern innovative mechanische und laserbasierte Trennverfahren entwickelt und getestet. Weitere Ziele des Projektes bestehen in der Herstellung dünner, formbarer und transparenter Keramiken und Gläser sowie daraus resultierende Materialverbünde. Diese können zum Beispiel

Die Reduzierung von Kantendefekten und Eigenspannungen stellt den wichtigsten Ansatz zur Erhöhung der Zuverlässigkeit dar.

als neue kratzfeste, stabile und individuell geformt integrierbare Schalt- und Displayelemente in Handys, Automobil- oder Industrieprodukten Anwendung finden. Aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen trägt das Fraunhofer IMWS dabei zur werkstoffkundlichen Prüfung und Charakterisierung der Trennprozesse sowie der neuen Werkstoffe bei.

Die Trennprozesse beeinflussen die Defektstruktur, was mittels einer hochauflösenden Materialanalytik bewertet wird. Für die

Zuverlässigkeitsbewertung kommen außerdem zerstörende Methoden zum Einsatz. Hierdurch kann der Zusammenhang zwischen Prozessparametern, Mikro-

struktur und Schädigungszustand sowie daraus resultierende Festigkeitseigenschaften und das Verarbeitungsverhalten im Detail verstanden werden. Als Ergebnis der im Verbundprojekt entstehenden Technologien sollen künftige innovative biegsame und bruchfeste Displays und Interfacelemente für die Elektronik von morgen entstehen.

Falk Naumann

Maschinenbaustudium an der TU Dresden, Fachrichtung Angewandte Mechanik, seit 2007 am Fraunhofer IMWS, Teamleiter »Mechanik und Simulation« im Bereich »Bewertung elektronischer Systemintegration«

falk.naumann@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-225

Georg Lorenz

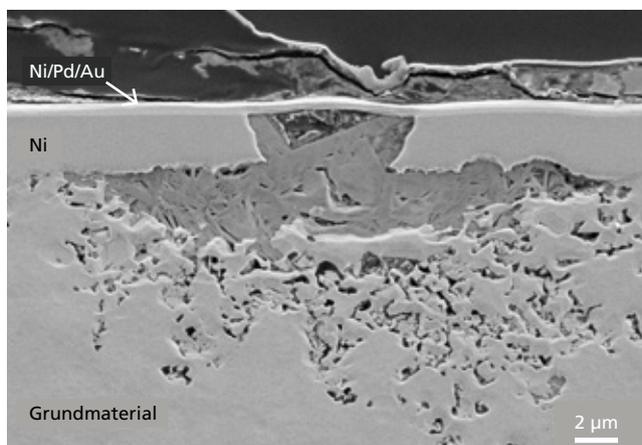
Maschinenbaustudium an der HTWK in Leipzig, seit 2008 am Fraunhofer IMWS, Mitarbeiter »Mechanik und Simulation« im Bereich »Bewertung elektronischer Systemintegration«

georg.lorenz@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-188

KORROSION IN MATERIALIEN DER AUTOMOBIL-ELEKTRONIK

Korrosionsprozesse spielen für die Zuverlässigkeit elektronischer Bauteile eine große Rolle. Ein am Fraunhofer IMWS entwickelter Test ermöglicht nun eine schnellere und effizientere Prüfung neuer Materialien und Materialkombinationen hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens.

In Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen wie Feuchte, Temperatur und Schadstoffbelastung können an Materialien elektronischer Baugruppen korrosive Prozesse auftreten. Diese Prozesse sind Reaktionen des Werkstoffs mit seiner Umgebung. Sie führen zum Ausfall der elektronischen Baugruppen, zum Beispiel durch Zersetzung oder kristalline Verwachsungen an dünnsten Drahtverbindungen und Kontakten. Der Anteil an Ausfällen durch korrosive Prozesse hat dabei in der Praxis in den vergangenen fünf Jahren deutlich zugenommen. Grund sind die fortschreitende Miniaturisierung und der breite Einsatz von Steuerelektronik beispielsweise in der Automobil- und Leistungselektronik. Aus diesem Grund erforscht das Fraunhofer IMWS im Rahmen von öffentlich geförderten Forschungsvorhaben und von Industriekooperationen das Korrosionsverhalten von Materialien der Aufbau- und Verbindungstechnik in der Mikro- und Leistungselektronik. In der Zusammenarbeit mit Industriepartnern werden dabei unter anderem auch neue Kontaktierungsmaterialien entwickelt und auf ihre Korrosionsstabilität geprüft.



Rasterelektronenmikroskopische (REM)-Analyse der Defektbildung im Querschnitt eines korrodierten Schichtsystems Bronze-Ni-NiPd-Au

Bisherige Standardtests zur Korrosionsprüfung in der Gasatmosphäre wie der Vier-Komponenten-Schadgastest oder der Salznebelsprühtest sind sehr langwierig und aufwendig. Daher wurde am Fraunhofer IMWS ein Test entwickelt, der eine vielfach beschleunigte und effizientere Bewertung neuer

Mit unserem neuen Test kann die Korrosionsbeständigkeit von Metallen gegen aggressive Substanzen schnell und einfach bewertet werden.

Materialien und Materialkombinationen hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens ermöglicht. Durch den Einsatz speziell angepasster Flüssigelektrolyte innerhalb elektrochemischer Tests kann nun eine schnelle Voruntersuchung durchgeführt werden, wodurch die weniger geeigneten Materialkombinationen schnell erkannt und aus dem weiteren Analyseprogramm ausgeschlossen werden können. Damit reduziert sich der Probenaufwand für die Technologiequalifizierung im Rahmen der Standardtests deutlich. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse zwischen der am Fraunhofer IMWS entwickelten elektrochemischen Prüfung und dem Vier-Komponenten-Schadgastest sowie dem Salzspraytest wurde durch vergleichende mikrostrukturelle Analysen der lokalen Versagensmechanismen an relevanten elektrischen Kontaktschichtsystemen wie Bronze-Ni-NiPd-Au und an Aluminiumwerkstoffen nachgewiesen und wissenschaftlich publiziert.

Sandy Klengel

Studium der Feinwerk- und Mikrotechnik an der TU Dresden, seit 2014 Gruppenleiterin am Fraunhofer IMWS,

Forschung im Bereich »Mikrostruktur von Materialien der Aufbau- und Verbindungstechnik«

sandy.klengel@imws.fraunhofer.de

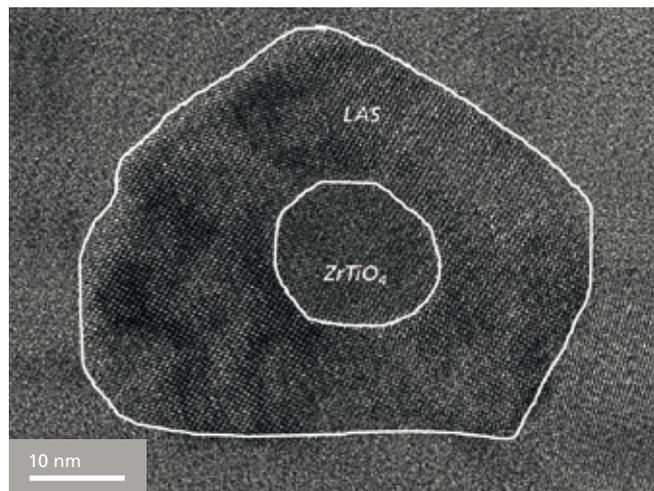
+49 345 5589-125

NANOSTRUKTURBASIERTE ENTWICKLUNG VON GLASKERAMIK

In einem gemeinsamen Projekt mit dem Otto-Schott-Institut der Universität Jena werden die komplexen, auf der Nanoskala ablaufenden Keimbildungsprozesse bei der Synthese von Nullausdehnungsglaskeramiken untersucht.

Lithiumalumosilicat (LAS)-Glaskeramiken finden als Nullausdehnungsmaterialien breiten Einsatz überall da, wo mit starken Temperaturschwankungen einhergehende Ausdehnungen vermieden werden müssen. Ein prominentes Beispiel hierfür sind Glaskeramik-Kochfelder. Möglich wird die Nullausdehnung durch ein fein abgestimmtes Zusammenspiel spezieller kristalliner Ausscheidungen im Material mit dem sie umgebenden Glas. LAS-Kristalle können die aus der Alltagserfahrung ungewöhnliche Eigenschaft einer negativen thermischen Ausdehnung aufweisen. Werden sie in einem Glas mit positiver thermischer Ausdehnung erzeugt, kann die Gesamtausdehnung des Verbundmaterials auch bei großen Temperaturschwankungen verschwindend sein. Die komplexen Kristallisationsprozesse, die bei der Herstellung solcher Materialien auftreten, sind allerdings nach wie vor nicht vollständig verstanden. Die gängigen Glaszusammensetzungen weisen zum Teil mehr als 15 wechselwirkende Komponenten auf. Gleichzeitig stellt die geringe Größe und Elektronenbestrahlungsempfindlichkeit der kristallinen Ausscheidungen, die sich typischerweise im Bereich von 3–30 nm bewegt, die Analyse vor hohe Anforderungen.

Das DFG-Projekt in Zusammenarbeit mit der Universität Jena hat zum Ziel, ein breiteres Verständnis der ablaufenden Prozesse auf der Nanoskala zu schaffen, um die Entwicklung zukünftiger Glaskeramiken zu beschleunigen und deren Eigenschaften zu verbessern. Besonderes Augenmerk liegt auf der Rolle der Keimbildner – winziger Kristalle, meist aus ZrO_2 oder TiO_2 beziehungsweise einer Mischung dieser. Sie werden benötigt, um das Wachstum der gewünschten LAS-Phase mit einstellbarer Größenverteilung auszulösen. Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes liegt in der Reduktion der Glaszusammensetzung auf möglichst wenige Komponenten, um die ablaufenden Kristallisationsprozesse an diesen Modell-



Hochauflöst abgebildete Nanostruktur einer LAS-Glaskeramik: Aufwachsen eines LAS-Kristalls auf einen $ZrTiO_4$ -Keimbildner

gläsern besser verstehen zu können. So konnte unter anderem gezeigt werden, dass sich auch aus vereinfachten Grundgläsern mit nur sechs Komponenten und einem Keimbildner die gewünschten LAS-Phasen bilden. Diese konnten erstmals elektronenmikroskopisch so hochauflöst abgebildet werden, dass es möglich wurde, die Orientierungsbeziehung zwischen Keimbildner und LAS-Kristall zu bewerten.

Dr. Christian Patzig

Physikstudium an der Uni Jena, Promotion am Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e. V. Leipzig, Mitarbeiter Layertec GmbH Mellingen, seit 2010 Mitarbeiter der Gruppe »Nanomaterialien und Nanoanalytik« am Fraunhofer IMWS

christian.patzig@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-192

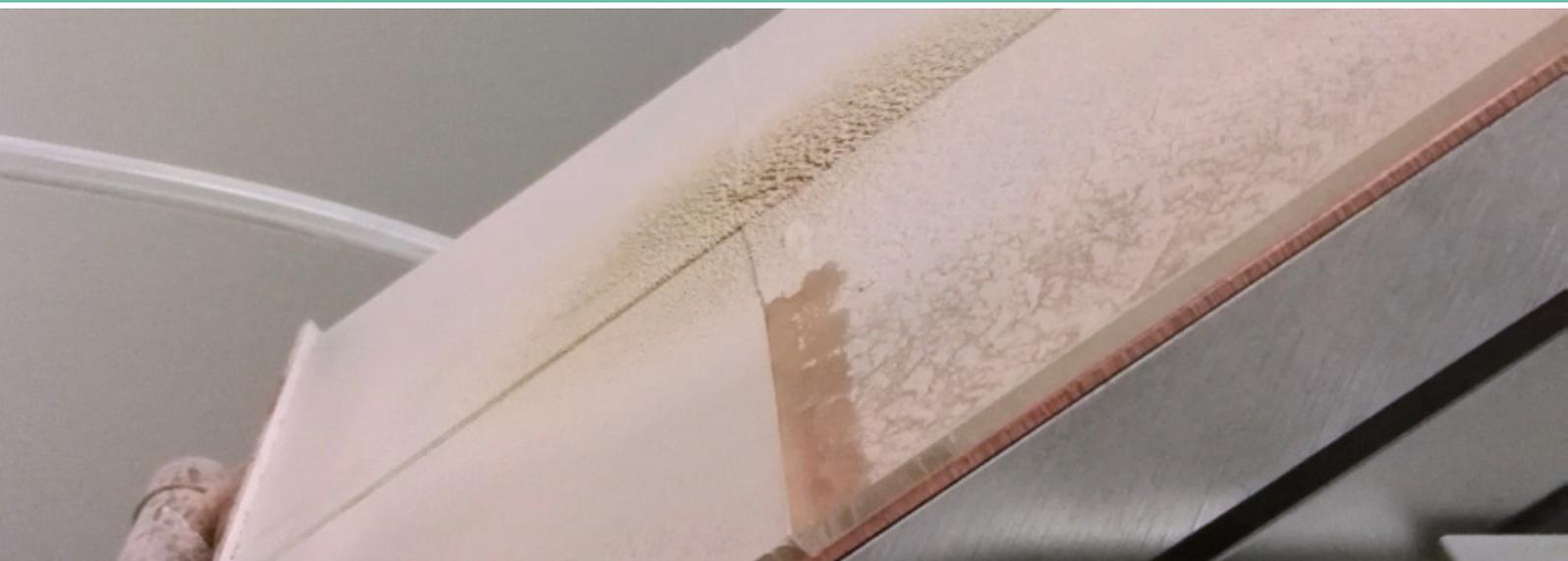
Prof. Dr. Thomas Höche

Physikstudium an der Uni Halle-Wittenberg, Promotion am MPI für Metallforschung Stuttgart, Habilitation in Experimentalphysik an der Universität Leipzig, seit 2010 Gruppenleiter »Nanomaterialien und Nanoanalytik« am Fraunhofer IMWS sowie Professor an der Uni Leipzig

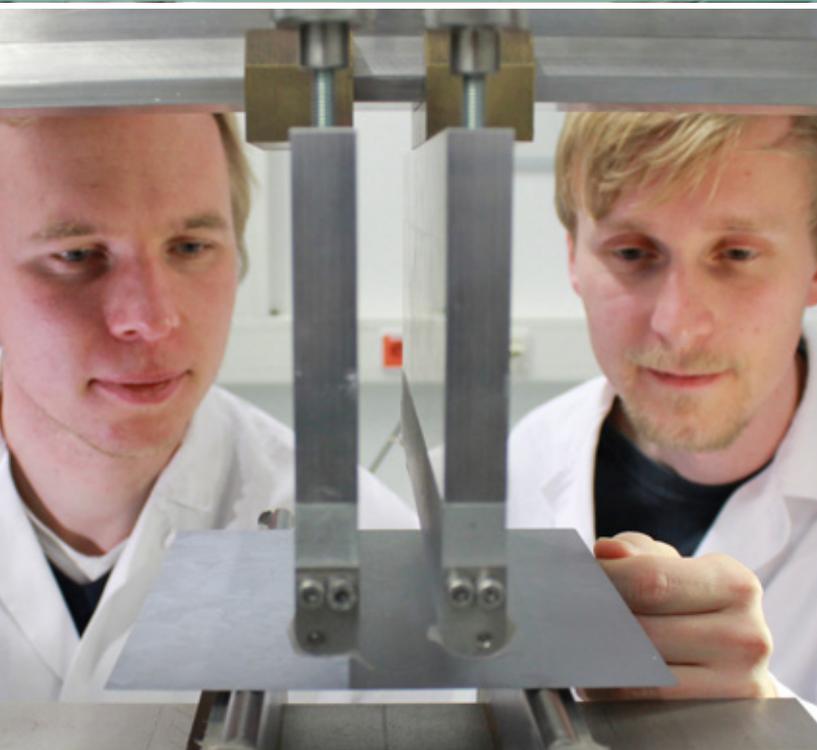
thomas.hoeche@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-197

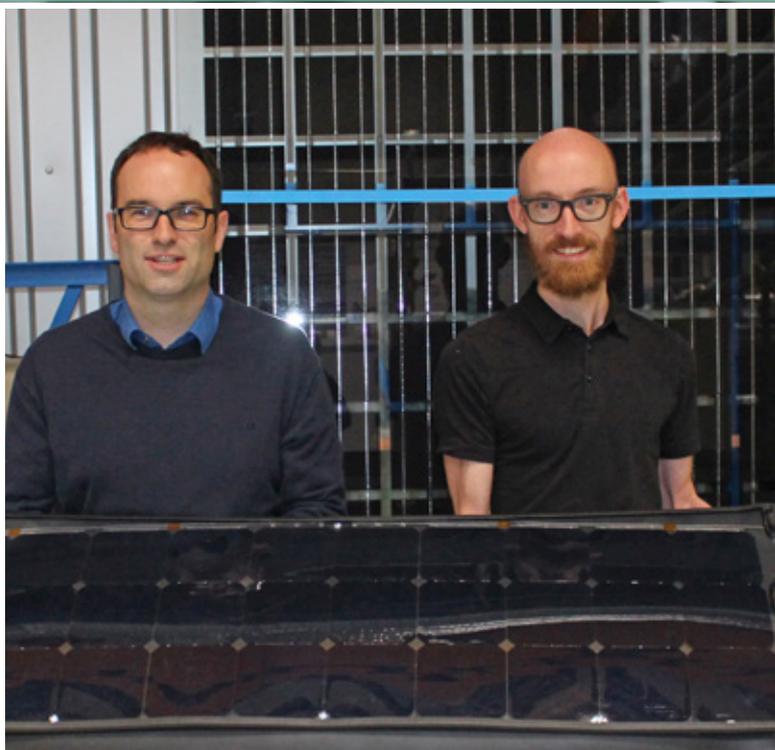
AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERFOLGE



20 | Saubere Solarmodule
in Wüstenregionen



23 | Erleichterte Qualitätskontrolle
in der Solarindustrie



22 | Leichtbau-Solarmodule für
die Fahrzeugintegration



AN SOLARTECHNOLOGIEN FÜHRT KEIN WEG VORBEI

Interview mit Geschäftsfeldleiter Dr. Karl Heinz Küsters

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2017 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Höhepunkt im Jahr 2017 war das zehnte Jubiläum des Fraunhofer CSP, zu dem wir den Ministerpräsidenten Sachsen-Anhalts, Dr. Reiner Haseloff, als Gast begrüßten. Gemeinsam mit 130 Gästen, darunter langjährige Partner, blickten wir auf das Erreichte zurück und diskutierten die Zukunft der Photovoltaik. Zehn Jahre sind eine Zäsur, gerade angesichts der Höhen und Tiefen, die die Solarbranche in Deutschland erlebt hat. Von uns verlangt das, uns immer wieder ein Stück weit neu zu erfinden. Die Auszeichnungen für den PID-Prüfstandard oder den Anti-Soiling-Teststand und das von der Fraunhofer-Gesellschaft unter vielen Bewerbern zur Förderung ausgewählte Start-up Smart Magnetic Field zeigen, dass wir mit unseren Innovationen Maßstäbe setzen und auf dem richtigen Weg sind.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an?

Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Wir arbeiten mit Maschinen- und Materialherstellern, Photovoltaik-Modulherstellern und -Feldbetreibern zusammen. Beispielthemen sind die Entwicklung von Messgeräten, die Optimierung im Bereich der Lebensdauer und die Qualitätskontrolle von Solarmodulen sowie die mobile Charakterisierung von PV-Systemen. Wir arbeiten an Normen, beispielsweise zur Bestimmung der Bruchfestigkeit von Silizium-Wafern.

Mit unseren Themen können wir unseren Kunden einen technologischen Vorsprung gegenüber der auf niedrige Preise setzenden Konkurrenz verschaffen. Unsere Projekte tragen dazu bei, Potenziale für Verbesserungen in der Photovoltaik zu erkennen. Wenn man sich anschaut, wie

sich dank angewandter Forschung der Wirkungsgrad und die Zuverlässigkeit von PV-Modulen bei gleichzeitig sinkenden Preisen immer weiter verbessert hat, wird klar, dass für das Gelingen der Energiewende an Solartechnologien kein Weg vorbeiführt.

Im Jahr 2017 feierten wir das Jubiläum »25 Jahre Fraunhofer in Halle«. Was verbinden Sie damit?

Für unser Geschäftsfeld verbindet sich dieses Jubiläum insbesondere mit dem zehnjährigen Bestehen des Fraunhofer CSP. Gegründet im Zuge der wirtschaftlichen Euphorie des Solar Valley, hat sich die schmerzhafteste Schrumpfung der PV-Industrie auch spürbar auf unsere Arbeit ausgewirkt. Allerdings war der Einbruch der Branche in Sachsen-Anhalt weniger stark ausgeprägt als in Deutschland insgesamt. Mit unserer Arbeit bemühen wir uns, den Unternehmen der Region einen technologischen Vorteil zu verschaffen.

Welche Aktivitäten stehen 2018 an?

In diesem Jahr wird der neue Leiter im Bereich »Zuverlässigkeit und Technologien für die Netzparität« ernannt. Das wird dem Geschäftsfeld neue Impulse geben. Außerdem werden wir unsere Partnerschaften mit Marokko und Südkorea weiter vertiefen.

Dr. Karl Heinz Küsters

Promotion in Physik, Tätigkeiten in der Mikroelektronik-Sparte von Siemens/Infineon sowie führende Positionen bei Conergy und Hanwha QCells, seit 2016 Interimsleiter des Fraunhofer CSP

karl.heinz.kuesters@csp.fraunhofer.de

+49 345 5589-5001

PHOTOVOLTAIK-TESTSTAND HOLT DIE WÜSTE INS LABOR

In Wüstenregionen werden derzeit viele Solarmodule installiert. Wir stellen uns den Herausforderungen unserer Kunden. Für sie entwickeln wir labortaugliche Verfahren zur effizienten Simulation von Wüstenbedingungen und analysieren das Verhalten der Module in extremen Klimaten.

Der Einsatz von Photovoltaik in Wüstengebieten des Sonnengürtels der Erde birgt große Vorteile. Die mittlere Sonneneinstrahlung ist mehr als doppelt so hoch wie in unseren Breiten und große Flächen stehen problemlos zur Verfügung.

Allerdings müssen Solarmodule beim Betrieb in Wüstenregionen besonderen Anforderungen gewachsen sein. Neben der starken UV-Einstrahlung und den großen Temperaturunterschieden zwischen Tag und

Nacht zählt dazu insbesondere die Verschmutzung der Module durch Staub und Sand, von Fachleuten »Soiling« genannt. Wenn der Wind Partikel auf die

Oberflächen der Solarmodule weht und diese dann durch Taubildung auf der Moduloberfläche »festbacken«, erreicht weniger Licht die Solarzellen, sodass entsprechend weniger Strom produziert wird. Das soll zukünftig weitgehend vermieden werden.

Bisher werden Solarmodule je nach Standort und Staubbelastung in erster Linie mechanisch gereinigt. Eine bessere Lösung wären optimierte Oberflächeneigenschaften der Modulgläser, die dafür sorgen, dass Staub gar nicht erst anhaften kann und natürliche Reinigungsmechanismen wie zum Beispiel Wind besser wirken. Für die Mitwirkung an der Entwicklung solcher »Antisoiling-Beschichtungen« wurde am Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Kooperation mit der Hochschule Anhalt ein Soiling-Teststand aufgebaut. Damit können sowohl das Verstaubungsverhalten beschichteter Glasproben als auch die Betauungsvorgänge realistisch im Labor nachgestellt werden. So kann ein genaues

Unsere Untersuchungen fördern das Verständnis der Verschmutzungsvorgänge und helfen, Ertragseinbußen besser einschätzen zu können.

Verständnis für die Prozesse entwickelt werden, die dem Verschmutzungsverhalten zugrunde liegen.

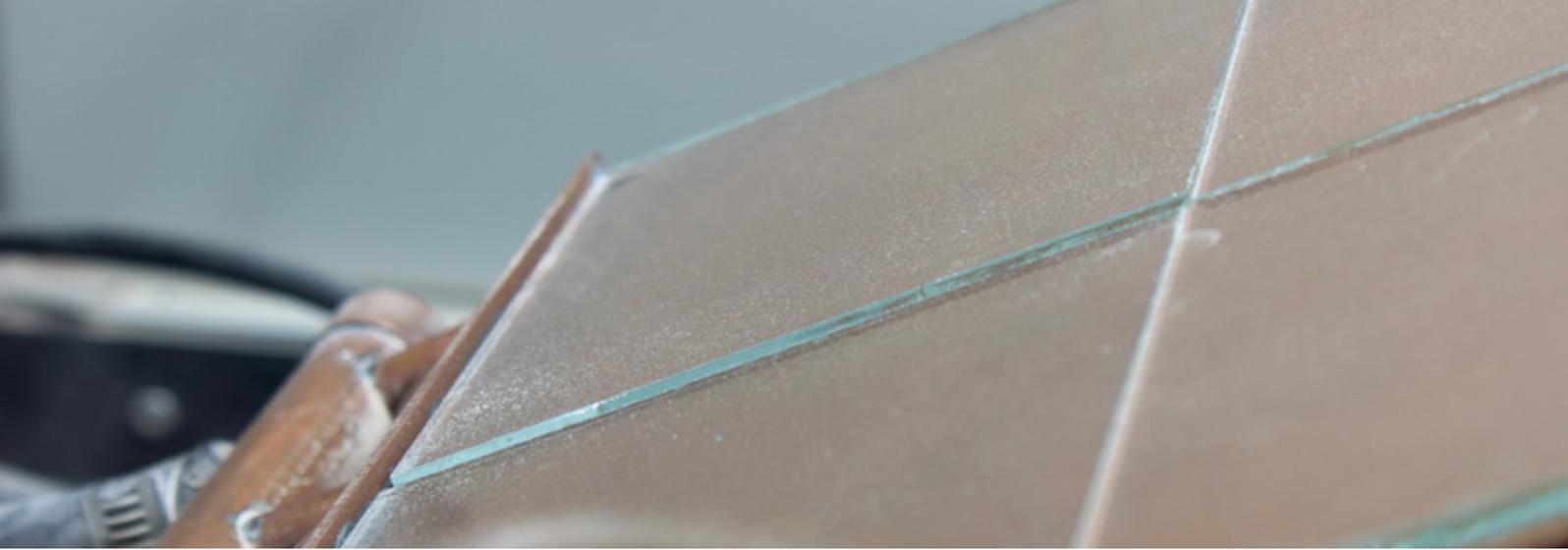
Ausführliche Versuchsreihen zeigen eine sehr gute Übereinstimmung der Soiling-Tests im Labor mit einem fünfmonatigen Vergleichstest in der Atacama-Wüste in Chile. Der große Vorteil des Soiling-Teststands ist dabei, dass nur wenige Stunden benötigt werden, um Resultate über Verschmutzungsmuster oder Dichte der Staubschichten zu erhalten. Der Soiling-Teststand wird derzeit in Kooperation mit einem Unternehmen in der Region zur Marktreife weiterentwickelt.

Mikrostrukturelle Untersuchungen an den verstaubten Glasproben aus Chile haben zudem gezeigt, dass der Anhaftung von Partikeln auf Glasoberflächen unterschiedliche

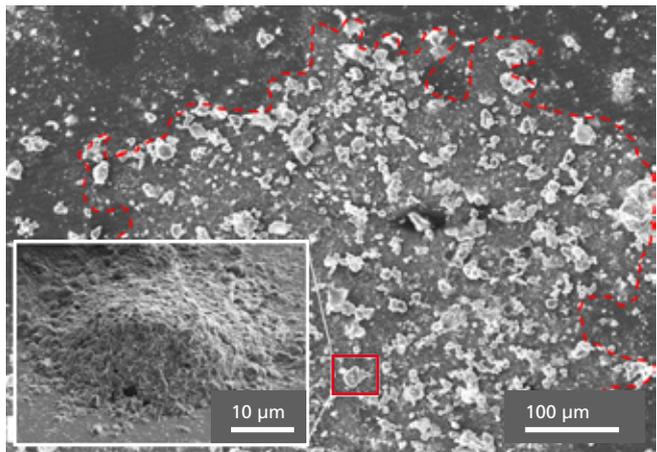
Prozesse zugrunde liegen. Bei den Proben aus Chile ist das nicht die Zementation, also das Festbacken der Partikel durch Ausfällen zuvor in Wassertropfen gelöster Salze, sondern das »Partikel-Caking«. Mit diesem

Begriff wird der Prozess des Festbackens von größeren Partikeln durch Umordnung und Verdichtung von sehr kleinen Partikeln (kleiner als 4 µm) während der Betauungsvorgänge bezeichnet. Plättchenförmige Tonminerale wie beispielsweise Kaolonit füllen dabei Lücken zwischen größeren Partikeln und der Glasoberfläche. So entsteht eine erweiterte Kontaktfläche und es ergeben sich damit auch stärkere Adhäsionskräfte für die großen Partikel. Der Schmutz haftet also noch stärker an der Glasoberfläche. Diese Erkenntnisse sind bei der Entwicklung angepasster Antisoiling-Beschichtungen extrem hilfreich. Ein entscheidender Schritt, Solarmodule für den Einsatz in der Wüste beständiger gegen Soiling zu machen, ist damit erreicht worden.

Parallel zum beschleunigten Verfahren am Soiling-Teststand finden Zuverlässigkeits- und Ertragsuntersuchungen an Photovoltaik-Modulen unter realen Bedingungen in Wüstenregionen statt. Hierbei kooperiert das Fraunhofer CSP mit Partnern



*Blick in die Staubkammer des Soiling-Teststands:
Vier verstaubte Glasproben werden hier durch Abkühlung des
Probentisches betaut (Detailaufnahme oben).*



*Elektronenmikroskopie-Bild der Glasoberfläche nach Auslagerung in der
Atacama-Wüste. Im Bereich eines Tautropfens (rote Umrandung) fand
»Caking« statt.*

in Marokko und Katar. Die dort betriebenen Testplattformen für einzelne Module und Systeme bieten große Chancen der wissenschaftlichen Untersuchung. In Marokko arbeitet das Fraunhofer CSP seit 2012 mit dem IRESEN zusammen, einem Forschungsinstitut für erneuerbare Energien. In Ben Guerir, in der Nähe von Marrakesch, hat Fraunhofer den Aufbau des »Green Energy Parks« technisch und wissenschaftlich unterstützt. Dort können Module in zeitlich hochaufgelösten Messungen im Zehn-Sekunden-Takt in Verbindung mit Klimamessdaten genau beobachtet werden. Dabei werden die »Antisoiling-Beschichtungen« über längere Zeiträume untersucht. Auf dieser Grundlage kann das Verschmutzungsverhalten und dessen Einfluss auf den Energieertrag am Standort nachgewiesen werden. Diese Untersuchungen fördern das Verständnis, wie Verschmutzungsvorgänge in Abhängigkeit der Wetterlage ablaufen und wie sie für kommende Tage vorhergesagt werden können. Auf dieser Basis ist es dann möglich, Ertragseinbußen besser einzuschätzen.

Ein weiterer wichtiger Kooperationspartner für das Fraunhofer CSP ist das QEERI in Doha Katar. Auf dem dortigen

Solartestfeld finden Untersuchungen in ähnlicher Weise mit hochinnovativem Equipment statt. Hier werden auch neueste Bifacialmodule – Module, die von beiden Seiten das Sonnenlicht einfangen – auf ihr Ertrags- und Soilingverhalten untersucht.

Klemens Ilse

Physikstudium an der MLU Halle,
seit 2015 in Kooperation mit der Hochschule Anhalt Doktorand
am Fraunhofer CSP in der Gruppe »Diagnostik Solarzellen«
klemens.ilse@csp.fraunhofer.de

+49 345 5589-5264

David Daßler

Studium der Angewandten Mathematik an der Universität Leipzig,
seit 2015 in Kooperation mit der Hochschule Anhalt Doktorand in
der Gruppe »Zuverlässigkeit von Solarmodulen und Systemen« am
Fraunhofer CSP

david.dassler@csp.fraunhofer.de

+49 345 5589-5214

LEICHTBAU-SOLARMODULE FÜR DIE FAHRZEUGINTEGRATION



Das Fraunhofer CSP hat in Kooperation mit der Continental Automotive GmbH ein flexibles Solarmodul für die Zugmaschine des Continental Innovationstrucks entwickelt und auf der Messe »IAA Nutzfahrzeuge 2016« vorgestellt. Seither fährt der Innovationstruck mit Solarmodulen durch Europa.

Mit der Entwicklung einer mobilen Photovoltaik werden alle drei wichtigen Trends der Mobilitätsbranche unterstützt: Elektrifizierung, Digitalisierung und autonomes Fahren. Alle drei Ansprüche benötigen umweltfreundlich erzeugte elektrische Energie. Die Integration von Solarmodulen in Fahrzeuge ermöglicht die Energiebereitstellung auch ohne Motorbetrieb. Dies reduziert den Verbrauch während der Fahrt und mindert oder vermeidet Motorlaufzeiten während der gesetzlichen Pausen insbesondere im Güterverkehr auf der Straße. Die Photovoltaik-Integration in die Auflieger von Lastkraftwagen ist aufgrund der ebenen und rechteckigen Geometrie relativ einfach zu realisieren. Viele Geräte, die Strom verbrauchen, befinden sich jedoch in der Zugmaschine von Lastkraftwagen. Fraunhofer CSP und Continental Automotive GmbH haben in ihrer Zusammenarbeit ein 300-WP-Photovoltaikmodul in die Zugmaschine des Continental Innovationstrucks integriert. Das Fraunhofer CSP hat dazu Solarmodule entwickelt, die gleich

In Dachhaube und Windfänger des Conti Innovationstrucks sind Photovoltaik-Module integriert.

mehrere Vorteile in sich vereinen: Sie sind leicht und bringen nur wenig zusätzliches Gewicht auf. Das flexible Material kann der gewölbten Form der Karosserie angepasst werden. Sie sind hocheffizient und erzeugen auf kleiner Fläche maximale Erträge.

Vehicle-integrated Photovoltaic (ViPV) ist eine große Chance für Innovationen Made in Germany.

Nicht zuletzt sind sie so verschaltet, dass inhomogene Sonneneinstrahlung den Ertrag nicht übermäßig senkt.

Continental hat eine elektrische Integration mittels Gleichstromwandlers entwickelt, die eine Verwertung der veränderlichen Solarerträge zur direkten Nutzung beziehungsweise Batterieladung ermöglicht.

Zwar sind die für die Photovoltaik zur Verfügung stehenden Flächen auf Fahrzeugen eigentlich zu klein, um selbst in günstigsten Szenarien und Anwendungen deutlich mehr als 10 Prozent der benötigten Antriebsenergie bereitzustellen.

Jedoch hat die Erzeugung von Strom aus Solarmodulen in der Karosserie das Potenzial, eine der günstigsten Formen der Energiebereitstellung im Fahrzeug zu werden.

Prof. Dr. Jens Schneider

Studium der Elektrotechnik an der Universität Duisburg und TU Berlin, Promotion in Elektrotechnik am Hahn-Meitner-Institut Berlin und der TU Berlin, seit 2011 am Fraunhofer CSP, Gruppenleiter »Modultechnologie«, Professor an der HTWK Leipzig
jens.schneider@csp.fraunhofer.de
+49 345 5589-5500

Sebastian Schindler

Studium der Elektrotechnik an der TU Dresden, seit 2008 am Fraunhofer CSP
sebastian.schindler@csp.fraunhofer.de
+49 345 5589-5523

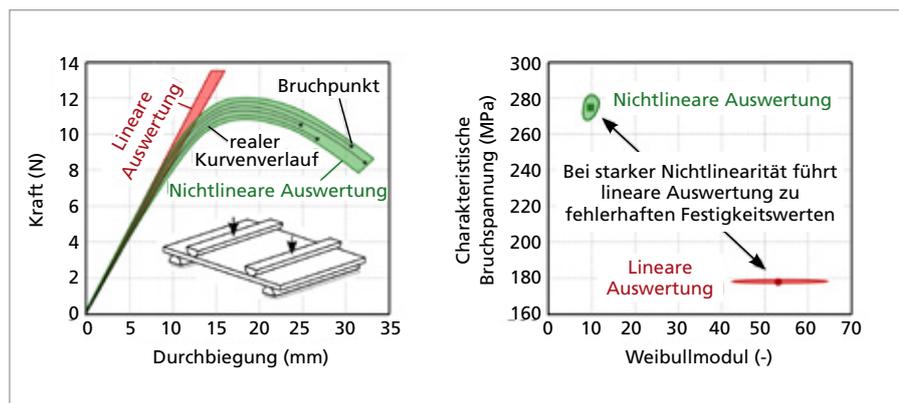
STANDARDISIERUNG DER MECHANISCHEN BEWERTUNG FÜR SILIZIUMWAFER

Für die Festigkeitsprüfung von Photovoltaikwafern hat das Fraunhofer CSP gemeinsam mit Partnern eine DIN SPEC entwickelt. Das darin standardisierte Verfahren erleichtert die Qualitätskontrolle in der Solarindustrie.

Die DIN SPEC 91351 »Strength Testing for Photovoltaic Wafers« ist das Ergebnis des Zusammenwirkens des Fraunhofer CSP, der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (HTWK), regionaler Industriepartner und des Deutschen Instituts für Normung. Mit ihr kann eine vereinheitlichte Festigkeitsprüfung von 120 bis 220 μm dünnen Siliziumplatten, sogenannten Wafern, für Photovoltaik-Zellen und -Module vorgenommen werden. Dabei wird mit einem standardisierten 4-Punkt-Biegeversuch festgehalten, bei welcher Krafteinwirkung ein Wafer aus kristallinem Silizium bricht. Die Prüfung ist nötig, weil das spröde Material sehr bruchempfindlich ist und daher im Produktionsprozess keinen hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt werden darf. Die DIN SPEC definiert, wie dieser Biegeversuch aufgebaut, durchgeführt und ausgewertet werden muss. Sie ist international die erste Standardspezifikation in diesem Bereich. Für die Nutzer des Standards werden komplexe nichtlineare Probleme in Schautafeln und Tabellen zur Verfügung gestellt, wodurch die Kommunikation über die Wertschöpfungskette hinweg in der Solarzellenproduktion erheblich erleichtert wird. Besonders bei dünnen Siliziumwafern führt die große Durchbiegung beim Bruch der Proben zu einer starken Nichtlinearität im Verlauf der Kraft-Verschiebungskurven. Wird dies nicht durch eine Auswertung mit Hilfe von numerischen Modellen berücksichtigt, kann es zu starken Abweichungen bei den Festigkeitsparametern kommen. Unter Verwendung solcher Modelle wurden Umrechnungstabellen erstellt, mit deren Hilfe nun jeder, auch ohne Simulationsmodelle, die Festigkeit

von Siliziumwafern zuverlässig auswerten kann. Durch das Optimierungspotenzial der damit verbundenen Analyse- und Herstellungsprozesse ist die jetzt zur Verfügung stehende DIN SPEC für alle Industrieunternehmen im Bereich der Photovoltaik sehr interessant.

Die DIN SPEC dient zur Veröffentlichung von internationalen Standards und kann die Grundlage für eine DIN-Norm sein.



Links: Kraft-Verschiebungs-Verlauf im 4-Punkt-Biegeversuch
Rechts: Festigkeitsparameter mit 90-prozentigen Konfidenzintervallen

Felix Kaule

Maschinenbau-Studium an der HTWK Leipzig,
seit 2012 Mitarbeiter im Mechanik-Team der Gruppe
»Siliziumwafer« am Fraunhofer IMWS

felix.kaule@csp.fraunhofer.de

+49 345 5589-5312

Prof. Dr. Stephan Schönfelder

Maschinenbau-Studium an der HTWK Leipzig,
Promotion im Bereich Mechanik von Halbleitermaterialien,
seit 2004 am Fraunhofer IMWS, Teamleiter Mechanik in der
Gruppe »Siliziumwafer«, seit 2014 Professor an der HTWK Leipzig

stephan.schoenfelder@csp.fraunhofer.de

+49 345 5589-5310

AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERFOLGE



28 | In-situ-Röntgen-Computertomographie verbessert Prüfverfahren für Hochleistungsverbundwerkstoffe



30 | Bioanaloge Zusätze in synthetischem Isopren-Kautschuk versprechen deutlich verbesserte mechanische Eigenschaften



32 | Naturfaserverstärktes Endlos-Laminat für Anwendungen im Baugewerbe



33 | Biopolymere können petrochemische Kunststoffe ersetzen



UNSERE UD-TAPE-ANLAGE IST EIN WICHTIGES ALLEINSTELLUNGSMERKMAL

Interview mit Geschäftsfeldleiter Prof. Dr. Peter Michel

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2017 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Das war die Inbetriebnahme der Unidirektionalen (UD)-Tape-Anlage am Fraunhofer Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau. Wir sehen in dieser Technologie zur Herstellung faserverstärkter Kunststoffe enormes Potenzial für Leichtbau-Anwendungen. Mit dem Start der Anlage haben wir eine wesentliche technische Komponente der Geschäftsfeldstrategie umgesetzt und ein wichtiges Scale-up-Instrument für diese Technologie geschaffen. Wir können nun UD-Tapes im Pilotmaßstab fertigen, gleichzeitig wurde eine Laboranlage an der Hochschule Merseburg in Betrieb genommen. Das verschafft uns ein wertvolles Alleinstellungsmerkmal. Die feierliche Eröffnung der Anlage ist im Frühjahr 2018 geplant. Neben den Mobilitätsanwendungen spielten im Jahr 2017 die ballistischen Composite eine große Rolle. Hierbei konnten wir sehr gute und von der Industrie wertgeschätzte Anfangsergebnisse erzielen.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an?

Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Wir sind der Material- und Prozess-Spezialist für faserverstärkte Hochleistungsthermoplaste und großserienfähige, innovative Kautschuk-Komposite. Anwendungsfelder sind zum Beispiel Leichtbaumaterialien für die Automobilindustrie oder die Luftfahrt sowie die Sicherheitstechnik als neuer Markt. Wir nehmen dabei die gesamte Wertschöpfungskette sowie die Diagnostik- und Technologieachse in den Blick. Das reicht von der Rohstoffauswahl über die Verarbeitungstechnologie, die daraus resultierenden Verarbeitungsstruktur- und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen bis hin zu den angestrebten Bauteileigenschaften.

Im Jahr 2017 feierten wir das Jubiläum »25 Jahre Fraunhofer in Halle«. Was verbinden Sie damit?

Mich beeindruckt vor allem die rasante Entwicklung der Technologie. Ich selbst habe 1992 gerade meine Arbeit als Abteilungsleiter für Anwendungsentwicklungen in einem Industrieunternehmen begonnen. Niemand hätte damals geahnt, über welche Möglichkeiten und Herausforderungen wir 2017 sprechen. Ich denke da an Themen wie die Digitalisierung von Materialeigenschaften oder sensorierte Bauteile, die wir etwa in einem Use Case im Rahmen des Materials Data Space bearbeiten. Das zeigt: Fraunhofer ist es in Halle und an vielen anderen Standorten gelungen, diesem Tempo nicht nur gerecht zu werden, sondern die Entwicklung selbst mit voranzutreiben.

Welche Aktivitäten stehen 2018 an?

2018 wird im Zeichen der Erweiterung des Fraunhofer PAZ stehen. Wir wollen den erfolgreich gestarteten Prozess unserer strategischen Neuausrichtung weiter forcieren, etwa durch den Ausbau der Mikrostrukturaufklärung mittels zerstörungsfreier Prüftechniken und Online-Prüfmethoden. Entsprechende Geräteanschaffungen sind im Rahmen der PAZ-Erweiterung fest eingeplant. Nicht zuletzt sind spannende neue Projekte im Bereich der Kristallisationssteuerung geplant.

Prof. Dr. Peter Michel

Studium des Maschinenbaus und der Kunststofftechnik,
seit 2013 Geschäftsfeldleiter am Fraunhofer IMWS,
seit 2014 Professor an der HS Merseburg

peter.michel@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-203

IN-SITU-RÖNTGEN-COMPUTERTOMOGRAPHIE AN VERBUNDWERKSTOFF-STRUKTUREN

Eine besonders leistungsfähige Methode zur Analyse von inneren Materialstrukturen ist die In-situ-Röntgen-Computertomographie. Versagensprozesse in Hochleistungsverbundwerkstoffen konnten damit unter mechanischer Belastung in natürlicher Lage sichtbar gemacht werden.

Moderne Sandwichbauteile aus Hochleistungsverbundwerkstoffen finden wegen ihres enormen Leichtbaupotenzials in allen Bereichen der Mobilität Anwendung. Sandwichmaterialien entfalten ihre Vorteile aufgrund ihrer hohen Biegesteifigkeit und Stabilität, insbesondere bei ebenen und großflächigen Bauteilen. Dünne und steife Deckschichten werden dabei über einen stützenden Sandwichkern fest miteinander verbunden. Für sehr hoch beanspruchte Bauteile in der Luftfahrt werden extrem leichte, steife und bruchfeste carbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK) in den äußeren Deckschichten eingesetzt. Für solche faserverstärkten Bauteile wurden in den vergangenen Jahren flexible Herstellungs- und Formgebungsverfahren entwickelt, mit deren Hilfe auch komplex geformte Sandwichbauteile kostengünstig hergestellt werden können. In solchen Bauteilen wird der Sandwichkern mechanisch stärker belastet. Werden zusätzliche Verstärkungselemente wie beispielsweise CFK-Pins in einen Polymerschium-Sandwichkern integriert, können die Leistung und die Ausfallsicherheit noch weiter erhöht werden. Sandwichmaterialien bieten Material- und

Die Bruchprozesse in Wabenkern-Sandwichbauteilen lassen sich besser vorhersagen.

Bauteilentwicklern eine große Designvielfalt, da sie aus ganz verschiedenartigen Materialkomponenten bestehen und mit ihrer inneren Struktur bereits für sich selbst als eine komplexe mechanische Konstruktion angesehen werden können. Will man das Leichtbaupotenzial solcher Bauteile voll ausschöpfen, müssen die Kernverstärkungsstrukturen optimal auf die Belastungen im Einsatz abgestimmt werden. Verformungen von Sandwichbauteilen lassen sich mit numerischen Berechnungsverfahren exakt vorhersagen, wenn die



Belastete Sandwichprobe mit teilweise abgelöster Deckschicht im SCB-Test innerhalb der Röntgen-CT-Anlage

innere Materialstruktur von Deckschichten, Kernmaterial und Verstärkungsgerüst im Detail berücksichtigt wird. Das Schädigungs- und Versagensverhalten weist jedoch eine weitaus höhere Komplexität auf. Bereits sehr kleine Verformungen und Lastumlagerungen im inneren Verstärkungsgerüst können zu ganz unterschiedlichen Versagensprozessen führen und letztendlich die Bauteilzuverlässigkeit beeinflussen. Ein besseres Verständnis solcher Zusammenhänge lässt sich mit Hilfe zerstörungsfreier Abbildungsverfahren erzielen.

Mit der In-situ-Röntgen-Computertomographie können die inneren Strukturen eines Bauteils bei verschiedenen Laststufen – direkt in der mechanischen Verformungsapparatur unter Last stehend – sichtbar gemacht werden. Man erhält dabei ein exaktes räumliches Abbild der inneren Materialstruktur und kann die Bewegungen und Verformungen kleinster Strukturdetails im Innern des Bauteils im gesamten Belastungsprozess darstellen. In einem von der Federal Aviation Administration (FAA), der European Aviation Safety Agency (EASA) und weiteren Partnern initiierten Arbeitsgruppe arbeitet das Fraunhofer IMWS an einer internationalen Prüfnorm zur Bestimmung der Festigkeit der Deckschicht-Kern-Verbindung in High-Performance-Sandwichmaterialien. Während eine solche Norm für den Ingenieur später eine einfache Prüf- und Berechnungsvorschrift bereitstellt, muss im Vorfeld sichergestellt werden, dass diese für eine



Sandwichprobe im Single-Cantilever-Beam-Test: Deckschicht-Ablösung bei sehr hohen Lasten durch Reißen des Aramidpapier-Wabenkerns unterhalb der Deckschicht

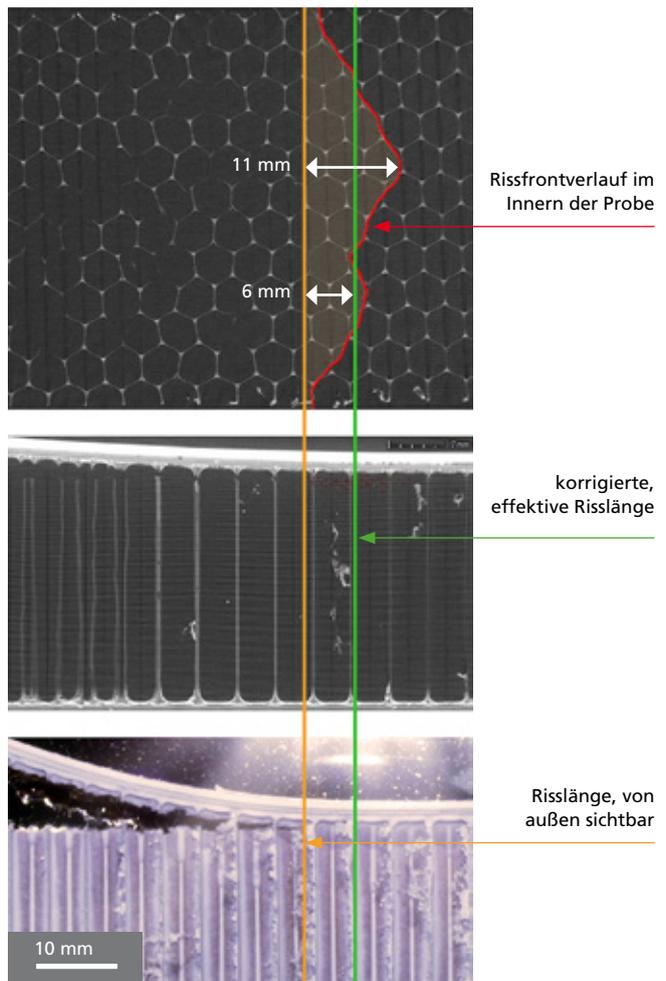
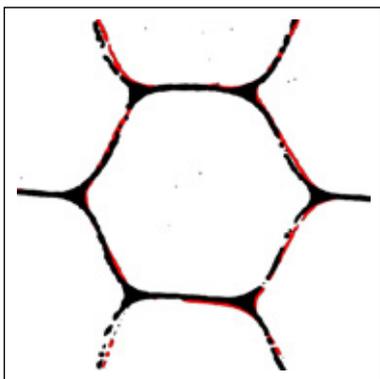
breite Auswahl an Sandwichmaterialien, selbst mit einem sehr komplizierten inneren Aufbau, Gültigkeit besitzt. Zur analytischen Berechnung des bruchmechanischen Materialkennwertes muss der tatsächliche Sandwichkernaufbau einerseits sehr stark vereinfacht werden, aber gleichzeitig die Materialcharakteristik erfassen.

Eine entscheidende Fragestellung war hierbei, inwieweit sich die Wabenstruktur im Innern unmittelbar vor einer Rissausbreitung verformt. Am Fraunhofer IMWS wurde im Rahmen dieser Arbeiten ein spezielles Verfahren (SCB-Test) in der Röntgen-CT-Anlage aufgebaut, durchgeführt und durch numerische Simulationen begleitet. Um fehlerhafte Abbildungen zu vermeiden, wurde die Prüfapparatur speziell ohne metallische Komponenten im Strahlengang aufgebaut. Die Sandwichprobe besteht aus CFK-Deckschichten und einem NOMEX®-Wabenkern. Die Zellwände werden aus einem nur 51 µm dicken, beschichteten Aramid-Papier gebildet und wären ohne die stabile Bienenwabengeometrie sowie die feste Anbindung an die CFK-Deckschichten leicht verformbar und könnten nur geringe Kräfte übertragen. Wird die Deckschicht aufgrund einer punktuellen Bauteilüberlastung teilweise vom Kern abgelöst, besteht die Gefahr des Weiterreißen und der Zerstörung des Sandwichbauteils.

Die In-situ-Röntgen-Untersuchungen zeigten, dass sich im Bereich der höchsten Materialbelastungen nahe der Rissfront leichte Beulverformungen der Zellwände bilden können. Gleichzeitig bleibt die Wabenform erhalten und stabilisiert das Kerngerüst. Das bei der SCB-Probe von außen sichtbare Rissende entspricht nicht der

tatsächlichen Risslänge in der Probenmitte.

Die wirksame Risslänge kann auf Basis der Untersuchungsergebnisse jedoch korrigiert werden und führt so zu einer wesentlich genaueren Darstellung in den Berechnungsvorschriften der Prüfnorm.



Belastete SCB-Probe mit korrigierter Risslänge. **Oben:** Blick durch die obere Deckschicht. **Mitte und unten:** Seitenansicht als CT-Scan und Kamerabild **Links:** Wabenzelle an der Rissfront (schwarz). Geringe Verformung in der Sandwichebene bei aufgezogener Deckschicht unmittelbar vor der Rissausbreitung (rot)

Dr.-Ing. Ralf Schäuble

Studium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Chemnitz, Promotion an der Uni Halle-Wittenberg, seit 1996 am Fraunhofer IMWS
 ralf.schaeuble@imws.fraunhofer.de
 +49 345 55 89-151

DEHNUNGSINDUZIERTE KRISTALLISATION IN ISOPREN-KAUTSCHUKEN

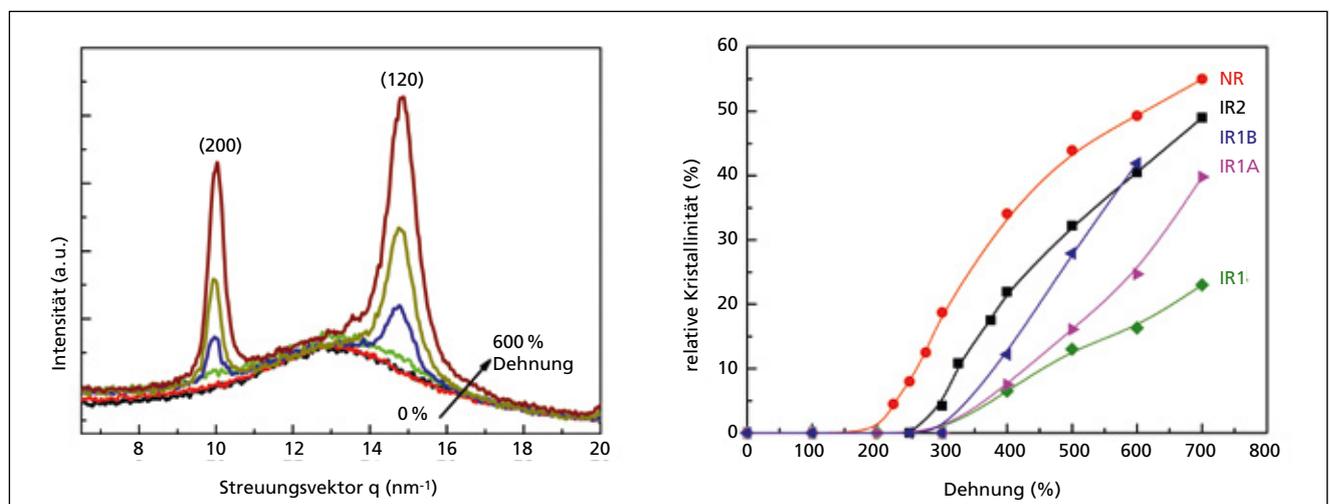
Natur- und Synthetikautschuke auf Isoprenbasis weisen unterschiedliche Eigenschaften auf. Zur Optimierung der Anwendungseigenschaften synthetischer Isopren-Kautschuke wird der Einfluss von mikrostrukturellen Aspekten und speziellen Zusatzstoffen auf die dehnungsinduzierte Kristallisation an verschiedenen Kautschuken untersucht.

Kautschuke sind elastische Polymermaterialien, bei denen lineare Makromoleküle chemisch miteinander vernetzt sind. Sie sind dadurch charakterisiert, dass sie sich bei äußeren Belastungen reversibel, also umkehrbar, verformen. Besonders bemerkenswert ist, dass sie große Dehnungen überstehen und auch bei wiederholter Beanspruchung immer wieder in ihre Ausgangsform zurückkehren. Die exzellenten Eigenschaften von Naturkautschuk wie hohe Zugfähigkeit, Elastizität sowie chemische und thermische Stabilität in Kombination mit einer vorzüglichen Widerstandsfähigkeit gegen Weiterreißen nach ersten Rissen sind in vielerlei Hinsicht nach wie vor unerreicht. Naturkautschuk ist deshalb bis heute Hauptbestandteil vieler Produkte im Fahrzeug- und Maschinenbau sowie in Konsumgütern und in der Medizintechnik. Chemisch

betrachtet, besteht Naturkautschuk primär aus hochreinem cis-1,4-Polyisopren (mit mehr als 99,9 Prozent cis-1,4 Struktureinheiten). Er enthält aber auch weitere Bestandteile, sogenannte Additive, wie zum Beispiel Proteine, Phospholipide und Harze.

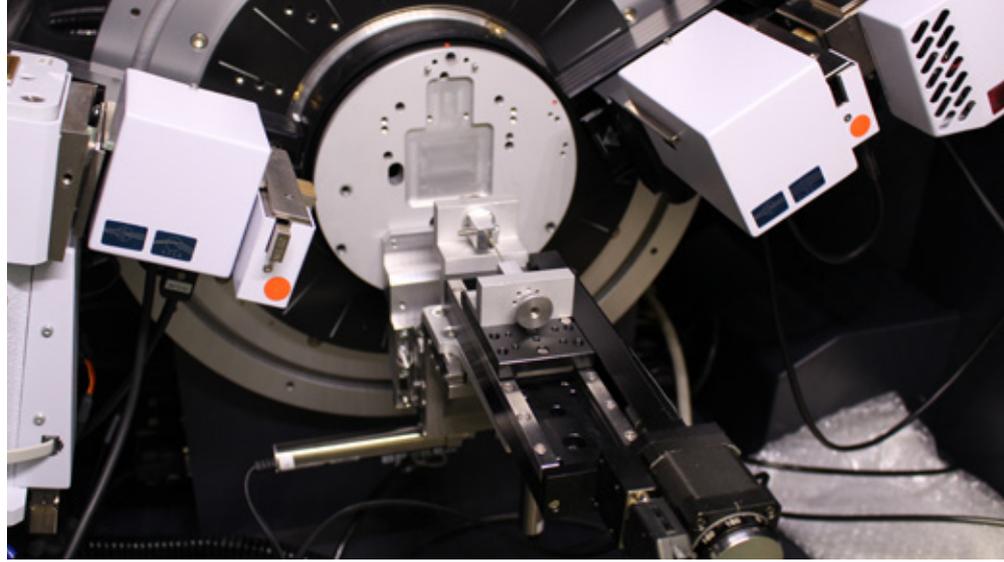
Gerät Kautschuk unter Dehnung, laufen im Material Kristallisationsprozesse ab, die zu einer spontanen, reversiblen Versteifung des Materials führen. Diese dehnungsinduzierte Kristallisation ist eine der fundamentalen Ursachen für die hervorragenden mechanischen Eigenschaften des Naturkautschuks. Dieses Phänomen ist eine Besonderheit und tritt aufgrund einer sehr spezifischen Anordnung von Seitenketten im Polymer, der nahezu perfekten Stereoregularität (cis-1,4 Anteil von fast 100 Prozent), auf. Isopren-Kautschuke sind aus Isopren (2-Methyl-1,3-butadien) polymerisiert. Die Eigenschaften synthetischer Isopren-Kautschuke (IR) sind aufgrund ihrer geringeren Stereoregularität und des Fehlens von bestimmten Additiven schlechter als die des Naturkautschuks. Die dehnungsinduzierte Kristallisation wird behindert.

Um die Eigenschaften synthetischer Isopren-Kautschuke gezielt zu verbessern, ist es wichtig, den Einfluss der Mikro-



Links: Röntgenbeugungsbilder für Naturkautschuk bei verschiedenen Dehnungen
 Rechts: Relative Kristallinität für verschiedene isoprenbasierte Kautschuke

Messaufbau für In-situ-Beugungsmessungen mit motorisiertem Lineartisch an einem BRUKER D8 ADVANCE Röntgendiffraktometer



struktur der Polyisopren-Ketten und der Zusatzkomponenten auf die dehnungsinduzierte Kristallisation zu verstehen. Die anwendungsorientierte Optimierung synthetischer Isopren-Kautschuke ist ein wichtiges Ziel des Forschungsvorhabens »Biomimetischer Synthesekautschuk in innovativen Elastomerkompositen« der Fraunhofer-Gesellschaft, in dem fünf Fraunhofer-Institute mit verschiedener Ausrichtung und Expertise zusammenarbeiten.

In diesem Forschungsprojekt werden verschiedene Naturkautschuke und viele speziell additivierte Isopren-Kautschuke vergleichend

untersucht. Das Fraunhofer IMWS hat zur Bewertung der dehninduzierten Kristallisation in unterschiedlichen isoprenbasierten Kautschuksystemen einen speziellen Labormessaufbau entwickelt.

Dazu wurde ein motorisierter Lineartisch in ein D8 ADVANCE Diffraktometer integriert, um Beugungsaufnahmen in-situ, also direkt bei Dehnungen bis 750 Prozent, ermitteln zu können. Damit lassen sich für gedehnte Proben auf Basis einer speziellen Untersuchung, der Peakflächenanalyse, vergleichbare Kristallinitäten bestimmen. Am Pilotanlagencentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau wurden hochreguläre Isopren-Kautschuke (cis-1,4 Gehalte >97 Prozent) synthetisiert. Das Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME analysierte Naturkautschuke und extrahierte verschiedene Additive. Die synthetisierten Isopren-Kautschuke und verschiedene additivierte synthetische Isopren-Kautschuke untersuchte dann das Fraunhofer IMWS umfänglich.

Ein Vergleich der Ergebnisse aus Untersuchungen an verschiedenen isoprenbasierten Kautschuken mittels Röntgenbeugung zeigt klare Unterschiede bezüglich der dehninduzierten Kristallisation. Diese setzt im Naturkautschuk (NR) bereits bei niedrigen Dehnungen (~225 Prozent) ein. Der relative Kristallisationsgrad ist im Vergleich zu synthetischen Isopren-Kautschuken generell höher. Die dehnungsinduzierte Kristallisation in synthetischem Isopren-Kautschuk beginnt offensichtlich erst bei

Additivierte Isopren-Kautschuke zeigen ausgeprägte Dehnkristallisation und verbesserte mechanische Eigenschaften.

höheren Deformationen (~300 Prozent). Das vorteilhafte Kristallisationsverhalten beim Naturkautschuk ist dabei wohl nicht nur auf die fast perfekte Mikrostruktur (100 Prozent cis-1,4) der Polyisopren-Ketten zurückzuführen, sondern auch mit den enthaltenen natürlichen Additiven zu erklären. Mit speziellen bioanalogen Additiven versehene Isopren-Kautschukproben (IR1A, IR1B) zeigen im Vergleich mit nicht-additivierten Proben

bei großen Dehnungen eine deutliche Erhöhung der relativen Kristallinität (Faktor 1,5 bis 2,5). In speziellen Systemen lassen sich auch noch höhere Kristallinitäten erreichen (IR2). Das ist ein viel-

versprechendes Resultat. Es legt nahe, dass sich durch eine passgenaue Additivierung und Synthese zukünftig Isopren-Kautschuke herstellen lassen, die ähnliche mechanische Eigenschaften wie Naturkautschuk haben. Weiterführende Arbeiten zur Optimierung der Mikrostruktur des Isopren-Kautschuks und der verwendeten Additive sind Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten im Projekt.

Dr. Gaurav Kumar Gupta

Promotion am Institut für Physik der Uni Halle-Wittenberg, seit 2015 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IMWS
gaurav.kumar.gupta@imws-extern.fraunhofer.de
+49 345 5589-201

Prof. Dr. Mario Beiner

Studium der Polymerphysik an der TH Merseburg, Promotion und Habilitation an der Uni Halle-Wittenberg, seit 2011 am Fraunhofer IMWS, wissenschaftlicher Leiter im Geschäftsfeld Polymeranwendungen, Gruppenleiter »Polymerbasiertes Materialdesign«, Professor an der HS Merseburg
mario.beiner@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-247

NACHHALTIGE VERSTÄRKUNGSELEMENTE MIT POTENZIAL FÜR BAUANWENDUNGEN

Für die Produktion von Verstärkungselementen zur Anwendung im Baugewerbe konnte der Herstellungsprozess eines Materialmixes aus thermoplastischem Kunststoff und Naturfasern optimiert werden.

Auf Naturfasern basierende Verbundwerkstoffe sollen zunehmend im Baugewerbe Anwendung finden. Am Fraunhofer IMWS wurde dazu die Entwicklung von speziellen, nachhaltigen, faserverstärkten Endloslaminaten erprobt, die als Verstärkungselemente in extrudierten, also durch formgebende Düsen gepressten, Kunststoffprofilen dienen sollen.

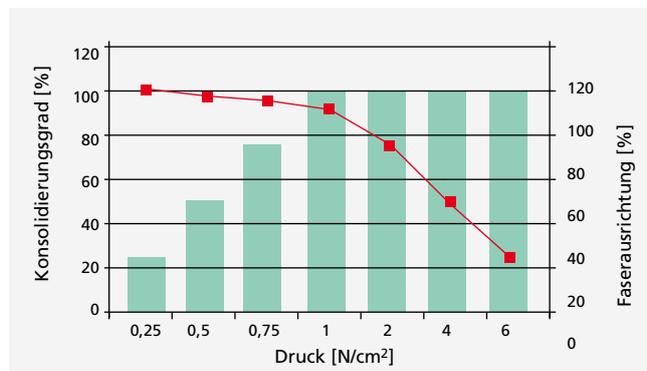
Zunächst wurden unterschiedliche Naturfasern mit Polyethylenterephthalat (PET) zu endlos- oder quasi-endlosfaserverstärkten Folien (Tapes) verbunden. Die Herausforderung im Tape-Herstellprozess lag in der möglichst guten Benetzung der Fasern mit dem Matrixmaterial. Es zeigte sich, dass ein Flachsfasergelege aus gerichtet abgelegten langen Fasern geeignet ist. Die hergestellten Tapes wurden auf einer kontinuierlichen Doppelbandpresse zu Endlos-Laminaten weiterverarbeitet. Ein Materialsystem aus PET und einem möglichst hohen Anteil an Flachsfasern wurde hinsichtlich der angestrebten Materialeigenschaften als zielführend identifiziert. Der Schichtaufbau aus sieben Lagen PET und sechs Lagen Flachsfaser (200g/m²) kam den Zielstellungen hohe Steifigkeit bei gleichzeitiger Limitierung der Laminatdicke auf ca. 1,8 mm am nächsten. Durch die Optimierung von Verweilzeit



Herstellprozess eines flachsfaserverstärkten PET-Tapes

und Druck im Verarbeitungsprozess konnte die Steifigkeit dieses Laminataufbaus von 23,5 GPa auf 26,5 GPa in Faserrichtung erhöht werden. Die Anforderungen im späteren Extrusionsprozess, bei welchem die verstärkenden Endlos-Lamine kontinuierlich zugeführt werden müssen, sind hinsichtlich der Maßhaltigkeit der Lamine sehr hoch. Sie lassen nur sehr geringe geometrische Toleranzen zu.

Hier waren intensive Entwicklungsarbeiten notwendig, da ein natürliches Material auch natürlichen Eigenschaftsschwankungen unterliegt wie beispielweise lokalen Gewichtsschwankungen in den Flachsfasergelegen, Fehlern in deren Struktur oder Restfeuchteanteilen. Der Herstellprozess und der Zuschnitt wurden optimiert, so dass ein Laminat vorliegt, welches kontinuierlich und ohne Störungen in den Extrusionsprozess zur Profilherstellung integriert werden konnte.



Einfluss des Pressdrucks auf den Benetzungsgrad der Fasern mit Matrixmaterial und Faserverschiebungen im Laminat (100 Prozent = Faserausrichtung in Prozessrichtung)

Ivonne Jahn

Studium der Werkstoffwissenschaften an der Uni Halle-Wittenberg, Fachrichtung Kunststofftechnik, seit 2007 am Fraunhofer IMWS, Gruppenleiterin »Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge«

ivonne.jahn@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-474

Frank Nagel

Studium der Physikalischen Technik an der HS Merseburg, seit 2001 am Fraunhofer IMWS, Gruppe »Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge«

frank.nagel@imws.fraunhofer.de

+49 0345 5589-260

NACHHALTIGE SPRITZGUSSBAUTEILE AUS TECHNISCHEN BIOPOLYMEREN

Hochwertige und belastbare Spritzgussbauteile können zukünftig aus Kunststoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe erzeugt und somit ökologisch nachhaltige Produkte geschaffen werden.

Derzeitige Spritzgussbauteile werden hauptsächlich aus petrochemischen Kunststoffen hergestellt und am Ende ihres Lebens teilweise recycelt sowie abschließend thermisch verwertet. Die Folge ist eine negative CO₂-Bilanz mit entsprechend negativen Auswirkungen auf das Klima. Ein Ansatz zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Spritzgussbauteilen ist die Verwendung von technischen Biopolymeren auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen wie Zuckerrohr oder Rizinus. Hierdurch lässt sich eine deutlich positivere CO₂-Bilanz erreichen, da in der Wachstumsphase der nachwachsenden Rohstoffe über den Prozess der Photosynthese auch CO₂ verbraucht wird.

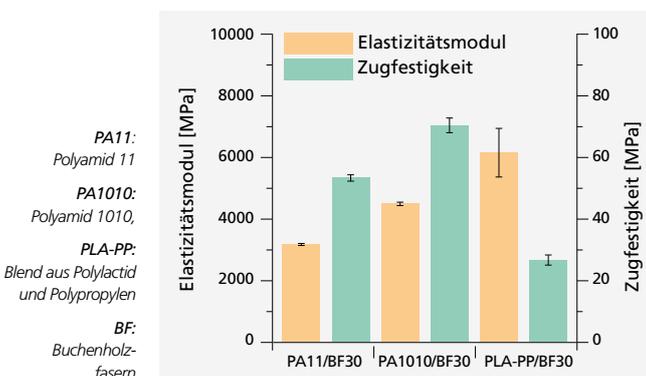
Die Voraussetzung für eine breite Umsetzung dieses Ansatzes ist jedoch, dass die eingesetzten technischen Biopolymere über vergleichbare oder sogar bessere Eigenschaften und eine konkurrenzfähige Wirtschaftlichkeit verfügen als petrochemische Kunststoffe. In Zusammenarbeit mit industriellen Forschungspartnern werden hierfür am Fraunhofer IMWS neue Rezepturen, Aufbereitungs- und Verarbeitungsprozesse – zum Beispiel für thermoplastische Verbundwerkstoffe auf Basis von biobasierten Polyamiden oder Polylactiden – entwickelt. Diese können für nachhaltige Spritzgussbauteile unter anderem in der

Automobil-, Bau- oder Möbelindustrie zum Einsatz kommen. Einen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten bildet die schonende Aufbereitung und Spritzgussverarbeitung von naturfaserverstärkten Biopolymeren. Hierbei handelt es sich um technische Biopolymere, die aufgrund ihrer Naturfaserverstärkung ein verbessertes mechanisches Eigenschaftsniveau besitzen, aber dennoch vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen. In den bisherigen Untersuchungen haben sich insbesondere chemisch modifizierte Buchenholzfaser als effektiver Verstärkungstoff herausgestellt. Diese Fasern verbessern die mechanischen Eigenschaften der Biopolymere signifikant und bewahren auch bei höheren Füllgraden eine gute Fließfähigkeit der Verbundschmelze. In Demonstratorversuchen konnten so hochwertige und nachhaltige Spritzgussbauteile mit einer Wandstärke von 2 mm und mit Füllgraden bis zu 50 Prozent an

Buchenholzfaser hergestellt werden.



Spritzgussbauteile aus technischen Biopolymeren mit einem Füllgrad von 30 Prozent an Buchenholzfaser (PA11/BF30)



Mechanische Kennwerte von Spritzgussprüfkörpern aus unterschiedlichen technischen Biopolymeren mit einem Füllgrad von 30 Prozent an Buchenholzfaser

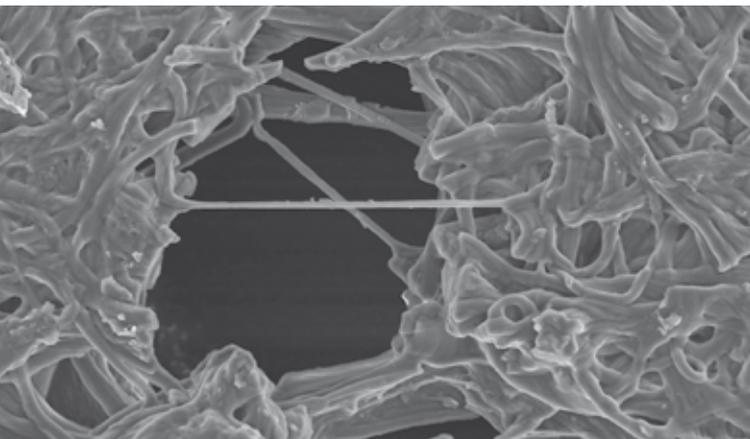
Dr.-Ing. Patrick Hirsch

Studium des Wirtschaftsingenieurwesens und Promotion im Bereich Kunststofftechnik an der Uni Halle-Wittenberg, seit 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IMWS
patrick.hirsch@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-264

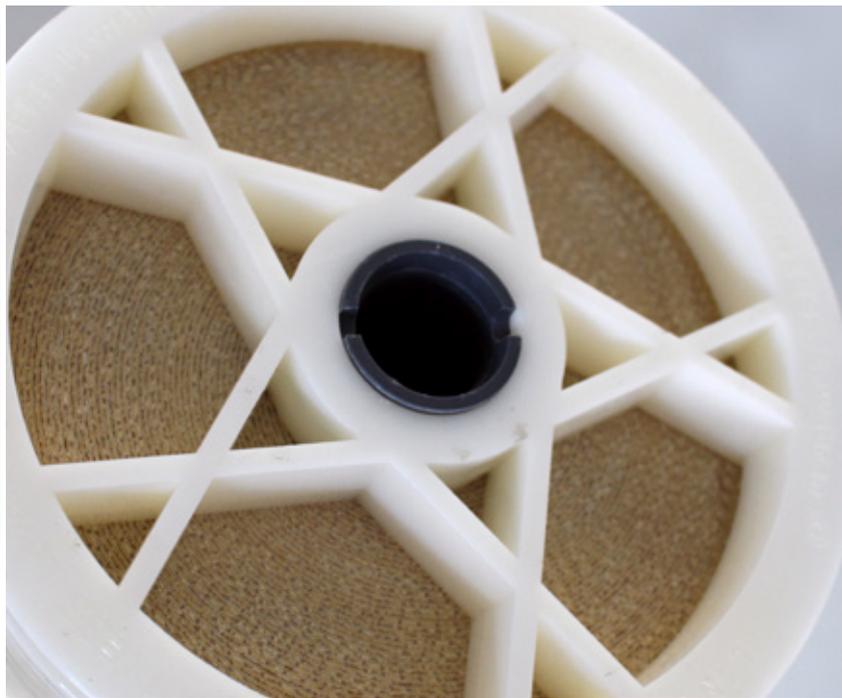
Stefanie Meyer

Studium der Polymer Materials Science an der Uni Halle-Wittenberg, seit 2017 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IMWS
stefanie.meyer@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-390

AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERFOLGE



36 | Verbesserte Wundheilung durch neuartige Biomaterialien



39 | Barrierschichten in Filteranlagen verlängern Nutzungsdauer



38 | Hilfe für den trockenen Mund



40 | Biobasierte Komposite für neue Anwendungsbereiche



41 | Prozesskettenoptimierung mit Energie- und Stoffstrom-Modellen



»SEHR GUTE PRODUKTE FÜR DEN MARKT ZU ENTWICKELN, MOTIVIERT UNGEMEIN«

Interview mit dem stellvertretenden Geschäftsfeldleiter Dr.-Ing. Andreas Kiesow

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2017 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Ich habe 2017 kommissarisch die Geschäftsfeldleitung übernommen und hatte sie bis Oktober inne. Für mich persönlich war es sehr spannend, neben der Arbeit als Leiter der Gruppe »Charakterisierung medizinischer und kosmetischer Pflegeprodukte« auch die Arbeit der anderen Gruppen zu verfolgen, zu unterstützen sowie die Zusammenarbeit und die Synergien zu stärken. Sehr erfreulich war dabei die Erkenntnis, wie gefragt die Leistungen des Geschäftsfeldes sind. Das zeigt sich sowohl bei kleinen und mittelständischen Unternehmen als auch bei großen Konzernen, auf internationaler Ebene ebenso wie im Land Sachsen-Anhalt, das sich aus meiner Sicht in vorbildlicher Weise für die angewandte Forschung engagiert.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an? Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Die Mitarbeiter des Geschäftsfeldes »Biologische und makromolekulare Materialien« arbeiten im Bereich der angewandten Forschung vor allem für Unternehmen der Medizintechnik und der Kunststoffverarbeitenden Industrie. Besonders profitieren die Kunden von unseren Forschungsarbeiten, wenn wir durch eine vertrauensvolle Zusammenarbeit in die Entwicklung und Optimierung der Produktionsprozesse direkt eingebunden werden. Gemeinsam mit unseren Auftraggebern gute Produkte für den Markt zu entwickeln, motiviert ungemein.

Im Jahr 2017 feierten wir das Jubiläum »25 Jahre Fraunhofer in Halle«. Was verbinden Sie damit?

Ich habe das Gründungsjahr in Halle nicht selbst miterlebt, bin aber seit 1999 am Institut und kenne viele Kollegen der ersten

Jahre – auch solche, die hier als Diplomanden angefangen und dann in vielfältigen Positionen bis hin zum Geschäftsfeldleiter zur Erfolgsgeschichte des Instituts beigetragen haben. Besonders beeindruckt mich am Jubiläum – neben den persönlichen Leistungen – die Balance aus Kontinuität und Innovation, die in Halle gelungen ist und weiter gelingt. Wir haben zu vielen Kunden und Partnern mittlerweile seit vielen Jahren gewachsene Beziehungen. Wie bisher gehen wir auch im Jubiläumsjahr aktiv und mit großem Gestaltungswillen wichtige, herausfordernde Zukunftsfelder wie Digitalisierung oder Big Data an. Das ist sicher einer der Gründe dafür, dass Fraunhofer in Halle diesen erfreulichen Jahrestag feiern kann.

Welche Aktivitäten stehen 2018 an?

Wir freuen uns auf die Rückkehr von Andreas Heilmann als Geschäftsfeldleiter. Für die Zukunft sind wir gut aufgestellt. Zudem denke ich, dass wir beispielsweise im Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« mit vielen innovativen Projekten den Forschungstransfer zu Unternehmen gestalten können.

Dr.-Ing. Andreas Kiesow

Studium der Mikrosystemtechnik an der TU Chemnitz,
seit 1999 am Fraunhofer IMWS tätig,
seit 2009 Gruppenleiter »Charakterisierung medizinischer und kosmetischer Pflegeprodukte«
andreas.kiesow@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-118

BIO-INSPIRIERTE MATERIALIEN FÜR HAUTSPEZIFISCHE ANWENDUNGEN

Wir nutzen die einzigartigen Eigenschaften natürlicher Strukturproteine für die Entwicklung neuartiger Biomaterialien. Diese haben großes Potenzial für eine Vielzahl von Anwendungen im medizinischen Bereich, etwa zur Verbesserung der Wundheilung nach Brandverletzungen.

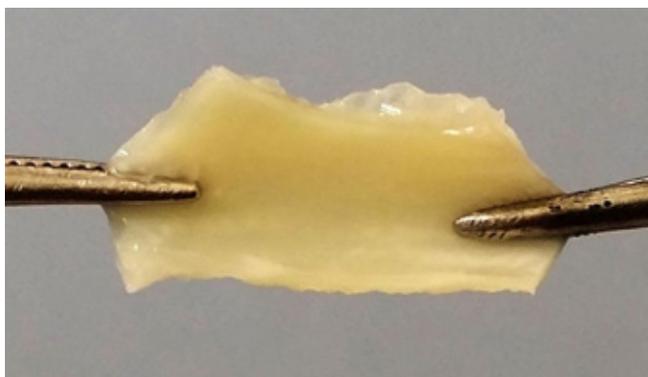
Im Hinblick auf die demographische Entwicklung und den zunehmenden Kostendruck im Gesundheitswesen spielen moderne Wundbehandlungen eine immer größere Rolle. Eine besondere medizinische Herausforderung stellen schlecht heilende Hautverletzungen, beispielsweise bei chronischen oder großflächigen Wunden, dar. Auch bei den jährlich weltweit zu verzeichnenden mehr als sechs Millionen schweren Verbrennungen bedarf es geeigneter Verbände für einen umgehenden Wundverschluss. Damit können Infektionen, Flüssigkeits- und Elektrolytverlust entgegengewirkt und Schmerzen gelindert oder sogar Amputationen verhindert werden. Neben menschlichen und tierischen Hautlappen, die nur in sehr begrenztem Maße zur Verfügung stehen und erhöhte Infektionsrisiken bergen, kommen vor allem Gerüststrukturen aus synthetischen Polymeren zur Wundabdeckung zum Einsatz. Diese Materialien können jedoch nur temporär

Unsere künstlichen Elastinfasern zeigen eine Dehnbarkeit von mehr als 150 Prozent.

auf der Wunde verbleiben. Sie sind nicht so elastisch wie die unversehrte Haut, weshalb es zu Kontraktionen und Spannungen kommen kann. Das ist nicht nur unangenehm für den Patienten, sondern erhöht auch das Risiko einer beeinträchtigten Wundheilung.

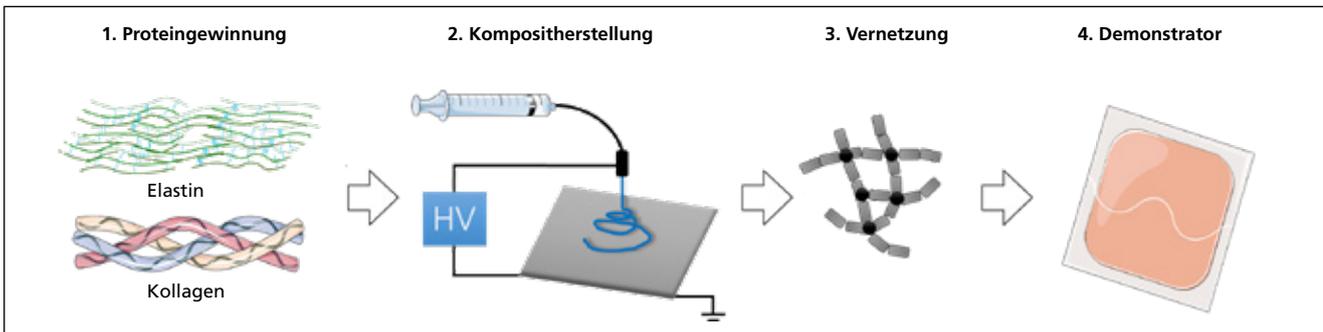
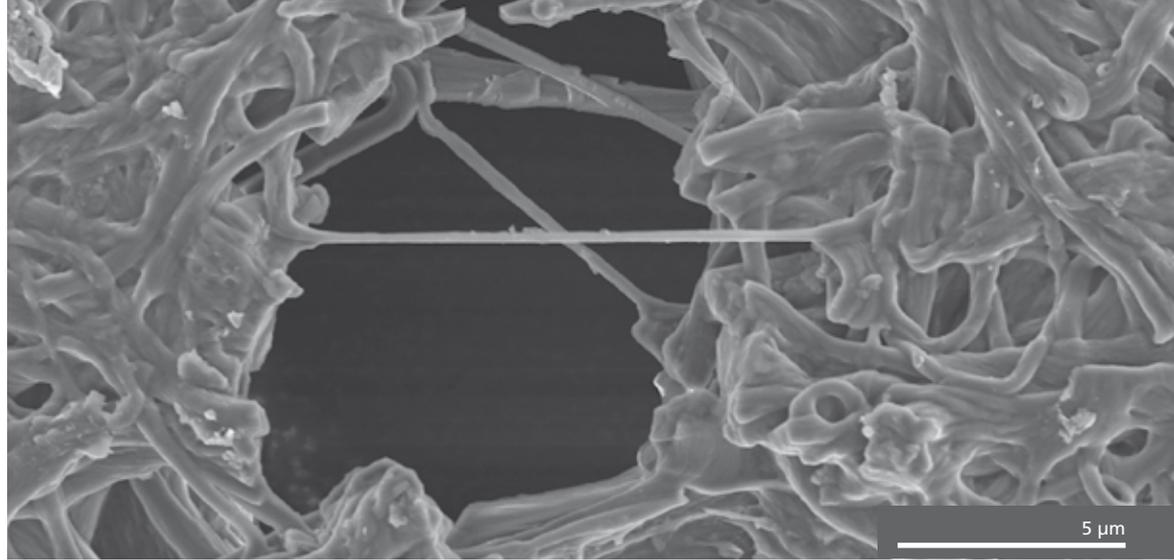
Hier setzt das auf fünf Jahre angelegte Projekt »SkinNext« an, das von der Fraunhofer-Gesellschaft im Rahmen des Programmes »Attract« gefördert wird. Unser Team entwickelt und erforscht am Fraunhofer IMWS neuartige Biomaterialien für dermale Anwendungen. Die Materialien müssen dabei so gestaltet sein, dass sie biologisch kompatibel, immunologisch verträglich und je nach Anwendungsgebiet eine entsprechende biologische und mechanische Stabilität besitzen. Inspiriert

werden unsere Materialien von Bestandteilen der unsere Zellen umgebenden Matrix. Insbesondere sind das die Faserproteine Elastin und Kollagen. Denn dass Haut, Lungen, Blutgefäße oder Knorpel zugleich so elastisch, robust und widerstandsfähig sind und die Belastungen eines ganzen Lebens bewältigen, ist in erster Linie dem Zusammenspiel dieser beiden Proteine zu verdanken: Fasern aus Kollagen weisen eine äußerst hohe Zugfestigkeit auf und verleihen auf diese Weise den Geweben mechanische Stabilität. Elastin besitzt die dazu komplementären Eigenschaften und ist als Hauptbestandteil elastischer Fasern für die Elastizität und Dehnungsfestigkeit vieler Gewebe verantwortlich. Neben ihren günstigen mechanischen Eigenschaften verfügen Elastinfasern als Materialien für die Wundheilung über weitere Vorteile: So können sie als »Opfersubstrate« dienen. Das heißt, sie binden im Wundsekret überschüssige Proteasen, also Enzyme, die Proteine neu entstehenden Gewebes abbauen und so der Wundheilung entgegenwirken können. Weiterhin ermöglichen sie die Ansiedlung der für den Heilungsprozess wesentlichen aufbauenden Zellen, den Fibroblasten, im Wundgrund. Zudem können sie bei entsprechender Porosität und Kapillaraktivität Exsudat, also meist entzündliche Absonderungen, und Zelltrümmer ansaugen.



Vorbild Natur: Gedehtes Elastin aus der Aorta – bei über 3,5 Mrd. Herzschlägen im Leben eines Menschen müssen Blutgefäße äußerst elastisch und langlebig sein.

Elektronenmikroskopische Aufnahme von elastischen Fasern der menschlichen Haut

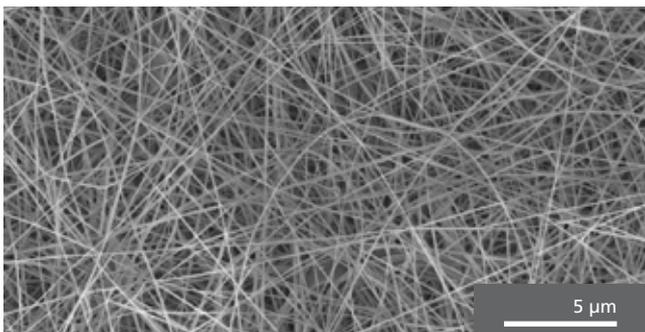


Prozesskette zur Herstellung von elastin- und kollagenbasierten Biomaterialien

Als Ausgangsstoffe für die Biomaterialien isolieren wir Proteine aus tierischen Geweben oder stellen sie gemeinsam mit Kollegen der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg biotechnologisch her. Alternativ verwenden wir synthetisierte Peptide, also kurzkettige Proteine, die wir nachträglich polymerisieren. Anschließend müssen diese Makromoleküle zunächst »in Form« gebracht werden. Dabei verarbeiten wir Kollagen und Elastin beispielsweise zu Hydrogelen und danach durch Entzug des Wassers zu offenporigen, porösen Schwämmen. Als ein weiteres geeignetes Verfahren, das sich zudem sehr gut skalieren lässt, setzen wir das Elektrosponnen ein. Damit lassen sich durch Behandlung in einem elektrischen Feld Komposite in Form von Nanofaservliesen herstellen.

Unabhängig vom verwendeten Herstellungsverfahren ist das Stabilisieren dieser Proteinschichten ein wichtiger Schritt. Denn einerseits sollen diese vom Körper später vollständig resorbier-

bar und somit biologisch abbaubar sein, andererseits müssen sie auch Enzymen und physikalischen Beanspruchungen eine Zeit lang widerstehen können. Zum Erreichen dieser Eigenschaften quervernetzen wir die Materialien. Hierfür setzen wir beispielsweise Enzyme der Familie der Lysyloxidasen ein, die auch im Körper für Quervernetzungen in Kollagen und Elastin verantwortlich sind. Auch die Verwendung unterschiedlicher chemischer Quervernetzer erlaubt die Beeinflussung der Materialeigenschaften hinsichtlich ihres späteren Anwendungszwecks. Experimentelle Untersuchungen an bisher von uns hergestellten Biomaterialien zeigen vielversprechende Ergebnisse. So konnten wir mittels hochauflösender Massenspektrometrie die Ausbildung typischer natürlicher Quervernetzungen wie Desmosin, einer speziellen Aminosäure, nachweisen und die Stabilität der Materialien gegenüber Enzymen von wenigen Sekunden hin zu mehreren Tagen ausdehnen. Auch die mechanischen Eigenschaften ähneln den natürlichen Konstrukten. Der aktuelle Forschungsschwerpunkt betrifft die Optimierung der Interaktionsfähigkeit mit verschiedenen für die Wundheilung relevanten Zelltypen.



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von elektrogewonnenen Nanofasern aus Elastin und Kollagen mit einem mittleren Durchmesser von 82 nm

Dr. Christian Schmelzer

Studium der Physikalischen Technik an der HS Merseburg,
 Promotion an der Uni Halle-Wittenberg,
 Postdoc am Technion (Israel), seit 2016 Leiter der Attract-Gruppe
 »SkinNext« am Fraunhofer IMWS
 christian.schmelzer@imws.fraunhofer.de
 +49 345 5589-116

DAMIT DER TROCKENE MUND NICHT ZUR PLAGE WIRD

Ein trockener Mund ist nicht nur unangenehm, sondern auch gefährlich für die Gesundheit. Die Skinomics GmbH und Forscher des Fraunhofer IMWS suchen gemeinsam nach Lösungen zur Prophylaxe und Therapie von Mundtrockenheit.

Betroffene mit trockenem Mund empfinden Schmerzen, was mit Geschmacks-, Ess- und Schlafstörungen sowie Mundgeruch einhergehen kann. Mundschleimhaut, Zahnfleisch und Zunge können sich entzünden. Wird dies chronisch, verkümmern die Schleimhäute, die Mundflora gerät aus dem Gleichgewicht und die Zähne nehmen Schaden. Die natürliche Wiedereinlagerung von Mineralien in die Zahnhart-

substanz und die Reparatur von kleinsten Schäden im Zahnschmelz funktionieren nicht mehr richtig, es kommt zu Karies bis hin zum Zahnverlust.

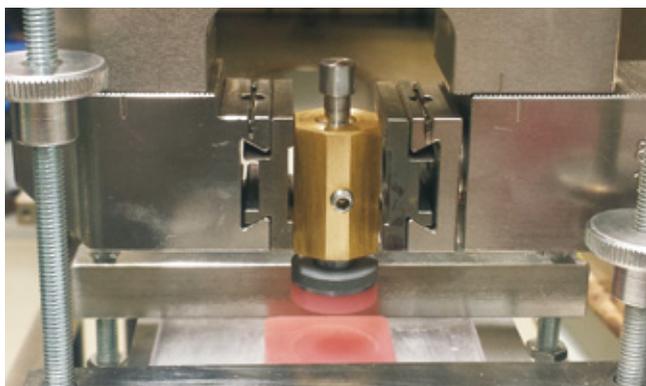
Vor allem ältere Menschen sind diesem Risiko ausgesetzt. Etwa ein Drittel aller über 65-Jährigen in Deutschland bildet Speichel nicht in der ausreichenden Menge oder richtigen Zusammensetzung. Doch Speichel hat für die Mundgesundheit eine zentrale Funktion: Er besteht zu mehr als 95 Prozent aus Wasser; wichtige Mineralien, Hormone und antimikrobielle Inhaltsstoffe sind darin gelöst. Der Körper reduziert mit steigendem Alter nicht von selbst die Speichelproduktion.

Ziel ist die Entwicklung von Formulierungen für die hauptsächlich im Alter auftretende Mundtrockenheit.

Wenn aber mehrere Medikamente zugleich eingenommen werden, kann ein trockener Mund als Nebenwirkung die Folge sein. Auch alterstypische Krankheiten wie Diabetes mellitus oder das Rauchen beziehungsweise hoher Koffeinkonsum beeinträchtigen die Speichelbildung. Die Skinomics GmbH arbeitet an einem Gel, das eine innovative Kombination von Wirksubstanzen mit hoher Wasserbindungskapazität und Stabilität verbinden soll. Die Basis sind wasserbindende Aminosäuren sowie pflanzliche Extrakte. Damit die Wirksubstanzen gut an und in die Mundschleimhaut gelangen, wird dieses

Gemisch mit verschiedenen Mikroemulsionen kombiniert, die eine »Transporterfunktion« für die Wirkstoffe übernehmen. Am Fraun-

hofer IMWS werden die Gele materialwissenschaftlich charakterisiert. Eine besondere Herausforderung bei der Entwicklung ist eine ausreichende Verweildauer des Gemisches im Mund. Auch die Wirksamkeit von anorganischen Inhaltsstoffen auf die Remineralisierung des Zahnschmelzes, die Verträglichkeit der eingesetzten Stoffe und viele weitere Fragen werden im Rahmen des bis 2018 laufenden Projekts untersucht. Es wird angestrebt, die Ergebnisse als eine Plattformlösung zu nutzen, die auch für weitere Anwendungsformen und -indikationen geeignet ist.



Versuchsaufbau zur Bestimmung der Haftfestigkeiten von Formulierungen nach DIN EN ISO 10873

Dr.-Ing. Sandra Sarembe

Studium der Materialwissenschaften an der Uni Halle-Wittenberg, seit 2007 am Fraunhofer IMWS tätig, Gruppe »Charakterisierung medizinischer und kosmetischer Pflegeprodukte«

sandra.sarembe@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-256

Dr.-Ing. Andreas Kiesow

Studium der Mikrosystemtechnik an der TU Chemnitz, seit 1999 am Fraunhofer IMWS tätig, seit 2009 Gruppenleiter »Charakterisierung medizinischer und kosmetischer Pflegeprodukte«

andreas.kiesow@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-118

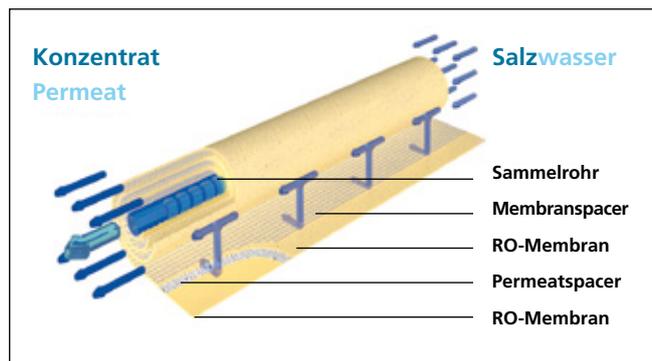
ANTIHAFT-OBERFLÄCHEN FÜR EINE OPTIMIERTE FILTERLEISTUNG

Um die Filtrationsleistung und Lebensdauer von Membranmodulen zur Trinkwasserherstellung zu verbessern, werden Membranspacer mit Antihaf-Beschichtungen ausgestattet, die die Ablagerung von Sedimenten und Mikroorganismen reduzieren.

Sauberes Trinkwasser ist ein kostbares Gut, das aufgrund fehlender Süßwasserquellen nicht in allen Ländern der Erde ausreichend verfügbar ist. Eine energieeffiziente Methode, um aus Salz- oder Brackwasser verwendbares Trinkwasser zu gewinnen, ist die Membranfiltration im Umkehrosmoseverfahren. Dafür werden halbdurchlässige Keramik- oder Polymermembranen verwendet. Durch sie wird Wasser hindurchgepresst, um das gelöste Salz vom Wasser zu trennen. Ein wesentliches Element in diesen Reversosmose-Modulen, in denen eine Vielzahl von Membranen übereinander angeordnet werden, sind die Membranspacer. Sie fungieren als Abstandhalter zwischen den Membranen. Die Ablagerung löslicher Schwebstoffe, Salzkristalle und Mikroorganismen auf Membranen und Membranspacern, das Biofouling, beeinträchtigt die Filtrationsleistung stark.

Um dem entgegenzuwirken, werden am Fraunhofer IMWS in Zusammenarbeit mit der IAB Ionenaustauscher Bitterfeld GmbH (LANXESS AG) Beschichtungen für die Membranspacer zur Reduzierung des Biofouling entwickelt. Dadurch wird es weniger Wartungszyklen, Materialschäden und -verschleiß der Module geben, was einen wesentlich energiesparenderen und kostengünstigeren Betrieb der Membranmodule ermöglicht. Unter Anwendung plasma- und nasschemischer Technologien werden hydrophile und ladungsneutrale Polymere auf die Oberfläche der Membranspacer aufgebracht. Durch diese bildet sich eine hydrogelartige Barrierschicht aus, auf der Makromoleküle und Mikroorganismen nur schwer haften bleiben. Man spricht vom Antifouling-Effekt. Die Beschichtungen werden materialwissenschaftlich untersucht und das Beschichtungsverfahren parallel optimiert. Nachdem auf

Mit verringertem Biofouling wird es bis zu 80 Prozent weniger Wartungszyklen, Materialschäden und -verschleiß der Module geben.



Reverseosmose-Modul: Salzwasser wird durch ein Druckverfahren durch Polyamid-Membranen und Membran-Spacer gedrückt, um durch Umkehrosmose Trinkwasser zu erhalten.

anwendungsnahen Prüfbauten die Anfälligkeit für Biofouling getestet wurde, erfolgt die technische Umsetzung der entwickelten Beschichtungstechnologien in Zusammenarbeit mit der IAB. Ihr obliegt die Konzeption im industriellen Maßstab am Produktionsstandort Bitterfeld.

Da das nicht haftende Wirkprinzip dieser Beschichtungen unspezifisch ist, kann es auf andere Materialien im Kontakt mit einem wässrigen Medium übertragen werden. Potenziell sind die Beschichtungsverfahren auch auf andere polymerbasierte Materialien anwendbar.

Dr.-Ing. Ulrike Hirsch

Studium der Werkstoffwissenschaften und Promotion an der Uni Halle-Wittenberg, seit 2009 am Fraunhofer IMWS

ulrike.hirsch@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-296

Magdalena Jabłonska

Studium des Chemieingenieurwesens an der FHS Münster und der TU Krakow, seit 2014 am Fraunhofer IMWS

magdalena.jablonska@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-187

NATURSTOFFKOMPOSITE IM BELASTUNGSTEST

Holz-Polymer-Komposite werden in Kurz- und Langzeitversuchen im Labor sowie im Außenfeld untersucht. Spezielle Modellansätze sollen das dabei gezeigte Werkstoffverhalten abbilden. Ziel ist die Entwicklung eines Berechnungskonzeptes zur sicheren Bewertung von Konstruktionen aus Naturstoffkompositen.

Holz-Polymer-Komposite, also Mischungen aus Holzfasern oder -mehlen mit einer polymeren Matrix, bestehen bei entsprechendem Füllgrad zu großen Teilen aus nachwachsenden Rohstoffen. Wird beispielsweise Polyethylen aus Bioethanol als Matrix verwendet, sind sie sogar nahezu vollständig biogen. Bisher wird der Werkstoff vor allem für Terrassen und Fassaden genutzt, ist aber auch für Verkleidungen im Automobilbau sowie als Gehäuseteil von Geräten und Werkzeugen im Einsatz. Die hohe Steifigkeit und Witterungsbeständigkeit machen diese Komposite jedoch auch zu einem alternativen Konstruktionswerkstoff für tragende Teile.

Sollen diese sicher ausgelegt werden, benötigt man die entsprechenden Bemessungsgrundlagen.

Am Fraunhofer IMWS wird durch Kurzzeitversuche im Labor und Langzeitversuche im Außenfeld die Datenbasis

für ein entsprechendes Berechnungsmodell geschaffen. Eine spezielle Kombination aus Modellansätzen im Hinblick auf Viskoelastizität und Bruchmechanik soll das Verhalten des Werkstoffs über die gesamte Zeit ihres Einsatzes abbilden.

Gelingt dies, können verschiedene Einsatzfälle von Bauteilen simuliert statt durch Versuche dargestellt werden.

Im Projekt wird auf eine viskoelastische Beschreibung beschleunigter Kriechversuche gesetzt, bei denen die Komposite ruhend belastet sind. Diese werden durch großformatige Biegeversuche an Halbzeugen unterstützt. Dabei wird auch der Einfluss verschiedener Auflagergeometrien untersucht. Parallele Langzeitkriechversuche im Freifeld mit üblichen Begehungslasten sollen das Werkstoffmodell auf seine Richtigkeit hin prüfen. Die Schädigungen von Bauteilen durch Risswachs-

Biobasierte Komposite sind hinsichtlich der nachhaltigen Ressourcennutzung eine zentrale Zukunftstechnologie.



Langzeitkriechversuche im Freifeld mit Begehungslasten

tum werden bruchmechanisch abgebildet. Hierfür wurde eigens ein spezieller Rondentest mit Rissdetektion entwickelt. Für einfache Elemente wie Balken, Rohre und Pfosten lässt sich so ein Bemessungskonzept auf Basis des Eurocodes 0 entwickeln,

mit dem Planer Konstruktionen wie Treppen, Podeste oder Gerüste sicher berechnen können. Die Ergebnisse erlauben, zusammen mit dem Projektpartner NOVO-TECH GmbH & Co. KG in Aschersleben neue Anwendungsbereiche für

diese Werkstoffklasse zu erschließen. So kann das Potenzial dieser Naturstoffkomposite im Rahmen der Bio-Ökonomie-Initiative der Bundesregierung aufgezeigt werden.

Dr.-Ing. Thomas Hanke

Studium der Ingenieurwissenschaften an der Uni Halle-Wittenberg, Promotion im Bereich Werkstoffmechanik, seit 2007 am Fraunhofer IMWS, Gruppe »Naturstoffkomposite«

thomas.hanke@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-257

STOFFSTROMANALYSE UND ÖKOBILANZ VON NATURSTOFFKOMPOSITEN

Mit Stoff- und Energiestrommodellen können technologische Prozessketten bewertet, Optimierungspotenziale aufgespürt und Veränderungen vorab auf ihre Auswirkungen hin geprüft werden. Eine Praxisanwendung verdeutlichte so das große Potenzial eines biobasierten Bindemittels.

Die Bioökonomie und ihr Innovationspotenzial für eine nachhaltige Ressourcenwirtschaft sowie die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Prozesse sind zentrale Themen einer künftigen Hightech-Strategie. Inwieweit die Biologisierung der Industrie sowohl aus ökonomischen als auch ökologischen Gesichtspunkten vorteilhaft ist, hängt von zahlreichen Faktoren ab und bedarf einer ganzheitlichen und kritischen Betrachtungsweise. Dabei stellen Energie- und Stoffstrommodelle eine geeignete Methode dar, um Prozessketten zu bewerten und Optimierungspotenziale zu identifizieren. Außerdem können technologische Innovationen und Materialsubstitutionen mit konventionellen Referenzprozessen verglichen werden. Für die ökologische

Stoff- und Energiestromanalysen machen Nachhaltigkeit messbar.



Laminat aus Birkenrindenschichten und Trägerplatte

Bewertung wird die Methode der Ökobilanzierung eingesetzt. Hier werden Stoff- und Energieströme mit den damit verbundenen Umweltwirkungen wie Ressourcenentnahmen und Emissionen bilanziert. Ebenso wird eine produktbezogene Umweltwirkungsabschätzung anhand ausgewählter Kategorien durchgeführt. Klimawandel, Versauerung oder Humantoxizität sind Beispiele für derartige Kategorien.

Die Firma betula manus in Münster spricht mit ihren Birkenrindenprodukten eine an Gesundheit und Nachhaltigkeit orientierte Zielgruppe an. Im Rahmen eines Wissenstransfers wurde die zu erweiternde Produktionsanlage in einem Stoffstrommodell untersucht und dabei Schlüsselgrößen

zur Optimierung der Prozesskette identifiziert. Dabei zeigte sich, dass die ursprünglich als kritisch eingeschätzten, langen Transportwege einen geringeren Einfluss

auf die Umweltwirkung des Produktes haben als die Wahl des Bindemittels und die Herkunft des Stromes für die Produktionsprozesse.

Der Einsatz eines 2-K-Epoxidharzes auf Basis nachwachsender Rohstoffe stellt somit den größten Hebel zur Senkung der Umweltwirkung in der gesamten Wertschöpfungskette dar. Längere Abbindezeiten und höhere Materialkosten lassen sich dabei durch andere Maßnahmen kompensieren, um ein marktfähiges Produkt zu erhalten. Eine technologisch bedingte Reduktion des Bindemittelbedarfs kann genauso zur Nachhaltigkeit beitragen wie die Reduktion des Gebäudeenergiebedarfs und der Einsatz erneuerbarer Energien.

Norman Klüber

Architekturstudium an der Bauhaus-Universität Weimar,

Forscherguppe »Green Efficient Building«,

seit 2012 am Fraunhofer IMWS

norman.klueber@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-249



WIR FORSCHEN FÜR EINE LEUCHTENDE ZUKUNFT

Interview mit Geschäftsfeldleiter Prof. Dr. Stefan Schweizer

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2017 mit Blick auf das Geschäftsfeld?

Wir suchen immer wieder nach neuen Herausforderungen. Das Forschungsprojekt »HipE« gibt uns die Möglichkeit, in Zusammenarbeit mit der HELLA GmbH & Co. KGaA einen neuen Forschungsbereich auszubauen. Gemeinsam entwickeln wir hochinnovative pixelierte Leuchtstoffe für laserbasierte Emissionen im Scheinwerfer – eine Entwicklung, die mehr Sicherheit im Straßenverkehr ermöglicht. Wir freuen uns, Teil der Entwicklung sein zu dürfen.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an?

Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Leuchtstoffe und Leuchtstoffsysteme stehen bei uns im Mittelpunkt, insbesondere ihre Effizienz, Zuverlässigkeit und Farbstabilität. Unsere Projektpartner unterstützen wir umfassend mit optischen und spektroskopischen Analysen sowie thermischen und photometrischen Bewertungen. Dabei bietet das Fraunhofer-Anwendungszentrum in Soest ein offenes Service-Angebot. Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit und die Zukunft der Licht- und Beleuchtungsindustrie, aber auch thematisch verwandter Bereiche zu unterstützen.

Im Jahr 2017 feierten wir das Jubiläum »25 Jahre Fraunhofer in Halle«. Was verbinden Sie damit?

Ein wichtiger Schlüssel zum Erfolg ist aus meiner Sicht die Kooperation des Fraunhofer IMWS mit Universitäten und Hochschulen. Fraunhofer kann sich so in enger Zusammenarbeit den wissenschaftlich-technischen Nachwuchs ausbilden, den es zur Bearbeitung der Projekte dringend benötigt. Von der Zusammenarbeit profitieren beide Seiten.

Fraunhofer kann auf hochmotivierte Studierende zurückgreifen, umgekehrt können die Studierenden an anwendungsrelevanten und aktuellen Themen forschen. Sie lernen zudem Fraunhofer als attraktiven Arbeitgeber kennen.

Unser Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit der Licht- und Beleuchtungsindustrie zu unterstützen.

Welche Aktivitäten stehen 2018 an?

Optische und spektroskopische Analysen sowie thermische und photometrische Bewertungen werden auch 2018 eine wichtige Rolle in unserem Portfolio spielen. Bei der Entwicklung und Herstellung von lumineszierenden Glasoptiken werden wir uns verstärkt um deren Formgebung kümmern. Die entwickelten Leuchtstoffe sollen zudem nicht nur zur Lichtkonversion eingesetzt, sondern durch Strukturierung weiter funktionalisiert werden. Bei der Bewertung von Leuchtstoffen spielt sowohl die lichttechnische als auch die thermische Bewertung eine wichtige Rolle. Neben dem Experiment wird die Simulation einen immer stärker werdenden Anteil der Forschung einnehmen.

Prof. Dr. Stefan Schweizer

Physikstudium an der Universität Gießen, Promotion und Habilitation an der Universität Paderborn, Professor an der Fachhochschule Südwestfalen, seit 2007 bei Fraunhofer, seit 2013 Leiter des Fraunhofer-Anwendungszentrums Soest

stefan.schweizer@imws.fraunhofer.de

+49 2921 378-3410

PIXELIERTE LEUCHTSTOFFE FÜR AUTOMOBILSCHEINWERFER

Leuchtstoffe, die für den Einsatz in weißen LEDs entwickelt wurden, können neben einer Lichtwandlung noch weitere Funktionen erfüllen. Das Fraunhofer-Anwendungszentrum schreibt mit einem fokussierten Laserstrahl Strukturen in die Oberfläche des Leuchtstoffes und passt sie so für den Einsatz in hochauflösenden optischen Systemen an.

Der Einsatz von LEDs anstelle klassischer Leuchtmittel hat neue Funktionen von Licht erschlossen. In der Automobilbeleuchtung kann die Lichtverteilung des Frontscheinwerfers den unterschiedlichen Situationen im Straßenverkehr angepasst und so die Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmer erhöht werden. Bekannte Beispiele sind das Kurvenfahrlicht und das blendfreie Fernlicht. Mögliche komplexere Anwendungen sind die gezielte Beleuchtung von Verkehrsschildern oder Gefahrenstellen. Hierfür sind jedoch hochauflösende und auf einem

Die Strukturierung von Leuchtstoffen eröffnet verbesserte Einsatzmöglichkeiten.

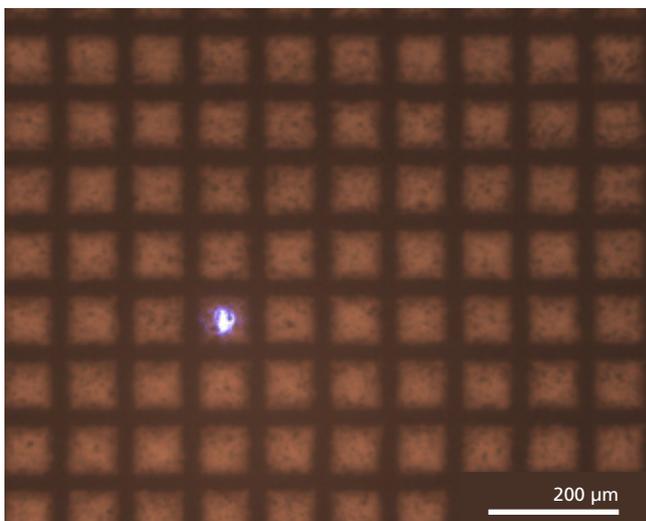
regelmäßigen Muster basierende Systeme notwendig. Ein blauer Laser rastert dabei die einzelnen Pixel des Musters eines gelb-emittierenden Leuchtstoff-Feldes ab. Die Verteilung des so erzeugten weißen Lichts kann dadurch vielfältig angepasst werden.

Für hochauflösende Systeme sind Pixel mit einer Größe von wenigen Mikrometern notwendig. Ein wichtiger Parameter ist das Verhältnis von Strukturbreite zu Strukturtiefe. Für eine hohe Lichtkonversion ist ein sehr schmaler, mit dem

Laserstrahl erzeugter Graben, der sich als Raster darstellt, notwendig. Für eine hohe Auflösung ist eine deutliche Trennung der Pixel voneinander

wichtig. Die Grabenbreite und -tiefe bestimmen, wie viel Licht von einem Pixel auf den anderen überstrahlt.

Das Fraunhofer-Anwendungszentrum optimiert die Leuchtstoffe für ihren Einsatz im Automobilscheinwerfer. Dies umfasst unter anderem das Schreiben von Strukturen in die Oberfläche der Leuchtstoffe mittels eines fokussierten Laserstrahls, die sogenannte Strukturierung, sowie die Analyse der Wärmeausbreitung innerhalb der Leuchtstoffe. Für die Strukturierung unterschiedlichster Materialien und Strukturgrößen stehen am Fraunhofer-Anwendungszentrum verschiedene Ultrakurzpuls-Laser zur Verfügung.



Lichtmikroskopische Aufnahme eines strukturierten Leuchtstoffs unter pixelgenauer Anregung mit einem blauen Laser. Die Pixelgröße beträgt $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$.

Dr. Franziska Steudel

Physikstudium und Promotion an der Uni Halle-Wittenberg, seit 2010 bei Fraunhofer, seit 2014 am Fraunhofer-Anwendungszentrum Soest, Teamleiterin »Leuchtstoffdesign«

franziska.steudel@imws.fraunhofer.de

+49 2921 378-3557

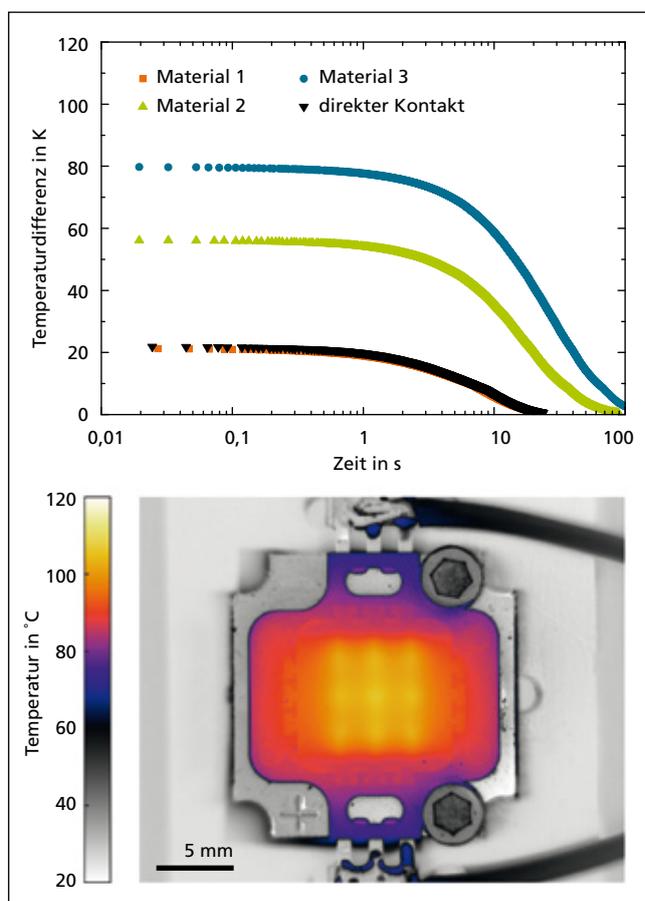
THERMISCHE BEWERTUNG VON LED-MODULEN

Für den zuverlässigen Betrieb einer LED ist ein effizientes Wärmemanagement von entscheidender Bedeutung. Neben der Effizienz der LED, dem Betriebsstrom sowie der Umgebungstemperatur spielt die Anbindung des LED-Moduls an den Kühlkörper eine wichtige Rolle.

Weißer Leuchtdioden ersetzen in vielen Gebieten zunehmend klassische Leuchtmittel. Sie überzeugen mit hoher Effizienz, guter Farbwiedergabe, langer Lebensdauer und hoher Leistungsdichte. Trotz hoher Effizienz wird in einer LED nach wie vor ein

Teil der zugeführten elektrischen Leistung nicht in Licht, sondern in Wärme umgewandelt. Falls diese nicht ausreichend abgeführt wird, kommt es zu einer starken Erwärmung der LED. Hierdurch verkürzt sich nicht nur ihre Lebensdauer, sondern es tritt auch eine Veränderung des Farbeindrucks hin zu einer unerwünscht blassen Farbwiedergabe auf. Ein Ausfall der LED bedeutet oft auch den Ausfall der kompletten Leuchte, da die LED mit dieser in vielen Fällen fest verbunden ist.

Ein gutes Wärmemanagement beginnt im Halbleiter und endet beim Einbau der Leuchte. Eine entscheidende Schnittstelle auf dem Wärmepfad ist die Verbindung zwischen LED-Modul und Kühlkörper. Als Kühlkörper kann in diesem Sinne jedes Bauelement verstanden werden, welches das LED-Modul mit der Umgebung verbindet und so Wärme ableitet. Zur Herstellung dieses thermischen Kontakts werden unterschiedliche Zwischenschichten aus verschiedenen Materialien eingesetzt. Der Einfluss dieser verschiedenen Materialien auf den Wärmekontakt wurde mit dem am Fraunhofer-Anwendungszentrum vorhandenen Thermographiesystem genau untersucht. Die Materialien wurden hierzu zwischen ein LED-Modul und einen temperaturstabilisierten Kühlkörper gebracht. Nun wurde die LED betrieben, bis sich eine konstante Temperaturverteilung einstellte. Die maximale Gleichgewichtstemperatur ist umso höher, je schlechter der Wärmekontakt und damit die Wärmeableitung ist. Anschließend wurde das LED-Modul ausgeschaltet und das zeitliche Abkühlverhalten beobachtet. Je nach Qualität des Wärmekontakts geschieht das Abkühlen unterschiedlich schnell: Je besser der Wärmekontakt, desto schneller die Abkühlung.



Oben: Abkühlverhalten der unten gezeigten LED bei Verwendung verschiedener Materialien zwischen Wärmesenke und LED-Modul
Unten: Thermografieaufnahme der untersuchten LED

Dr. Peter W. Nolte

Physikstudium an der Universität Paderborn,
Promotion an der Uni Halle-Wittenberg,
seit 2014 am Fraunhofer-Anwendungszentrum Soest,
Teamleiter »Zuverlässigkeit von Leuchtstoffen«
peter.nolte@imws.fraunhofer.de
+49 2921 378-3555



WIR ENTWICKELN KONZEPTE FÜR EINE NACHHALTIGE INDUSTRIEGESELLSCHAFT

Interview mit Gründungsdirektor Prof. Dr. Ulrich Blum

Was war Ihr persönliches Highlight im Jahr 2017 mit Blick auf das CEM?

Das CEM, eine Gründung des Fraunhofer IMWS und der Universität Halle, hat nach einer intensiven Vorlaufphase im Sommer seine Arbeit aufgenommen und bereits wichtige Erfolge erzielt. Besonders hat mich gefreut, dass der Begriff »Total Design Management«, neben dem Blick auf die globalen Wertschöpfungsketten das zweite tragende Element unserer Arbeit, als europäische Handelsmarke registriert wurde. Auch der Auftrag, als ökonomische Gutachter im bedeutsamsten Kartellverfahren der jüngeren Zeit agieren zu können, war für uns ein Highlight. In dem Verfahren rund um Preisabsprachen von Lkw-Herstellern beraten wir die Seite der geschädigten Lkw-Besitzer.

Welche Branchen und Märkte sprechen Sie an? Wie können Ihre Kunden von einer Zusammenarbeit profitieren?

Das Center für Ökonomik der Werkstoffe verbindet ökonomische und werkstoffwissenschaftliche Exzellenz, um innovative, interdisziplinäre Lösungen für die drängendsten Fragen einer zukunftsfähigen Industriegesellschaft zu entwickeln. Wir helfen mit, ökonomisch und ökologisch nachhaltige Strukturen zu schaffen. Unser Angebot richtet sich vor allem an Unternehmen der Grundstoffindustrie, aber auch der chemischen Industrie, der Energiewirtschaft und der Kreislaufwirtschaft. Dabei nehmen wir alle Aktivitäten, die mit innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Wertschöpfungsketten verbunden sind, in den Blick. Diese einmalige Kombination aus werkstofftechnologischer und techno-ökonomischer Expertise bieten wir auch Auftraggebern aus der Politik an, beispielsweise auf dem Gebiet der Technologie- und Regulierungsfolgenabschätzung.

Im Jahr 2017 feierten wir das Jubiläum »25 Jahre Fraunhofer in Halle«. Was verbinden Sie damit?

Das Fraunhofer-Institut in Halle hat sich als Technologie-Pool mit hoher regionaler Relevanz etabliert, der zugleich über nationale und internationale Ausstrahlung verfügt. Wir freuen uns, dass wir als CEM nun ebenfalls dazu beitragen können. Unser Portfolio zur digitalisierten Werkstoffökonomik fügt eine wichtige Facette zum Know-how in Halle hinzu und passt ideal zum Anspruch des Fraunhofer IMWS, seinen Kunden zukunftsfähige, passgenaue Lösungen und ein großes Netzwerk mit exzellenter Expertise anbieten zu können.

Welche Aktivitäten stehen 2018 an?

Mit unserem Einzug in die neuen Räumlichkeiten am Friedemann-Bach-Platz in Halle wird das CEM auch physisch Gestalt annehmen. Für unsere beiden Bereiche »Total Design Management« und »Global Value Chains« wollen wir die internationale Sichtbarkeit des CEM weiter erhöhen, wobei der Fokus insbesondere auf China liegt. In vielfältigen Projekten werden wir die Entwicklung zukunftsfähiger strukturpolitischer Konzepte für eine nachhaltige Industriegesellschaft unterstützen.

Prof. Dr. Ulrich Blum

Studium des Wirtschaftsingenieurwesens, Promotion und Habilitation an der TH Karlsruhe, seit 2004 Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung an der Uni Halle-Wittenberg, 2017 Gründungsdirektor des Centers für Ökonomik der Werkstoffe

ulrich.blum@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-8110

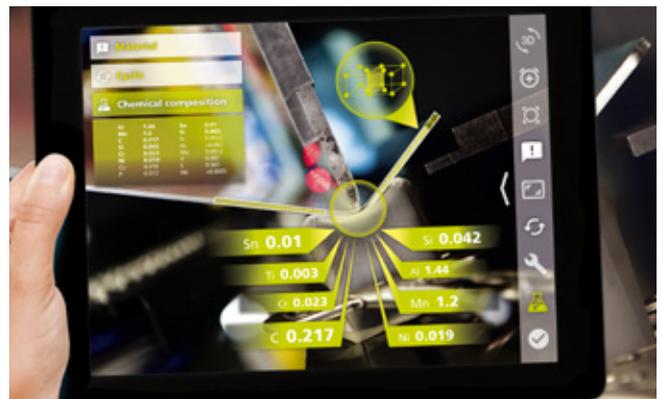
WERKSTOFFE UND STOFFFLÜSSE WERDEN INDUSTRIE-4.0-FÄHIG

Die durchgehende Digitalisierung von Werkstoffen über den gesamten Lebenszyklus liefert im Zusammenhang mit Industrie 4.0 die Basis für die Steigerung der Materialeffizienz, für neue Geschäftsmodelle und die ökonomisch-ökologische Optimierung von Wertschöpfungsketten.

Das CEM forscht zu ökonomischen Aspekten moderner Werkstoffe, um unternehmerische ebenso wie wirtschaftspolitische Strategien zu entwickeln. Es greift dabei auch Fragen des Fraunhofer-Verbunds MATERIALS auf, insbesondere das Konzept des Materials Data Space® (MDS). Im Kontext von Industrie 4.0 sollen Materialien, Werkstoffe und Bauteile entlang der Wertschöpfungskette digitalisiert »bearbeitet« werden. Das heißt: Über den gesamten Lebenszyklus von der Materialentwicklung bis zum Recycling läuft ein »digitaler Zwilling« mit. Er ermöglicht Zugriff und Austausch von Materialdaten und -modellen. So werden Werkstoffe in eine durchgängig digitalisierte Produktionskette eingebunden. Handlungsräume für Innovationen und neue Geschäftsmodelle öffnen sich:

- Neue Werkstoffe lassen sich für spezielle Zieleigenschaften durch Simulation der dazu nötigen Mikrostruktur deutlich effizienter entwickeln.
- In Kombination mit flexiblen, lernenden Fertigungsanlagen erreicht man trotz variierender Rohstoffqualität oder kleiner Losgrößen zuverlässigere Bauteilfunktionalitäten und -qualitäten.
- Durch den Mehrwert, den die Digitalisierung von Werkstoffen über die gesamte Wertschöpfungskette beziehungsweise Lebensdauer erzeugen kann, wird auch seine digitale Repräsentation Gegenstand von Geschäftsmodellen.
- Das beschleunigt beim Kunden die Einführung neuer Werkstoffe mit neuen Funktionen und besserer Weiterverarbeitung und ermöglicht eine Weiternutzung oder intelligentes Recycling.
- Der Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette, einschließlich der Umweltaspekte gestattet eine strategische gesamtwirtschaftliche Sicht und damit verbunden wirtschaftspolitische Beratung.

Neben der Arbeit der Geschäftsstelle des MDS wird in Vorlaufprojekten mit Wirtschaftsvertretern, den Bundesministerien



Ein digitaler Zwilling des Werkstoffs steht entlang der Wertschöpfungskette zur Verfügung.

BMBF und BMWi, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Land Sachsen-Anhalt die Umsetzung in Praxisbeispiele vorbereitet. Ein weiteres Projekt befasst sich mit damit verbundenen Normungs- und Standardisierungsaspekten. Internationale Kooperationen ergeben sich aus Institutspartnerschaften. Unter dem Aspekt eines durchgehenden digitalen Werkstoffdesigns über Produkte bis zur Verwertung wurde am CEM das »Total Design Managements®« entwickelt. Es erlaubt, simultan ökonomische Effizienz und ökologische Nachhaltigkeit zu verbinden.

Prof. Dr. Ulrich Blum

Studium des Wirtschaftsingenieurwesens, Promotion und Habilitation an der TH Karlsruhe, seit 2004 Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung an der Uni Halle-Wittenberg, 2017 Gründungsdirektor des Centers für Ökonomik der Werkstoffe
ulrich.blum@imws.fraunhofer.de
 +49 345 5589-8110

Prof. Dr. Manfred Füting

Studium der Physik und Glaschemie in Halle und Jena, Promotion für Angewandte Physik an der jetzigen Bauhaus-Universität Weimar, bei Fraunhofer seit 1992, 2017 Gründungsdirektor des Centers für Ökonomik der Werkstoffe
manfred.fueiting@imws.fraunhofer.de
 +49 345 5589-120

KOHLENSTOFF-KREISLAUF-WIRTSCHAFT FÜR EINEN NACHHALTIGEN STRUKTURWANDEL

Ziel der zu entwickelnden Kohlenstoffkreislaufwirtschaft ist die Einführung innovativer energie- wie materialeffizienter Verfahren und Prozesse durch ökonomische Verwertung regionaler Kohlenstoffquellen von Braunkohle bis zu Kunststoffabfällen.

Die Kohlenstoffkreislaufwirtschaft liefert die Grundlage für die Transformation der chemischen Industrie hin zur CO₂-neutralen Wertschöpfung. Aktuell weist die deutsche chemische Industrie einen Bedarf von jährlich mehr als 25 Millionen Tonnen Kohlenstoff vor allem für Massenprodukte wie Kunststoffe, organische Chemikalien und Reduktionsmittel auf. Dieser Kohlenstoffbedarf wird hauptsächlich aus importiertem Erdöl und Erdgas gedeckt. Dies wird zukünftig aus klimapolitischen Gründen nicht mehr möglich sein. Es bedarf also nachhaltiger Kohlenstoffquellen und damit einer innovativen Ressourcenlogistik, neuer Fertigungs- und Produktionsprozesse sowie effizienter Rückführungssysteme und damit eines nachhaltigen Produktdesigns. Letztlich erfolgt eine Umstellung der klassischen Petro- auf eine nachhaltige und kreislaufgeführte Synthesegas-Chemie. Der dazu benötigte Wasserstoff wird, wie im HYPOS-Projekt geplant, zukünftig auch strombasiert mit Grobblektrolysen hergestellt und in Großkavernen gespeichert.

Die Kohlenstoffkreislaufwirtschaft kann den Strukturwandel in den Braunkohlenregionen beschäftigungsfreundlich gestalten.

Um eine kreislaufgeführte Synthesegas-Chemie auf der Basis organischer Reststoffe wie Kunststoffabfall, Klärschlamm und Biomasse zu organisieren, braucht es auf absehbare Zeit eine stabile Kohlenstoffpunktquelle. Hier bietet sich wieder die heimische Braunkohle an. Etablierte Produktions- und Verarbeitungsprozesse aus der zunehmend anderweitig ersetzten Braunkohleverstromung werden mit technologisch innovativen chemischen Verfahren kombiniert und damit vollständig in das digitalisierte Wertschöpfungssystem des Materials Data Space der Fraunhofer-Gesellschaft abgebildet. Die Umsetzung des Konzeptes in den ostdeutschen Braunkohleregionen schafft

eine Basis für einen nachhaltigen Strukturwandel. Mit der neuen Wertschöpfung der Kohlenstoffkreislaufwirtschaft werden technologische Innovationen ebenso wie eine wirtschaftliche Stabilisierung des insgesamt zurückgehenden Kohleabbaus erreicht. Volkswirtschaftlich positive Effekte ergeben sich durch die aktive Gestaltung des Strukturwandels, durch die Etablierung von stabilen neuen Clusterstrukturen und den Aufbau zukunftsfähiger Arbeitsplätze.



Schema der Kohlenstoffkreislaufwirtschaft

PD Dr. Christian Growitsch

Diplom-Ökonom und Promotion an der Universität Lüneburg, Habilitation an der Uni Halle-Wittenberg, Direktor Anwendungsforschung an der EWI Köln und Direktor HWWI Hamburg, seit 2017 Direktor des Centers für Ökonomik der Werkstoffe
christian.growitsch@imws.fraunhofer.de

+49 345 5589-8130

Prof. Dr. Bernd Meyer

Verfahrenstechniker Leuna/Merseburg, Freiberg, Direktor am Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen der TU Bergakademie Freiberg, seit 2017 für das Fraunhofer IMWS tätig

bernd.meyer@imws.fraunhofer.de

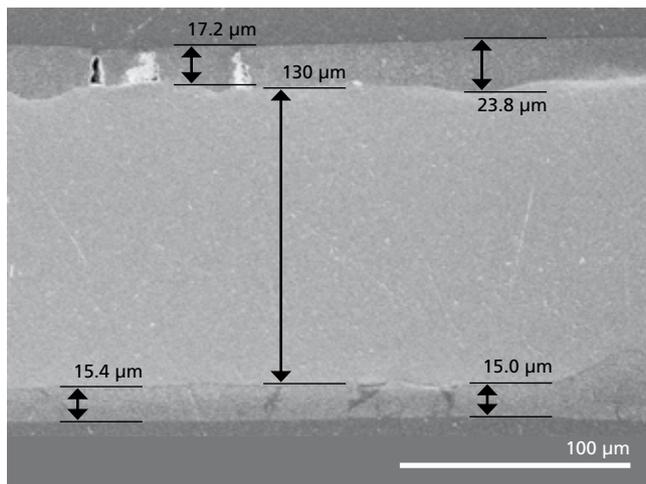
+49 3731 39-4511

MEMBRAN-ELEKTRODEN-EINHEITEN IM VERGLEICH

Der mikrostrukturelle Vergleich identisch hergestellter Membran-Elektroden-Einheiten für unterschiedliche Austauschmembran-Technologien hat gezeigt, dass die Decal-Methode für mechanisch verstärkte Anionen-Austauschmembranen nicht geeignet ist.

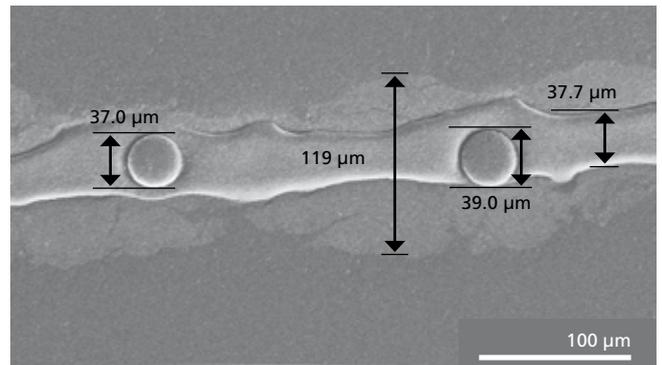
Wasserstoff besitzt als chemischer Energiespeicher ein sehr großes Potenzial hinsichtlich der erneuerbaren Energien. Elektrolyseure sind derzeit wichtige Schlüsseltechnologien, mit denen Wasserstoff erzeugt wird. Dieser kann bei Bedarf sehr schnell in elektrische, mechanische oder thermische Energie umgewandelt oder auch als Rohstoff in der chemischen Industrie verwendet werden. Sehr bekannt ist bei der Elektrolyse der Bereich der Protonenaustauschmembran-Technologie (PEM, engl. proton

exchange membrane), deren Herzstück eine protonenleitende (H⁺)-Membran darstellt. Diese Membran ist sowohl auf der Anoden- als auch auf der Kathoden-Seite mit Edelmetallkatalysatoren beschichtet. Diesen Materialverbund nennt man Membran-Elektroden-Einheit (MEA, engl. membrane electrode assembly). An den Katalysatoren finden die elektrochemischen Reaktionen und der Stoffumsatz zur Energiegewinnung statt. In diesem Fachbereich wurde in den vergangenen Jahren diverse Forschungs- und Entwicklungsarbeit zur Kostenreduktion und Stabilitätserhöhung betrieben. Jüngst aus dieser Technologie hervorgegangen ist die alkalische Membran (AEM, engl. anion exchange membrane). Sie ermöglicht den Einsatz von erheblich günstigeren Materialien aufgrund der Nutzung einer leitenden, alkalischen (OH⁻)-Membran. Diese Methode vereint sowohl die Vorteile der sauren als auch der alkalischen Technik und stellt somit eine kosteneffiziente Lösung dar.

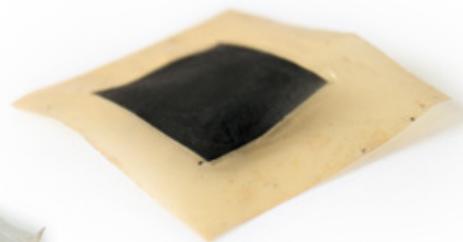
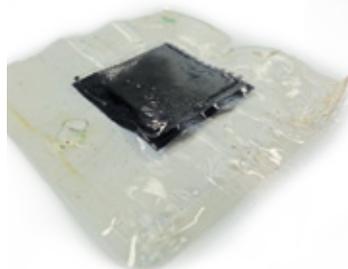


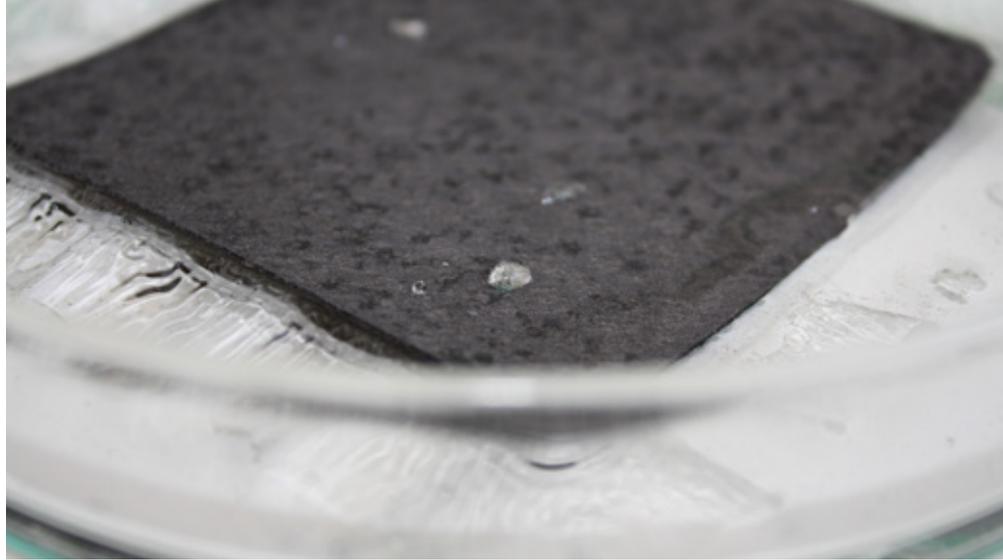
Oben: Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme eines PEM-MEA-Querschnittes mit einer sehr ebenen Oberfläche

Rechts: mit der Decal-Methode präparierte PEM-MEA (Nafion N115-Membran + Pt/C-Katalysator)



Oben: Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme eines AEM-MEA-Querschnittes mit einer inhomogenen Oberfläche
Unten: mit der Decal-Methode präparierte AEM-MEA (Fumatech FAA-3-PK-75-Membran + Pt/C-Katalysator)





Für die Herstellung sehr gut reproduzierbarer Membran-Elektroden-Einheiten hat sich die sogenannte Decal-Methode im Fraunhofer IMWS bewährt. Hierbei wird eine Trägerfolie mit Elektroden beschichtet und diese anschließend durch Heißpressen auf die Membran übertragen. Neben den Membran-Elektroden-Einheiten für die PEM-Technologie werden mit dieser Methode auch MEAs für die noch in den Kinderschuhen stekende AEM-Technologie hergestellt. Ein direkter Vergleich zwischen identisch hergestellten PEM- und AEM-MEAs soll die Eignung der Decal-Methode hinsichtlich der Morphologie und der Reproduzierbarkeit zeigen. Dazu werden insbesondere mikrostrukturdiagnostische Verfahren wie zum Beispiel Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahmen von MEA-Querschnitten herangezogen, um die Unterschiede bei der Probenpräparation im Rahmen dieser beiden Technologien aufzuzeigen. Die untersuchten Proben haben eine aktive Elektrodenfläche von circa 5 cm² (2.25 x 2.25 cm). Die PEM-MEA wurde aus einer Nafion N115-Membran und dem Standard-Edelmetallkatalysator ETEK (Pt/C) gefertigt. Sie besitzt eine sehr ebene und homogene Elektroden-Oberfläche mit einer Dicke von etwa 15–20 µm. Die AEM-MEA besteht aus einer Fumatech FAA-3-PK-75-Membran und ebenfalls einem ETEK-Katalysator. Im Gegensatz zur PEM-MEA erscheint die AEM-MEA hingegen inhomogen. Ihre Membran ist zur Erhöhung der mechanischen Stabilität mit einem Gewebe verstärkt, wodurch eine gleichmäßige Kompression beim Heißpressen verhindert wird. Durch diese auftretenden Probleme beim Präparationsprozess wird eine unregelmäßige Oberfläche erzeugt.

Die Decal-Methode scheint für die Herstellung von PEM Membran-Elektroden-Einheiten ein ideales Präparationsverfahren zu sein. Auf diese Weise können leistungsstarke und homogene MEAs reproduzierbar erzeugt werden. Die AEM hingegen zeigt bei dieser Präparationsmethode Schwächen, da die Verstärkung den Pressprozess behindert. Daher sollten für diese Art von

Membranen andere Herstellungsverfahren wie Airbrush oder Siebdruck in Erwägung gezogen werden beziehungsweise Membranen ohne Verstärkung zum Einsatz kommen. Der nächste Schritt wäre eine elektrochemische Untersuchung in Bezug auf die Leistung und Stabilität der präparierten Proben. Die ermittelten Daten können nachfolgend mittels der exzellenten Mikrostrukturdiagnostik des Fraunhofer IMWS abgeglichen werden, um die eingesetzten Materialien weiter zu optimieren. Die Technologie der alkalischen Membran ist hinsichtlich ihrer Vorteile zukunftsweisend. Daher forschen weltweit renommierte Arbeitsgruppen und Unternehmen an der Optimierung dieser Technik. Aktuell existieren noch keine kommerziellen alkalisch leitenden Membranen, die mit der PEM-Technologie konkurrieren können. Sollte es jedoch gelingen, ein leistungsstarkes und langzeitstabiles Produkt zu entwickeln, würde das die Energiewende einen großen Schritt weiter vorantreiben.

Die Mikrostruktur der Membran hat einen starken Einfluss auf die Fertigung der Membran-Elektroden-Einheit.

Stefan Ackermann

Studium der Technischen Chemie an der Uni Halle-Wittenberg,
seit 2013 Mitarbeiter in der Gruppe »Wasserelektrolyse« am
Fraunhofer IMWS

stefan.ackermann@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-244

Dr.-Ing. Nadine Menzel

Studium der Technischen Chemie an der TU Berlin,
Promotion an der TU Berlin, seit 2013 Mitarbeiterin am
Fraunhofer IMWS, Gruppenleiterin (komm.) »Wasserelektrolyse«

nadine.menzel@imws.fraunhofer.de
+49 345 5589-237

KURATORIUM

Aufgaben des Kuratoriums

Dem Kuratorium des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS gehören Persönlichkeiten aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft an, die dem Institut fachlich nahestehen und sich einmal jährlich treffen.

Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Vorstand beraten die Mitglieder des Kuratoriums das Institut mit ihrer Expertise bei strategischen Themen, Weichenstellungen am Institut und der Entwicklung von Zukunftsperspektiven. Sie werden vom Fraunhofer-Vorstand im Einvernehmen mit der Institutsleitung berufen und arbeiten ehrenamtlich.

Mitglieder des Kuratoriums

- Dr. Karlheinz Bourdon, KraussMaffei Technologies GmbH
- Dr. Torsten Brammer, Wavelabs Solar Metrology Systems GmbH
- Dr. Christine Garbers, ehem. Colgate-Palmolive Europe Sàrl
- Uwe Girgsdies, Audi AG
- MinDir Hans-Joachim Hennings, Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt
- Dr. Florian Holzapfel, Calyxo GmbH
- Dr. Jürgen Kreiter, Werzalit GmbH + Co. KG
- Dr. Roland Langfeld, Schott AG (Vorsitzender des Kuratoriums)
- Prof. Ingrid Mertig, Institut für Physik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- Dr. Christoph Mühlhaus, Cluster-Chemie-Kunststoffe Mitteldeutschland
- Prof. Stuart S. P. Parkin, Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik
- Dipl.-Ing. Tino Petsch, 3D-Micromac AG
- Dr. Wolfgang Pohlmann, Hella GmbH & Co. KGaA.
- Jef Poortmans, imec vzw
- Dr. Thomas Rhönisch, Rehau AG + Co.
- Bernd Römer, Roemerec GmbH
- Dr. Carsten Schellenberg, Lanxess – IAB Ionenaustauscher GmbH
- Dr. Frank Stietz, Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG
- Hans-Jürgen Straub, X-FAB Semiconductor Foundries AG
- Marco Tullner, Minister für Bildung des Landes Sachsen-Anhalt
- Dr. Jürgen Ude, Staatssekretär im Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt
- Dr. Markus Weber, Carl Zeiss AG
- Ingrid Weinhold, MABA Spezialmaschinen GmbH
- Dr. Bert Wölfli, Polifilm Extrusion GmbH





»EIN WICHTIGES INSTRUMENT ZUR NETZWERKARBEIT«

Interview mit Kuratoriumsvorsitzenden Dr. Roland Langfeld

Im Jahr 2017 feierten wir das Jubiläum »25 Jahre Fraunhofer in Halle«. Was verbinden Sie damit?

Halle war bereits vor der Wiedervereinigung ein aktives akademisches Zentrum – eines der besten Elektronenmikroskope war schon unter Professor Gunnar Berg, damals Professor für Experimentelle Physik an der Uni Halle und heute Vizepräsident der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, im Einsatz. Das Fraunhofer IMWS ist in eine sehr bedeutende akademische Landschaft eingebettet und hat es in den vergangenen 25 Jahren geschafft, seine Kompetenzen bis zu seiner heutigen Bedeutung weiterzuentwickeln.

Was reizt Sie an der Arbeit im Kuratorium des Fraunhofer IMWS?

Zunächst finde ich die verschiedenartigen Kompetenzfelder des Fraunhofer IMWS wie zum Beispiel die Mikroelektronik, Kunststoffe und die Photovoltaik persönlich sehr interessant. Besonders spannend ist für mich die Mikroanalyse von Werkstoffen. Gerade das Werkstoffverhalten ist für die Eigenschaften von Produkten immens wichtig und sagt viel über Performance sowie Lebensdauer aus. Das sind ganz wichtige Themen, die Industriekunden wie die Schott AG interessieren. Auch für unsere Materialien wie Gläser und Glaskeramiken wollen wir Produkte mit langer Lebensdauer und einer hohen Ausfallsicherheit entwickeln. Genau da ist das Fraunhofer IMWS mit seiner Kompetenz ein wirklich starker Partner für uns und unsere Kunden.

Im Kuratorium treffen Fachleute mit sehr unterschiedlichem Hintergrund aus vielen Bereichen aufeinander. Wie funktioniert die Zusammenarbeit?

Das Kuratorium trifft sich einmal im Jahr und berät das Fraunhofer IMWS in strategischen Belangen. Die Vielfalt an

Kuratoren sorgt für eine ausgewogene und breite Expertise zur Beratung des Fraunhofer IMWS. Eine sehr gute Zusammenarbeit gibt es unter anderem bei der Vergabe des Werkstoffpreises der Schott AG. Hier bewerten wir als Jury gemeinsam die verschiedenen Dissertationen, Master- oder Diplomarbeiten, die am Fraunhofer IMWS entstanden sind. Die unterschiedlichen Perspektiven fließen sowohl aktiv in die Juryarbeit als auch in die Kuratoriumsberatungen ein. Unsere Zusammenkünfte sind immer sehr lebendig und ein wichtiges Instrument zur Netzwerkarbeit.

Welche Impulse möchten Sie dem Institut für die nächsten Jahre geben?

Wir befinden uns in einer Übergangszeit bezüglich der Methoden der klassischen Materialentwicklung, in der wir uns mit immensen Datenmengen auseinandersetzen müssen. Das Fraunhofer IMWS beteiligt sich mit seinen Ideen progressiv an diesem weltweit stattfindenden Umbruch in der Material- und Werkstoffentwicklung. Hier agiert das Fraunhofer IMWS mit seiner Initiative zum Materials Data Space ganz weit vorn und nutzt diese Erkenntnisse für neue Modellbildungen und Methodenentwicklungen. Auf diesem neuen Weg möchte ich das Institut gerne aktiv begleiten.

Dr. Roland Langfeld

1985 Promotion am Institut für Kernphysik an der Goethe-Universität Frankfurt, 1988 Eintritt in die Zentrale Forschung der Schott AG, u. a. als Leiter der Zentralen Forschung tätig, seit 2009 Research Fellow der Schott AG, seit 2016 Kuratoriumsvorsitzender des Fraunhofer IMWS

roland.langfeld@schott.com

+49 6131 66 7612

VERNETZUNG DES FRAUNHOFER IMWS

FRAUNHOFER-VERBÜNDE UND -ALLIANZEN

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile

Fraunhofer-Materialforschung umfasst die gesamte Kette von der Entwicklung und Verbesserung von Materialien über die Herstelltechnologie und Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. Neben den experimentellen Untersuchungen werden die Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung gleichrangig eingesetzt.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

www.materials.fraunhofer.de

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (Gastmitgliedschaft)

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik ist ein Forschungs- und Entwicklungsanbieter für Smart Systems. Die derzeit elf Mitgliedsinstitute und sieben Gastinstitute betreiben international vernetzte Spitzenforschung in der Mikro-/Nanoelektronik sowie Mikrosystem- und Kommunikationstechnik. Sie bieten eine weltweit einzigartige Kompetenzvielfalt und schlagen die Brücke zwischen Grundlagenforschung und Produktentwicklung.

Prof. Dr. Matthias Petzold

www.mikroelektronik.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

Von der anwendungsorientierten Forschung bis zur industriellen Umsetzung werden Nanotechnologien für optische Anwendungen, den Automobilbau und die Elektroindustrie entwickelt. Multifunktionale Schichten, metallische und oxidische Nanopartikel, Kohlenstoff-Nanoröhren und Nanokomposite werden in Aktuatoren, strukturellen Werkstoffen und biomedizinischen Anwendungen eingesetzt. Darüber hinaus werden Fragen zur Toxizität und dem sicheren Umgang mit Nanopartikeln behandelt.

Prof. Dr. Andreas Heilmann

www.nano.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Bau

Ziel der Fraunhofer-Allianz Bau ist es, alle wissenschaftlichen und forschungsrelevanten Fragen zum Thema Bau vollständig und »aus einer Hand« innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft abbilden und bearbeiten zu können. Der Baubranche steht so ein zentraler Ansprechpartner für integrale Systemlösungen zur Verfügung.

Andreas Krombholz

www.bau.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Energie

Zehn Fraunhofer-Institute bieten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus einer Hand an. Die Schwerpunkte liegen bei Effizienztechnologien, erneuerbaren Energien, Gebäuden und Komponenten, Planung und Betriebsführung integrierter Energiesysteme sowie Speicherung und Mikroenergie-technik.

Dr. Hartmut Schwabe

www.energie.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Leichtbau

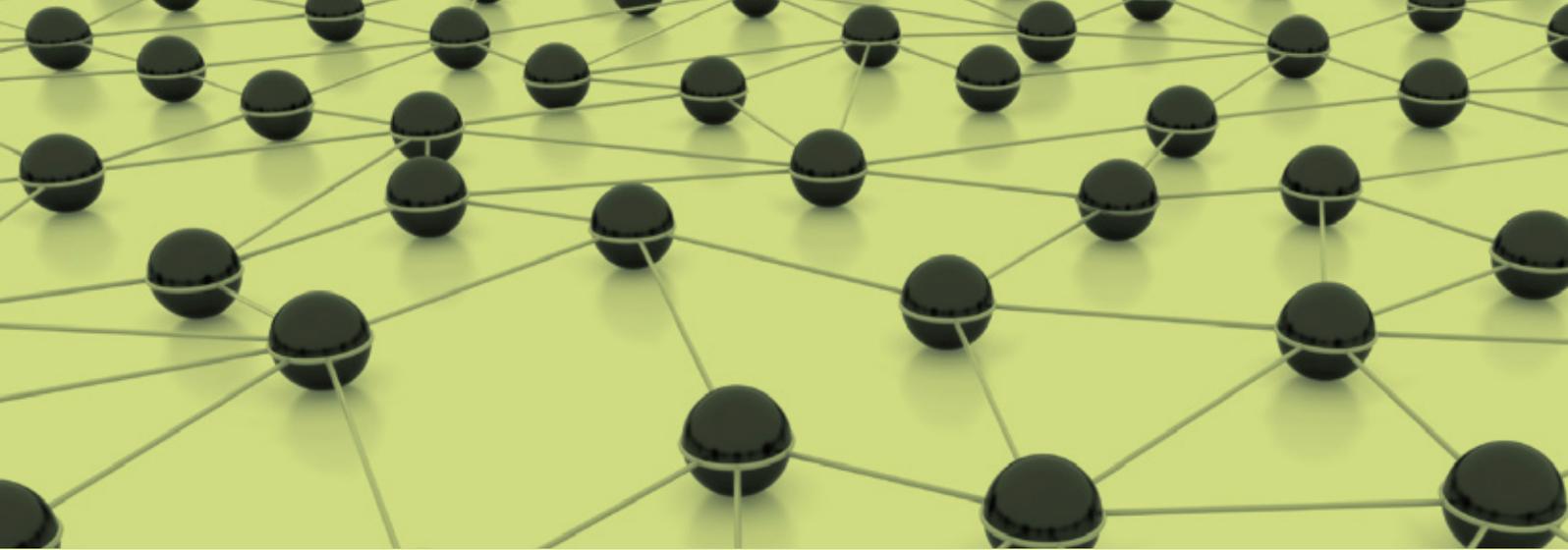
Die Qualität einer Leichtbaustruktur ist wesentlich bestimmt durch ihre Werkstoffeigenschaften, die konstruktive Formgebung, ihre Bauweise und den Herstellungsprozess. Daher wird in der Allianz Leichtbau die gesamte Entwicklungskette von der Werkstoff- und Produktentwicklung über Serienfertigung und Zulassung bis hin zum Produkteinsatz betrachtet.

Prof. Dr. Peter Michel

<http://ls.fhg.de/allianz-leichtbau>

Fraunhofer-Allianz Textil

Um das Potenzial von Hochleistungsfasern für textilverstärkte Leichtbaustrukturen voll auszuschöpfen, sollen Innovationen durch anwendungsnahe und produktspezifische Entwicklungen von textilbasierten Technologien und Anlagensystemen in direkter Verknüpfung mit der



Preform- und Bauteilfertigung hervorgebracht werden. Die gesamte textile Fertigungskette wird dazu ausgehend von der Faserherstellung und -funktionalisierung in der Allianz abgebildet.

Prof. Dr. Peter Michel
www.textil.fraunhofer.de

AKTIVITÄTEN IN SONDERFORSCHUNGSBEREICHEN, FRAUNHOFER-INTERNEN PROGRAMMEN UND SPITZENCLUSTERN

Fraunhofer-Leitprojekt Kritikalität Seltener Erden

Fraunhofer-Institute entwickeln effizientere Herstellungsprozesse für Hochleistungsmagnete, optimieren deren Bauteilauslegung und erforschen Recyclingmöglichkeiten. Ziel ist es, den Primärbedarf an schweren Seltenerd-Elementen bei zwei Demonstrator-Permanentmagneten zu halbieren. Das Fraunhofer IMWS sucht Substitutionsmagnetmaterialien möglichst ohne Seltenerd-Elemente mit elektronentheoretischer Materialsimulation und elektronenmikroskopischer Materialcharakterisierung.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (Koordinator)
www.seltene-erden.fraunhofer.de

Fraunhofer-Leitprojekt eHarsh

Ziel des Leitprojekts »eHarsh« der Fraunhofer Institute IMWS, ENAS, IKTS, ILT, IMS, IPM, IPT und IZM ist die Entwicklung und Bereitstellung einer Technologieplattform, auf deren Basis Sensorsysteme – bestehend aus Sensorik und Elektronik – für den Einsatz in extrem rauer Umgebung (extreme harsh environment) entwickelt und hergestellt werden können. Das Konsortium adressiert damit den schnell zunehmenden Bedarf an intelligenten Steuerungs- und Kommunikationstechniken in Industrie und Gesellschaft, insbesondere in den für Fraunhofer interessanten Forschungsfeldern »Mobilität und Transport«, »Energie und Rohstoffe« sowie »Produktion und Dienstleistungen«.

Prof. Dr. Matthias Petzold
<http://s.fhg.de/eharsh>

Max-Planck – Fraunhofer Kooperationsprojekt HEUSLER

Das Fraunhofer IMWS erforscht gemeinsam mit zwei Max-Planck-Instituten in Dresden und Halle, welche strukturellen und chemischen Möglichkeiten es gibt, um auf der Basis von intermetallischen Heusler-Phasen neuartige Materialien zu erzeugen, die gute hartmagnetische Eigenschaften haben, aber keine Seltenerd-Elemente enthalten.

Prof. Dr. Thomas Höche
<http://s.fhg.de/heusler>

MAVO Biomimetischer Synthesekautschuk in innovativen Elastomerkompositen (BISYKA)

Gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IAP, IME und ISC erforscht das Fraunhofer IMWS die Ursachen für die einzigartigen mechanischen Eigenschaften des Naturkautschuks und deren Übertragung auf Synthesekautschuk, um mit einem »biomimetischen Synthesekautschuk« als Resultat ein innovatives Produkt mit hohem Wertschöpfungspotenzial hervorbringen.

Prof. Dr. Mario Beiner

MAVO Prozesskette für formflexible, keramische und glasbasierte Schalt- und Displayelemente (CeGlaFlex)

Das Fraunhofer-Verbundprojekt verfolgt die Herstellung dünner, formflexibler und damit biegsamer transparenter Keramiken, die in tragbarer Elektronik wie Smartphones oder in der Medizintechnik zum Einsatz kommen. Das Forschungsvorhaben der Fraunhofer-Institute IMWS, ILT, IKTS, IPT hat sich

VERNETZUNG DES FRAUNHOFER IMWS

insbesondere die Konfektionierung von dünnstglasbasierten Schalt- und Displayelementen in einem Keramik-Dünnstglas-Verbund mit einer Dicke im Bereich von 100 µm zum Ziel gesetzt. Dabei werden transparente und formflexible Keramiken sowie Keramik-Dünnstglas-Verbünde bei hoher dreidimensionalen Geometrieflexibilität ohne die Schädigung der Werkstofffunktionen bearbeitet.

Falk Naumann

Fraunhofer Materials Data Space

Der Fraunhofer Materials Data Space stellt unternehmensübergreifend digitale Daten zu Materialien und Werkstoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette bereit. Durch die Vernetzung werden kürzere Entwicklungszeiten, lernende Fertigungsverfahren und neue Geschäftsmodelle möglich, zudem ergeben sich enorme Potenziale für Materialeffizienz, Produktionseffizienz und Recycling. Der Fraunhofer-Verbund MATERIALS liefert mit dieser Plattform die Grundlage für die Werkstoffentwicklung, -herstellung und -verarbeitung innerhalb von Industrie 4.0.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

www.fraunhofer-materials-data-space.de

Leistungszentrum Chemie- und Biosystemtechnik

Das Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« führt orientierende Grundlagenforschung, anwendungsorientierte Forschung und industrielle Entwicklung enger zusammen, um die Wertschöpfung in der Region Halle-Leipzig entscheidend zu stimulieren. Mit dem Leistungszentrum werden sowohl die Exzellenz in der Forschung als auch eine nachhaltige regionale wirtschaftliche Entwicklung stimuliert. Das strategische Ziel ist die Erforschung und Optimierung verfahrenstechnischer Prozessketten der Kunststoff verarbeitenden, chemischen, biotechnologischen und biomedizinischen Industrie vom Rohstoff bis zum Produkt.

Prof. Dr. Andreas Heilmann

Andreas Kromholz (Stellvertretender Sprecher)

www.chemie-bio-systemtechnik.de

Sonderforschungsbereich Polymere unter Zwangsbedingungen

In diesem von der DFG seit 2011 geförderten Verbundprojekt forscht das Fraunhofer IMWS gemeinsam mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und der Universität Leipzig an grundlegenden Fragestellungen im Bereich der Struktur und Dynamik weicher Materie. Schwerpunktmäßig wird der Einfluss von Zwangsbedingungen auf Strukturbildungsprozesse in synthetischen und biologischen Polymersystemen und Kompositen untersucht.

Prof. Dr. Mario Beiner

www.natfak2.uni-halle.de/sfbtrr102

Spitzencluster BioEconomy

Das Cluster verbindet die für die Bioökonomie relevanten Forschungs- und Industriebereiche in Mitteldeutschland mit dem Ziel, die Entwicklung, Skalierung und Anwendung von innovativen technischen Prozessen voranzutreiben. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf der nachhaltigen stofflichen Nutzung biobasierter, nachwachsender Rohstoffe aus dem Non-Food-Bereich (insbesondere von Holz) sowie auf der Herstellung werthaltiger Produkte für verschiedene Industriebereiche, verbunden mit der energetischen Nutzung von Reststoffen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (Stellv. Vorsitzender),

Andreas Kromholz (Themengebieteleiter Biokunststoffe)

www.bioeconomy.de

Spitzencluster SolarValley Mitteldeutschland

Im Zentrum der Arbeit des Clusters steht das Ziel, Solarstrom noch wettbewerbsfähiger zu machen. Dies gelingt in der Umsetzung eines Strategiekonzepts, in dem Wirtschaft, Wissenschaft und Bildung eng verzahnt zusammenarbeiten, um Strom für Generationen erneuerbar und dezentral bereitzustellen. Dabei soll die Photovoltaik als bedeutendste Energietechnologie dieses Jahrhunderts etabliert werden.

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

www.solarvalley.org

Zwanzig20 HYPOS

Mit dem Projekt HYPOS Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany soll »grüner« Wasserstoff aus erneuerbarem Strom im großtechnischen Maßstab für energietechnische Anwendungen hergestellt werden – als effizienter Energieträger mit hervorragender Transport- und Speicherfähigkeit. Das HYPOS-Projekt wird im Rahmen des Programms »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation« durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (Stellv. Vorsitzender), Dr.-Ing. Nadine Menzel (Themenfeld Strombereitstellung) www.hypos-eastgermany.de

In einem Forschungsprojekt des Spitzenclusters BioEconomy hat das Fraunhofer IMWS gemeinsam mit Partnern Kunststoffschäume aus Tallöl entwickelt, die im Haus- und Möbelbau Anwendung finden können. Im Bild sind Ausgangsstoffe für biobasierte Kunststoffe zu sehen.

NanoMikro-Netzwerk Sachsen-Anhalt

Im NanoMikro-Netzwerk Sachsen-Anhalt werden Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik als Innovationsquellen und Schlüsseltechnologien für die Zukunftsfelder des Landes Sachsen-Anhalt besonders gefördert. Koordiniert wird das Netzwerk von der science2public – Gesellschaft für Wissenschaftskommunikation e.V. Mit Orientierung an den regionalen Leitmärkten wollen wir die Entwicklungen auf den Feldern Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik mitgestalten und die Wettbewerbsfähigkeit sachsen-anhaltinischer Unternehmen stärken.

Dem NanoMikro-Netzwerk gehören Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen – vor allem Kleinstunternehmen sowie kleine und mittlere Unternehmen – aus Sachsen-Anhalt, aber auch Akteure wie das Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung auf Landesebene und das Bundesumweltamt mit Sitz in Dessau-Roßlau auf Bundesebene sowie Intermediäre an. Das Netzwerk wird aus Mitteln des Landes Sachsen-Anhalt und der Bundesrepublik Deutschland gefördert.

Andreas Dockhorn
www.nanomikro.com



HOCHSCHULPARTNERSCHAFTEN



- 1** Rensselaer Polytechnic Institute RPI, Troy, New York, USA
- 2** CIC nanoGUNE Nanoscience Cooperative Research Center, San Sebastian, Spanien
- 3** Institute of Scientific Instruments of the Academy of Sciences of the Czech Republic (ISI), Brno, Tschechien
- 4** Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles (IRESEN), Rabat, Marokko
- 5** Qatar Environment and Energy Research Institute QEERI, Ar-Rayyan, Katar
- 6** Hanyang University, Seoul, Südkorea
- 7** Korea Institute of Energy Research KIER, Daejeon, Südkorea
- 8** Yeungnam University, Gyeongsan, Südkorea
- 9** University of International Business and Economics (UIBE), Peking, China
- 10** Shanghai Advanced Research Institute SARI, Shanghai, China
- 11** Baotou Research Institute of Rare Earths (BRIRE), Baotou, Innere Mongolei, China



- A** Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle
- B** Hochschule Anhalt
- C** Hochschule Merseburg
- D** Universität Leipzig,
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
- E** Technische Universität Dresden
- F** Hochschule Schmalkalden
- G** Technische Universität Ilmenau
- H** Fachhochschule Südwestfalen (Soest)
- I** Technische Universität Bergakademie Freiberg

ORGANIGRAMM

INSTITUTSLEITER Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn	STELLVERTRETENDER INSTITUTSLEITER Prof. Dr. Matthias Petzold	VERWALTUNGSLEITER Thomas Merkel
--	---	---

GEMEINSAM MIT ANDEREN
FRAUNHOFER-INSTITUTEN BETRIEBENE
FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN

POLYMER- ANWENDUNGEN Prof. Dr. Peter Michel Prof. Dr. Mario Beiner (wiss. Leiter)	BIOLOGISCHE UND MAKROMOLEKULARE MATERIALIEN Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn (komm.)	CENTER FÜR ANGE- WANDTE MIKROSTRUK- TUR-DIAGNOSTIK CAM Prof. Dr. Matthias Petzold	FRAUNHOFER-CENTER FÜR SILIZIUM-PHOTO- VOLTAIK CSP Dr. Karl Heinz Küsters (komm.) Prof. Dr. Peter Dold *	FRAUNHOFER-PILOT- ANLAGENZENTRUM FÜR POLYMERSYNTHESE UND -VERARBEITUNG PAZ Prof. Dr. Michael Bartke **	CHEMISCHE UMWAND- LUNGSPROZESSE Prof. Dr. Bernd Meyer (komm.)
Polymerbasiertes Materialdesign Prof. Dr. Mario Beiner	Technologien für biofunktionale Oberflächen Dr. Stefan Schulze	Bewertung elektronischer Systemintegration Sandy Klengel	Abteilung Zuverlässig- keit und Technologien für Netzparität Dr. Karl Heinz Küsters (komm.)	Abteilung Polymerverarbeitung Prof. Dr. Peter Michel	Wasserelektrolyse (Fraunhofer-Elektrolyse- plattform Leuna***) Dr. Nadine Menzel (komm.)
Bewertung von Faserverbundsystemen Dr. Ralf Schlimper	Charakterisierung medi- zinischer und kosmeti- scher Pflegeprodukte Dr. Andreas Kiesow	Nanomaterialien und Nanoanalytik Prof. Dr. Thomas Höche	Diagnostik Solarzellen Dr. Christian Hagendorf	Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge Ivonne Jahn	Kohlenstoff-Kreislauf- Technologien Dr. Denise Klinger (komm.)
	Bewertung von Materia- lien der Medizintechnik Dr. Andreas Kiesow (komm.)	Diagnostik Halbleitertechnologien Frank Altmann	Zuverlässigkeit von Solarmodulen und -systemen Dr. Matthias Ebert	Thermoplastbasierte Faserverbund-Bauteile Dr. Matthias Zscheyge	Syntheseprozesse Gerd Unkelbach ***
	Naturstoffkomposite Andreas Krombholz	Anwendungszentrum für Anorganische Leuchtstoffe Prof. Dr. Stefan Schweizer	Siliziumwafer Dr. Sylke Meyer	Abteilung Polymersynthese Prof. Dr. Michael Bartke **	
			Modultechnologie Prof. Dr. Jens Schneider	Synthese und Produktentwicklung Dr. Ulrich Wendler **	
			Abteilung Labor für Kristallisationstech- nologie Prof. Dr. Peter Dold *	Scale-up und Pilotierung Marcus Vater **	
			Siliziumrecycling Prof. Dr. Peter Dold *		
			Kristallisations- technologie Dr. Roland Kunert *		

* Fraunhofer ISE
** Fraunhofer IAP
*** Fraunhofer IGB / CBP

INFRASTRUKTUR Thomas Merkel	Projekte und Finanzen Sven Heßler	Technische Dienste und IT Sebastian Gerling	Personal und Dienstreisen Constanze Päldecke	
WISSENSCHAFTS- MANAGEMENT Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn	Büro Institutsleitung Heike Gehritz	Öffentlichkeitsarbeit Michael Kraft	Stab Institutsleitung Andreas Dockhorn	Center für Ökonomie der Werkstoffe CEM PD Dr. Christian Growitsch

NEUE GERÄTE UND VERFAHREN

- Röntgenmikroskop ZEISS XRadia Ultra 810
- Digitalmikroskop
- Korrosionsmesszelle mit Potentiostaten
- Arburg Spritzgießanlage, Allrounder 320S 500-150, universell einsetzbare hydraulische Spritzgießmaschine für kleine zu verarbeitende Kunststoffmengen zu diversen Prüfkörpern
- UD-Tape-Anlage zur Herstellung von 500mm breiten unidirektionalen endlosfasergefüllten thermoplastischen Tapes mittels Schmelzedirekt-, Folien- und Pulverimprägung, Verarbeitungstemperatur bis 350°C, Aufnahme von bis zu 120 Roving-Spulen, statisches und dynamisches Spreizsystem, Produktionsgeschwindigkeit 2–20 m/min, Gesamtdurchsatz max. 260kg/h
- NETZSCH-Hammermühle Typ CHM 450/300 mit Einziehvorrichtung Typ CEV 300
- Spritzgusswerkzeug Verdichterspindel- Proto
- Upgrade Thermo Sensoric InSb Camera to High Speed Digital Camera
- 3D-Drucker Flashforge Typ: Finder
- 3D-Drucker Markforged Typ: Mark One
- μ XRF-Anlage mit W- und Rh-Röhre

GERÄTE UND VERFAHREN DER KERNKOMPETENZ MIKROSTRUKTURDIAGNOSTIK

Ionen-/Elektronenmikroskopie

- Transmissionselektronenmikroskop (TEM/STEM 200 kV) mit Röntgenanalyse (Nanospot-EDX)
- Transmissionselektronenmikroskop (EF-TEM 60-300 kV) mit Cs-Bildkorrektur, EDS, EELS, HAADF, STEM, NBD, und Tomographie
- Fokussierende Ionenstrahlanlage (FIB) mit integriertem IR-Mikroskop
- FIB-/REM-Anlage mit Gaseinlass-System in situ-lift-out-System
- FIB-/REM-Anlage mit Gaseinlass-System, EBSD- und EDX-Analytik und in situ-Manipulator
- Plasma-FIB-Anlage mit Gaseinlass-System
- Rasterelektronenmikroskope (REM) mit Röntgenanalyse (EDX,WDX) und Beugungsanalyse (EBSD)
- REM mit elektronenstrahlinduzierter Strommessung (EBIC) und 4fach-Nanoprober-System
- Atmosphärisches REM (ESEM) mit in situ-Zugmodul und in situ-Heizmodul
- Kombinierte ESEM-FIB-Anlage mit Kryo-Transferkammer und in situ-Kryo-Präparationseinrichtungen

Präparationstechniken

- Präzisionsdrahtsägen, diverse Schleif-/Poliermaschinen, Präzisionsschleifanlagen für die Zielpreparation
- Laserpräparations-Anlage

- Ar-Ionenätzen, Plasma-Cleaner, C-Bedampfung und Platin Sputter-Coating
- Softmatter-Präparation mit Rotationsmikrotom, Ultramikrotom, Kryo-Ultramikrotom, Kritisch-Punkt-Trocknung sowie Kryofixierung

Zerstörungsfreie Prüfverfahren

- Röntgenmikroskop ZEISS XRadia Ultra 810
- 3D-Röntgen-CT-Inspektionsanlagen (180 kV Nanofokus, 225 kV Mikrofokus) mit in situ-Verformungseinrichtungen
- Röntgendiffraktometer für Spannungsmessung, Textur- und Phasenanalyse mit Hochtemperatureinrichtung bis 1200 K und Dünnschichtanalyseeinrichtung
- Bruker Röntgendiffraktometer AXS D8 Advance
- Luftgekoppelter Ultraschall-Messplatz (Scanfläche 1 500 x 1 000 mm²)
- Akustische Rasterelektronenmikroskope (15 MHz–400 MHz und 400 MHz–2 GHz)
- Puls-Phasen-Thermographie
- Upgrade Thermo Sensoric InSb Camera to High Speed Digital Camera

Physikalisch und chemische Oberflächenanalytik

- μ XRF-Anlage mit W- und Rh-Röhre
- Time-of-Flight-Sekundärionen-Massenspektroskopie (ToF-SIMS)
- Photoelektronenspektroskopie mit Abtragsmodus, Tiefenprofil (XPS, UPS) sowie Auger-Elektronenspektroskopie (AES)
- Kontaktwinkelmessung
- Plasmaanalytiksystem (OES, VI-Probe, SEERS)
- Material- und Spurenanalyse
- Massenspektroskopie mit induktions-gekoppeltem Plasma (ICP-MS) mit Laserablation, chemische Extraktion und elektrothermische Vaporisation
- Optische Emissionsspektrometrie mit ICP mit elektrothermischer Verdampfung
- Dichte- und Porositätsmesseinrichtungen
- Restgasanalysator
- Gaspermeationsmessgerät

Topografie- und Konturmessung

- Rasterkraftmikroskope (AFM) in Kombination mit Licht- und Fluoreszenzmikroskopie
- Weißlichtinterferometer
- Konfokal-Laserscanningmikroskope (CLSM)
- Profilometer und Rauheitsmesseinrichtungen
- Interferometrische Eigenspannungsmessung
- Bestimmung Wafergeometrie (Dicke, Dickenvariation, etc.)
- Interferometer mit Phasenschieber für Konturmessung von Asphären

Lichtoptische und spektrometrische Verfahren IR-UV

- Lichtmikroskope, Hell-/Dunkelfeld- und DIK-Modus
- Digitalmikroskop

- Quantitative Bildanalysesysteme
- UV/VIS/NIR-Spektrometer und Spektralellipsometer
- Elektrolumineszenz- und Photolumineszenz-Spektroskopie
- Infrarot-Mikroskopie
- FTIR-Spektroskopie und -Mikroskopie mit ATR-Messeinrichtungen
- Konfokales Ramanmikroskop und Raman-Spektrometer
- IR-Spannungsoptik-Messungen
- Verfahren zur Messung der Ladungsträgerlebensdauer (Mikrowellen-Photoconductance-Decay, quasistatische Photoleitfähigkeit)
- Farbanalysator
- Zeitaufgelöste Fluoreszenz und ortsaufgelöste Elektrolumineszenz im UV-VIS-NIR-Bereich
- Nano- und Femtosekunden-Lasersysteme
- Photolumineszenz-Messplatz zur ortsaufgelösten Charakterisierung von Si-Blöcken, Wafer und Zelle

Elektrische Charakterisierung

- Messplätze zur Ladungsträgerlebensdauer messung (Si-Block, Wafer)
- 4-Punkt-Methode und Wirbelstrommethode zur Leitfähigkeitsmessung
- Elektrolumineszenz-Messplatz zur Zellen-Charakterisierung
- Elektrolumineszenz-Messplatz zur PV-Modul-Charakterisierung
- Thermografie-Messplatz zur PV-Modul-Charakterisierung
- Messplatz zur Bestimmung der internen und externen Quanteneffizienz von Solarzellen
- Sonnensimulator für Solarzellen
- Sonnensimulator für PV-Module
- Messequipment zur Freifeld-Charakterisierung von PV-Modulen
- Wechselrichterprüfplatz

Elektrochemische Charakterisierung

- Rotierende Scheiben und Ringscheibenelektroden
- Voltametrische Methoden (Zyklovoltametrie – CV, lineare Voltametrie – LSV)
- Korrosionsmesszelle mit Potentiostaten
- Elektrochemische Impedanzspektroskopie – EIS
- Chrono-Methoden (Amperometrie, Potentiometrie, Coulometrie)
- Zyklische Lade- und Entladevorgänge – CCD
- PEM-Elektrolyseteststand für Einzelzellen (50 cm²) und Shortstacks (10 x 50 cm²) bis 30 bar

Thermophysikalische Messverfahren

- Dynamische Differentialkalorimetrie bis 1500 °C
- Thermogravimetrische Analyse (TGA)
- Differential-Thermoanalyse
- Dilatometer für Messungen bis 1400 °C
- Klimaprüfkammern

Polymeranalytik

- Dynamische Differentialkalorimetrie (DSC)
- Dynamisch-Mechanische Analyse (DMA)
- Thermomechanische Analyse (TMA)
- Hochdruckkapillarviskosimeter
- Schmelzindexmessgeräte (MFI)
- HDT-Wärmeformbeständigkeits- und Vicat-Erweichungstemperaturmessung
- Dielektrische Analyse (DEA)
- TGA mit FT/IR-Kopplung
- Karl-Fischer-Titration zur Feuchtebestimmung in Kunststoffen
- Licht-Klimaprüfschrank und Klimaprüfschrank
- Rotationsrheometer
- Temperatur- und Wärmeleitfähigkeitsmessung (Light-Flash-Methode) bis 300 °C
- Soxhlet-Extraktor

Prüfung von Mikrokomponenten

- In situ-Verformungseinrichtungen für Raster- und Transmissions-Elektronenmikroskope
- Pull- und Schertester für die mikroelektronische Verbindungstechnik
- Mikrooptischer Kraftmessplatz mit Manipulationseinrichtungen
- Mikrosystem-Analysator (MSA) zur berührungslosen Verformungs- und Vibrationsanalyse
- Versuchsstände zur Festigkeits- und Lebensdauer messung von Mikrosystemen

GERÄTE UND VERFAHREN DER KERNKOMPETENZ MIKROSTRUKTURDESIGN

Oberflächen- und Grenzflächentechnologien

- Mehrkammerbeschichtungsanlage für keramische und metallische Multilagen- und Compositbeschichtungen
- Plasma-CVD-Beschichtungsanlagen
- Hochfrequenz-Magnetron-Beschichtungsanlagen
- Plasmabehandlungsanlagen für Polymerfolien
- Plasmaätzenanlagen
- Nasschemische Beschichtungsanlagen (Spin-Coating, Rakelbeschichtung, Tauchbeschichtung)
- Elektrostatische Spinneinrichtung
- Ionenätzenanlage zur Probenpräparation und Oberflächenbearbeitung
- Waferbondanlage mit Plasmaaktivierung
- Drahtbondtechnik zur Kontaktierung von mikroelektronischen Bauelementen
- Anlage zum Laserschweißen von Polymerfolien

Waferfertigung

- Draht- und Bandsägen zum Squaren, Croppen
- Schleifmaschinen zur Oberflächen- und Fasenbearbeitung von Blöcken
- IR-Durchleuchtungssystem zur Identifizierung von SiC/SiN-Einschlüssen in Blöcken

- Drahtsägen für multi- und monokristalline Wafer (slurrybasiertes Sägen, Diamantdrahtsägen)
- Vorreinigungsanlage zum Ablösen der Wafer nach Sägen
- Inline-Feinreinigungsanlage zur Endreinigung der Wafer
- Inline-Messanlage mit Sortiereinheit zur Waferendkontrolle und Klassifizierung

Solarmodulfertigung

- 3D-Vakuumlaminator
- Automatisches Dispenssystem für Leitleber
- Variable Zellstring-Layup-Station
- Vollautomatischer Industrie TabberStringer für ganze und halbe Zellen mit 3 oder 4 Busbars
- Halbautomatische Zellverlötungsanlage
- Laborglasreinigungsautomat
- Labor- und Großmodullaminator
- Präzisionsprüfmaschinen für Verbindungs- und Lotmaterial
- RTP-Ofen
- Siebdrucker
- Thermoschockprüfschrank
- Universalprüfmaschinen von 1N bis 400kN, uni- undmultiaxial
- UV-Vernetzungseinheit
- Vakuumlaminator
- Tension / Torsion-Prüfmaschine 10 kN

Ertrags- und Leistungsmessung

- Hochspannungstestequipment mit bis zu 1 kV angelegter Spannung
- Leistungsmessung im Labor mit Klasse AAA Modulflasher bis zu 2,6 x 2,6 m²
- Leistungsmessung im Freifeld mit kontinuierlicher U-I-Kennlinienaufzeichnung, Temperatur und Einstrahlung am Modul
- Umweltmesstechnik für direkte, indirekte und globale Einstrahlung, Luftdruck und -feuchte sowie Windgeschwindigkeit und -richtung

Polymerverarbeitung

- 3D-Drucker Flashforge Typ: Finder
- 3D-Drucker Markforged Typ: Mark One
- NETZSCH-Hammermühle Typ CHM 450/300 mit Einziehvorrichtung Typ CEV 300
- Spritzgusswerkzeug Verdichterspindel- Proto
- Minicomponenter mit konischen Doppelschnecken
- Messkneten mit 60 bzw. 300 ml Kammervolumen für Thermoplast- und Elastomerverarbeitung, Drehmoment bis 300 Nm, elektrisch und flüssig temperiert
- Minispritzgießanlage
- Arburg Spritzgießanlage, Allrounder 320S 500-150, universell einsetzbare hydraulische Spritzgießmaschine für kleine zu verarbeitende Kunststoffmengen zu diversen Prüfkörpern
- Injection Molding Compounder KM 1300 bis 14 000 IMC, Schließkraft 1 300 Tonnen, max. Schussgewicht 5 300 g (PS)
- Injection Molding Compounder KM 3200 bis 24 500MX IMC, Schließkraft 3 200 Tonnen, max. Schussgewicht 20000 g (PS)

- Spritzgießmaschine KM 200 bis 1000 C2, Schließkraft 200 Tonnen, max. Schussgewicht 476 g (PS), Werkzeug-Temperatur bis 140 °C, separate zweite Spritzeinheit SP 160, vertikal, max. Schussgewicht 68 g (PS)
- Vollautomatisierte Verarbeitungszelle mit Infrarot-Heizstation für die Verarbeitung von kontinuierlich-faserverstärkten Thermoplasten im Hybridspritzguss
- Doppelschneckenextruder ZE25A x 48D UTX Schnecken-durchmesser 25mm, Gangtiefe 4,2mm, Verfahrenslänge 48D, D/d = 1.46, max. Schneckendrehzahl 1200 min⁻¹, Drehmoment 2x103Nm, Durchsatz bis 100kg/h
- Schmelzepumpe Maag extrex® 28-5 GP
- Doppelschneckenextruder ZE40Ax48D UTX Schnecken-durchmesser 44mm, Gangtiefe 7,2mm,Verfahrenslänge 48D, D/d = 1.46, max. Schneckendrehzahl 1200 min⁻¹, Drehmoment 2x580Nm, Durchsatz bis 400kg/h
- Doppelschneckenextruder ZE40Rx56D/93D UTX Schnecken-durchmesser 47mm, Gangtiefe10,3mm,Verfahrenslänge 56D oder 93D, D/d = 1.46, max. Schneckendrehzahl 1200 min⁻¹, Drehmoment 2x530Nm, Durchsatz bis 400kg/h
- Schmelzepumpe Witte EXTRU 92,6
- Einschneckenextruder KME45XS, Schneckendurch-messer 45mm, Verfahrenslänge 30D Glattrohrzylinder, Schneckendrehzahl 200min⁻¹, Drehmoment 1000Nm, Durchsatz bis 100kg/h
- Downstream-Equipment für Profilextrusion mit bis zu 425mm breiten Profilgeometrien
- UD-Tape-Anlage zur Herstellung von 500mm breiten unidirektionalen endlosfasergefüllten thermoplastischen Tapes mittels Schmelzedirekt-, Folien- und Pulverimprägnierung, Verarbeitungstemperatur bis 350°C, Aufnahme von bis zu 120 Roving-Spulen, statisches und dynamisches Spreizsystem, Produktionsgeschwindigkeit 2–20 m/min, Gesamtdurchsatz max. 260kg/h
- Polyurethan-Anlage für Clear-Coat-Molding im Pilotmaßstab
- Faserschneide, Stapellängen 1,5–98 mm
- Trockenlufttrockner, Trocknungstemperatur-Einstellung bis 160 °C
- Polymer-Pulvermühle, Shredderanlage
- Laminat-Pressen (400 x 400 mm), temperierbar bis 400 °C, temperierbar bis 400 °C, Schließkraft 51kN–1647kN, Hubhöhe 350mm
- Doppelbandpresse (Breite 1 000 mm) temperierbar bis 250 °C, Pressdruck 0–80N/cm², Geschwindigkeit 0,2–8m/min, Spalthöhe 0–150mm, Heizleistung 84kW, Kühlleistung 60kW
- Pulverstreuung für Kunststoffmahlgut, Korngröße 50–500µm, Schüttdichte 0,5–0,7kg/l, Auftragsgewicht 5–800g/m², Geschwindigkeit 0,5–20m/min



Best Paper des ESREF Best Paper Award committee an Dr. David Poppitz

»Correlation of gate leakage and local strain distribution in GaN/AlGaIn HEMT structures (Exchange Paper IPFA 2017)«, 22.09.2016, Halle (Saale)



Best Poster Award der 26. International Photovoltaic Science and Engineering Conference für Dr. Volker Naumann

»Outdoor PID testing of modules in PV systems«, 28.10.2016, Singapur

DIN-Innovationspreis 2017 an Dr. Volker Naumann

»DIN SPEC 91348 – Prüfung von kristallinen Silizium-Solarzellen auf die Anfälligkeit für Potentialinduzierte Degradation«, 25.04.2017, Hannover Messe



Heinz-Bethge-Nachwuchspreis der Heinz-Bethge-Stiftung für Dr. Susanne Richter

»Entstehung und Charakterisierung von nichtmetallischen Fremdphasen bei Siliziumkristallisationsprozessen für die Photovoltaik«, 17.11.2016, Halle (Saale)



Best Poster Award des Scientific committee of the 3rd international Conference on Desalination using Membrane Technology für Magdalena Jablonska

»Antifouling modification of reverse osmose membrane modules by functional coatings on feed spacers«, 05.04.2017, Gran Canaria



Best Student Paper Award des IEEE für Klemens Ilse

»Comparing indoor and outdoor soiling experiments for different glass coatings and microstructural analysis of particle caking processes«, 30.06.2017, Washington DC



Werkstoff-Preis 2017 der Schott AG für Dr. Rico Meier

»Methodenentwicklung zur mechanischen und mikrostrukturellen Charakterisierung von Kupferbändern mithilfe geführter Ultraschallwellen (Lamb-Wellen)«, 12.06.2017, Halle (Saale)



Best Student Paper Award der 18. International Conference on Electronic Packaging Technology für Frank Altmann, Prof. Matthias Petzold und Falk Naumann

»On reproducing the copper extrusion of throughsilicon-vias from the autonomic scale«, 17.08.2017, Harbin (China)



Heinz-Bethge-Anerkennungspreis der Heinz-Bethge-Stiftung für Richard Busch

»Lokalisierte Ionenstrahlerosion von Oberflächen an Initialkanten«, 14.11.2017, Halle (Saale)

DISSERTATIONEN

Cecilia Aguiar da Silva

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Influence of morphology on the relaxation behavior of vulcanized PB-SBR diblock copolymers

Tamoor Babur

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

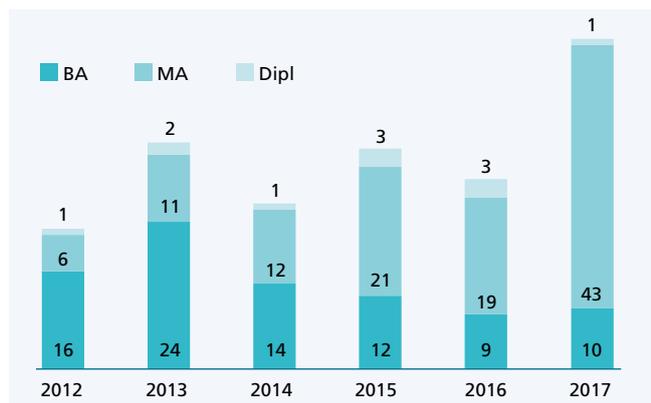
Structure and relaxation dynamics of comb-like polymers with rigid backbone

Katrin Unterhofer

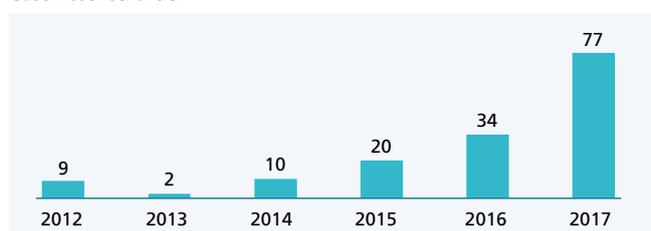
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Charakterisierung von makro- und mikroskaligen thermo-mechanischen Materialeigenschaften dünner Polymerfilme

Studentische Arbeiten



Gastwissenschaftler



Vorlesungen Wintersemester 2016/2017

Fachhochschule Südwestfalen

- Photovoltaic, Energy efficiency
Prof. Dr. Stefan Schweizer
- Wind Generation and Energy Management
Prof. Dr. Stefan Schweizer
- Physik I
Prof. Dr. Stefan Schweizer
- Physik III
Prof. Dr. Stefan Schweizer

Hochschule Anhalt Köthen

- Microsystem Technology
Prof. Dr. Andreas Heilmann
- Diagnostics Solar Cells
Dr. Christian Hagendorf

Hochschule Merseburg

- Werkstoffdiagnostik und Zuverlässigkeit von Mikrosystemen
Prof. Dr. Matthias Petzold
- Photovoltaik
Dr. Christian Hagendorf

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

- Mikrostrukturbasiertes Materialdesign
Prof. Dr. Ralf Wehrspohn
- Polymer Processing
Prof. Dr. Peter Michel
- Polymer in Industry
Prof. Dr. Peter Michel

Vorlesungen Sommersemester 2017

Fachhochschule Südwestfalen

- LED-Technologie
Prof. Dr. Stefan Schweizer
- Physik II
Prof. Dr. Stefan Schweizer

Hochschule Anhalt Köthen

- Snail Trails
Stefanie Meyer

Hochschule Merseburg

- Werkstoffdiagnostik und Zuverlässigkeit
Prof. Dr. Matthias Petzold
- Einführung in die Mikrosystemtechnik
Prof. Dr. Matthias Petzold
- Spezielle Kunststoffverarbeitungsverfahren
Prof. Dr. Peter Michel

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

- Mechanische Eigenschaften von Materialien
Prof. Dr. Ralf Wehrspohn

- Structure Analysis and Proteomics
Dr. Christian Schmelzer
- Structure and Morphology
Prof. Dr. Mario Beiner

Vom Fraunhofer IMWS organisierte Fachveranstaltungen

27th European Symposium on Reliability of Electron devices, Failure physics and analysis (ESREF)
19.–22.09.2016, Halle (Saale)

CAM-Workshop
21.09.2016, Halle (Saale)

PV Days 2016
27.–28.9.2016, Halle (Saale)

Kolloquium »Kunststofftechnik im Wandel der Zeit« zu Ehren von Prof. Dr.-Ing. Peter Michael
29.09.2016, Merseburg

Erster Runder Tisch der Aus- und Weiterbildungsanbieter der Automobilindustrie »Kompetenzen bündeln und Weiterbildungsbedarfe adressieren«
07.02.2017, Halle (Saale)

Wissenschaftliches Seminar »Flexibilität im Strommarkt – Das Geschäft aus Angebot und Nachfrage«
16.02.2017, Halle (Saale)

Strategieworkshop »KoMinaKu«
23.03.2017, Halle (Saale)

Symposium on Heusler compounds as hardmagnetic materials
24.03.2017, Dresden

Gastvortrag Dr. Xuejun Fan: »Investigation of dimensional and heat source effects in Lock-In thermography applications in semiconductor packages«
06.04.2017, Halle (Saale)

Erster Transferworkshop Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik«
06.04.2017, Halle (Saale)

Wissenschaftliches Seminar »Design of nanostructured Materials for fuel cells and electrolyzers«
10.04.2017, Halle (Saale)

Elite User-Workshop
25.04.2017, Halle (Saale)

6th CAM-Workshop 2017 »Innovation in Failure Analysis and Material Diagnostics of Electronics Components«
26.–27.04.2017, Halle (Saale)

SAM3-Projektmeeting
27.–28.04.2017, Halle (Saale)

**Erste Jahrestagung und Symposium GEXOS
Gesellschaft für experimentelle Osteologie e. V.**

17.06.2017, Halle (Saale)

Workshop

**»Werkstoffmechanik von der Zelle bis zur
Zuverlässigkeit des Moduls«**

22.06.2017, Halle (Saale)

Fachvortrag »Thermoelektrik«

14.09.2017, Halle (Saale)

Zweiter Transferworkshop Leistungszentrum

»Chemie- und Biosystemtechnik«

16.10.2017, Halle (Saale)

PV Days 2017

24.–25.10.2017, Halle (Saale)

Allianz Leichtbau-Tagung »Großserienfähiger

Leichtbau im Automobil«

13.–15.11.2017, Schkopau

**Dritte Fraunhofer-Fachtagung »Magnetwerkstoffe,
Seltene Erden und Wertschöpfungsketten«**

11.12.2017, Halle (Saale)

**Weitere öffentlichkeitswirksame
Veranstaltungen**

Mint Select

06.02.2017, Halle (Saale)

Tag der Berufe

15.03.2017, Halle (Saale)

Zukunftstag für Mädchen und Jungen 2017

27.04.2017, Halle (Saale)

20 Jahre Verbund Materials

19.06.2017, Halle (Saale)

16. Lange Nacht der Wissenschaften Halle

23.06.2017, Halle (Saale)

Fraunhofer-Fußballturnier

24.06.2017, Halle (Saale)

Drittes Alumni-Treffen am Fraunhofer IMWS

24.06.2017, Halle (Saale)

Preview Fachtag Wissenschaftskommunikation

04.09.2017, Halle (Saale)

Herbstfest des Fraunhofer AWZ Soest

29.09.2017, Soest

Türöffner-Tag der »Sendung mit der Maus«

03.10.2017, Soest

Talent School mit Sience Slam

20.–22.10.2017, Halle (Saale)

**Zehntes Jubiläum Fraunhofer CSP und
Spatenstich Photovoltaikanlage**

25.10.2017, Halle (Saale)

Herbstfest des Fraunhofer IMWS

09.11.2017, Halle (Saale)

Messen mit Beteiligung des Fraunhofer IMWS

K 2016 Messe für die Kunststoff- und Kautschukindustrie

19.–26.10.2016, Düsseldorf

New Energy World

03.–07.04.2017, Leipzig

Hannover Messe

24.04.2017, Hannover

Tag der Elektromobilität

05.05.2017, Barleben

SMT Hybrid Packaging 2017

16.–18.05.2017, Nürnberg

PCIM Europe 2017

16.–18.05.2017, Nürnberg

**67th Electronic Components and Technology Conference
(ECTC) 2017 IEEE**

30.05.–02.06.2017, Orlando, USA

Intersolar Europe 2017

31.05.–02.06.2017, München

IEEE PCSEC

25.–30.06.2017, Washington DC

Konferenz EU PVSEC

25.–29.09.2017, Amsterdam

Erteilte Patente 2017

- *Hirsch, Jens / Lausch, Dominik / Gaudig, Maria / Bernhard, Norbert*

**Verfahren zur Texturierung der Oberfläche von
kristallinem Silizium, insbesondere zur Reflexions-
minderung bei Solarzellen**

Patent-Nr. DE 10 2016 201 827 B3

- *Henning, Sven / Heilmann, Andreas / Schwan, Stefan / Friedmann, Andrea / Meisel, Hans Jörg / Ganey, Timothy / Herbst, Christian / Hillrichs, Georg*

**Dreidimensionale, poröse Struktur aus Nanofaservlies-
Fragmenten und Verfahren zu dessen Herstellung**

Patent-Nr. EP 3 014 005 (B1)

- *Schulze, Stefan / Ehrich, Christian*

**Verfahren zur Lamination und Formung von
Solarmodulen auf Trägerstrukturen**

Patent-Nr. EP 3 028 854 (B1)

VERÖFFENTLICHUNGEN AM FRAUNHOFER IMWS

Publikations-Highlights



Kleebusch, E.; Patzig, C.; Krause, M.; Hu, Y.; Höche, T.; Rüssel, C.
The formation of nanocrystalline ZrO₂ nuclei in a Li₂O-Al₂O₃-SiO₂ glass – A combined XANES and TEM study

(2017) *Scientific Reports*, 7 (1), art. No. 10869
DOI: 10.1038/s41598-017-11228-7



Ackermann, S.; Steimecke, M.; Morig, C.; Spohn, U.; Bron, M.
A complementary Raman and SECM study on electrically conductive coatings based on graphite sol-gel composite electrodes for the electrochemical antifouling

(2017) *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 795, pp. 68-74
DOI: 10.1016/j.jelechem.2017.04.029



Goehre, F.; Ludtka, C.; Hamperl, M.; Friedmann, A.; Straube, A.; Mendel, T.; Heilmann, A.; Meisel, H.J.; Schwan, S.
Micro-computed tomography, scanning electron microscopy and energy X-ray spectroscopy studies of facet joint degeneration: A comparison to clinical imaging

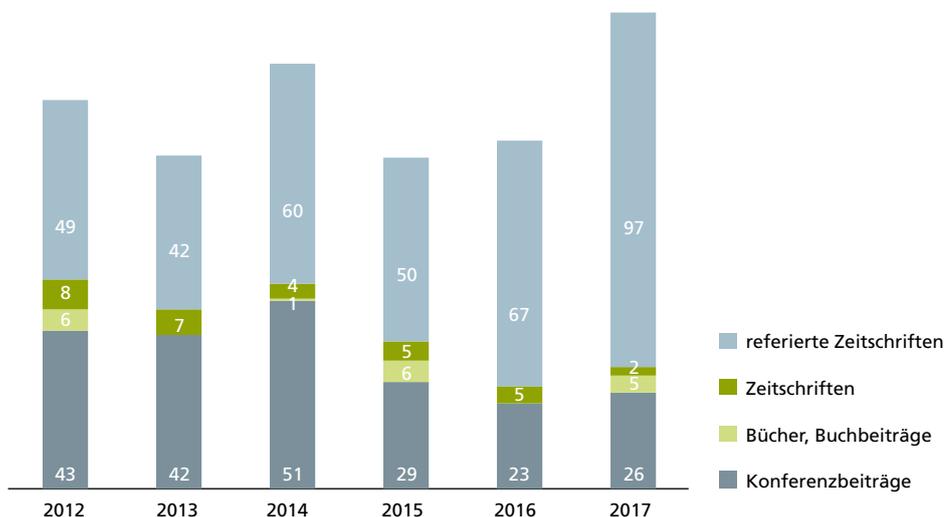
(2017) *Micron*, 100, pp. 50-59
DOI: 10.1016/j.micron.2017.04.011



Luka, T.; Turek, M.; Großer, S.; Hagendorf, C.
Microstructural identification of Cu in solar cells sensitive to light-induced degradation

(2017) *Physica Status Solidi – Rapid Research Letters*, 11 (2), art. No. 1600426
DOI: 10.1002/pssr.201600426

Veröffentlichungen



Ein Großverbraucher ist die Kristallisationsanlage im Technikum des Fraunhofer CSP. Hier wird Silizium geschmolzen, um daraus Wafer für Solaranlagen herzustellen.



NACHHALTIGKEITSBERICHT

Strategisches Ziel am Fraunhofer IMWS ist es, Synergien zwischen den Forschungsaufgaben an unserem Institut und den Betriebskosten zu entwickeln. Die AG Nachhaltigkeitsmanagement bündelt diese Anstrengungen und hat ihre Aktivitäten im Jahr 2017 nicht nur durch eigene Ideen, sondern auch durch Kooperationen und die Einbindung externer Dienstleister methodisch ausgebaut.

Neue Energieverbrauchszähler im Fraunhofer CSP dienen zur detaillierteren Verbrauchsermittlung als Grundlage für die Identifikation weiterer Einsparpotenziale. Hohe Einsparungen ließen sich vor allem bei der Erzeugung von Kühlwasser und Druckluft sowie der Raumlufttechnik erzielen. So hat die Optimierung von Kälteanlagen trotz erhöhten Bedarfs von Prozess- und Klimakälte durch Zusammenschaltung von Anlagen, Anpassungen von Vor- und Rücklauftemperaturen, Schaltzeiten der Anlagen und Änderung von Reinigungsintervallen zu effizienter und wirtschaftlicher Kälteerzeugung geführt. Die Betriebsweise von Be- und Entlüftungsanlagen wurden auf die wissenschaftlichen Prozesse hin optimiert.

Der Betrieb von Großverbrauchern wie Kristallisationsanlagen oder Laminatoren wurde so koordiniert, dass Lastspitzen vermieden werden. Weiterhin wurden sommerlicher Wärmeschutz und Beleuchtungsszenarien mit Hilfe der KNX-Technologie auf die Bedürfnisse und Wettersituationen effizient eingestellt. Die Umstellung von Leuchtmitteln erfolgt konsequent auf stromsparende LED-Technik. Durch ein weiter verbessertes »Standby-Management« der Druckluftverbraucher sowie durch ein verfeinertes Betriebsmanagement der Kompressoren konnte bei der Druckluftherzeugung eine signifikante Einsparung erzielt werden, gleiches gilt bei der Kälteerzeugung durch Anpassungen der Steuerparameter der Kältemaschinen sowie Abgleichen in den Kältekreisen.

Die in der Otto-Eißfeldt-Straße gesammelten Erfahrungen werden nun auf die anderen Liegenschaften übertragen. So wird zum Beispiel das mittlerweile gut etablierte Lastmanagement in die einzelnen Prozesse übernommen. Im Institutsteil in der Walter-Hülse-Straße wurden die Großverbraucher bereits identifiziert. Für 2018 ist eine Aufteilung der vorhandenen Messstellen für Elektroenergie beziehungsweise die umfangreiche Neuinstallation von Energiezählern vorgesehen. Gleichzeitig steht auch die Prüfung an, ob die Verbrauchszählung von Elektroenergie auch alternativ über die Aufrüstung der vorhandenen Gebäudeleittechnik durchgeführt werden kann, um die Detektion elektrischer Lasten symbiotisch mit der Steuerung haustechnischer Anlagen effizient zu verknüpfen.

Zur Optimierung des Fernwärmeverbrauchs in der Walter-Hülse-Straße wurde ein Konzept zur Installation von Einzelraumregelungen für die Büroräume erarbeitet (»Smart Home«). Dieses soll nun anhand von Musterräumen getestet werden. Dabei geht es neben Verbrauchsoptimierungen auch um ein besseres Raumklima und mehr Komfort. Weiterhin wird die Optimierung der KNX-Beleuchtungssteuerung geplant und eingerichtet.

In die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird ebenfalls investiert. Derzeit befindet sich eine Photovoltaik-Anlage mit 100 kWp im Genehmigungsprozess bei den zuständigen Behörden. Der Aufbau ist für das erste Quartal 2018 geplant.

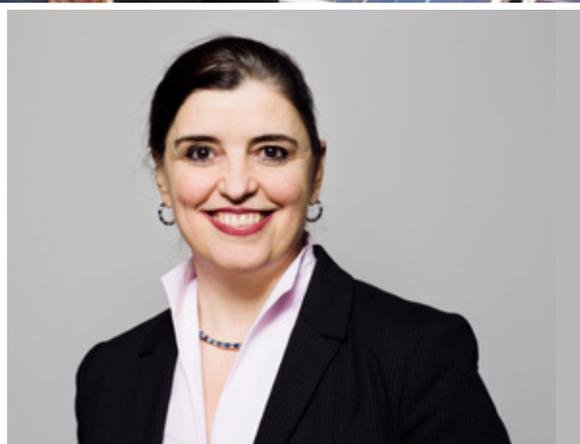
KÖPFE 2017

Mit ihrem Projekt »Smart Magnetic Fields« waren **Dominik Lausch** und **Sascha Dietrich** im Fraunhofer-Innovator-Programm erfolgreich. Der Innovator ist ein verwertungsoffenes Programm zur Entwicklung von marktfähigen Produkten. Im Rahmen des Programms soll die Idee von berührungsfreier Echtzeitmessung in der Produktion von Photovoltaik-Modulen nun zur Marktreife entwickelt werden.

Reiner Haseloff war einer der Ehrengäste beim symbolischen Spatenstich für die neue Solaranlage am Fraunhofer CSP. Der Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt gratulierte zudem zum 10. Jubiläum der Einrichtung und zeigte sich überzeugt, dass das Fraunhofer CSP »ein wichtiger Pfeiler in der Forschungslandschaft unseres Heimatlandes bleiben wird«.



Die vom Fraunhofer-Verbund MATERIALS unter der Koordination von Prof. Ralf Wehrspohn initiierte Plattform Materials Data Space® erhielt im Frühjahr 2017 eine eigene Geschäftsstelle, die von **Ursula Eul** geleitet wird. Im Materials Data Space® sollen Anwendern »digitale Zwillinge« von Werkstoffen zur Verfügung gestellt und materialbezogene Daten über den gesamten Lebenszyklus von Produkten gesammelt und verarbeitet werden. Darüber werden etwa schnellere Material- und Produktentwicklungen und ganz neue Geschäftsmodelle möglich.



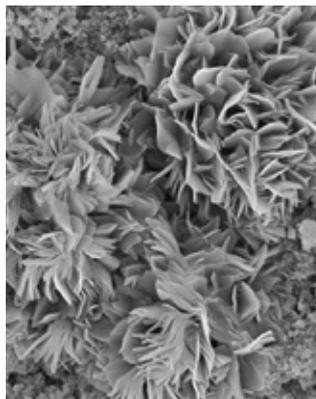
Dem Megatrend Digitalisierung nicht nur zu folgen, sondern die sich damit bietenden Möglichkeiten am Institut aktiv zu nutzen und selbst mitzugestalten, ist die Idee des Projekts »IMWS 4.0«, das von **Ralf Schäfer** koordiniert wird. Mit dem Ziel der stärkeren inner- und überbetrieblichen Vernetzung werden dabei beispielsweise die technische Ausstattung am Institut, organisatorische Abläufe, Ausbildung und Qualifikation sowie Geschäftsmodelle betrachtet. Im Ergebnis wird eine neue Art der wissenschaftlichen Arbeit möglich.



Matthias Mader aus Berlin gewann am 22. Oktober 2017 den ersten Science-Slam am Fraunhofer IMWS. Bei diesem Format stellen mehrere Wissenschaftler ihre eigene Forschungsarbeit innerhalb von je zehn Minuten auf möglichst informative und unterhaltsame Weise vor; das Publikum stimmt dann ab, welche Präsentation am besten war. Der Science-Slam am Fraunhofer IMWS war Teil der Talent School, bei der sich 13 naturwissenschaftlich interessierte Schülerinnen und Schüler in einem dreitägigen Workshop über die Themen des Instituts informiert haben.



Frank Altmann leitet den 2016 geschaffenen Kernkompetenzkreis Mikrostrukturiagnostik am Fraunhofer IMWS. Dort werden die Kompetenzen zur Mikrostrukturaufklärung gebündelt und Initiativen über die Grenzen der Geschäftsfelder hinaus entwickelt. Im zurückliegenden Jahr wurde vor allem die methodische Weiterentwicklung in den Bereichen Fehlerdiagnostik sowie 4D- und Multiskalenanalytik vorangetrieben.



Sandra Sarembe, Ute Heunemann und Maria Morawietz haben im Jahr 2017 das schönste Mikrostrukturbild am Fraunhofer IMWS gemacht. Traditionell zum Jahresende wählen die Mitarbeitenden das beste Motiv, das mit den verschiedenen am Institut eingesetzten Mikroskoptechniken entstanden ist. Das Bild zeigt eine behandelte Dentinoberfläche mit Kristallbildung.



Das neue Geschäftsfeld »Chemische Umwandlungsprozesse« wird 2018 unter der Leitung von **Bernd Meyer** seine Arbeit aufnehmen. Im Jahr 2017 liefen die Vorbereitungen dazu an. Zum Geschäftsfeld werden die Aktivitäten der Wasserelektrolyse inklusive der entstehenden Elektrolyseplattform in Leuna und zu Kohlenstoff-Kreislauf-Technologien gehören.



Katerina Morawietz (2.v.l.) war eine Teilnehmerin beim dritten Alumnitreffen des Fraunhofer IMWS. Sie ist mittlerweile im Sächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr tätig und informierte sich am 24. Juni 2017 gemeinsam mit weiteren ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern über die aktuellen Aktivitäten des Fraunhofer IMWS. Das 2015 geschaffene Alumninetzwerk des Fraunhofer IMWS umfasst mittlerweile mehr als 150 Personen.

Als Vorjahressieger durfte das Fraunhofer IMWS erneut das Fußballturnier ausrichten, bei dem die verschiedenen Fraunhofer-Institute aus ganz Deutschland gegeneinander antraten. Der Titel ging diesmal an der Fraunhofer IWU in Chemnitz, das Fraunhofer IMWS belegte den dritten Platz. Zwei Trophäen verblieben aber in Halle: **René Slawinsky** (links) wurde Torschützenkönig des Turniers, **René Möbius** (rechts) wurde als bester Torhüter ausgezeichnet.





Im Jahr 2018 wird der Erweiterungsbau des Fraunhofer CAM fertiggestellt. Auf einer zusätzlichen Fläche von 770 qm schauen die Forschenden mit neuen Methoden ins Innerste von Werkstoffen.

AUSBLICK

Digitalisierung, Vernetzung und Nachhaltigkeit sind die Themen, die unsere Aktivitäten im Jahr 2018 prägen werden. Vor dem Hintergrund einer sich immer stärker digitalisierenden Werkstoffwelt bieten wir Lösungen für die Industrie 4.0 und den effizienten Einsatz von Materialien.

Bei der Digitalisierung wird die Arbeit in den bereits laufenden Use Cases zum Materials Data Space einen Schwerpunkt bilden, ebenso wie das Gewinnen neuer Partner und das Erschließen weiterer Anwendungsfelder für diese Plattform, in der wir Daten zum »digitalen Zwilling« bereitstellen. Die Arbeit in unseren Kernkompetenzkreisen Mikrostrukturdiagnostik und Mikrostrukturdesign wird dafür wichtige Impulse liefern, denn Daten aus der hochauflösenden Diagnostik oder zur Mikrostrukturkinetik, die den gesamten Lebenszyklus eines Werkstoffs abbilden, sind sowohl die Voraussetzung für eine effiziente Nutzung mit höchster Zuverlässigkeit und Lebensdauer als auch für beschleunigte Materialentwicklung und das Generieren neuer Geschäftsmodelle.

Damit tragen wir wesentlich zu einer nachhaltigeren Nutzung von Werkstoffen bei. Ein weiterer Meilenstein für dieses Ziel wird im Frühjahr 2018 die Inbetriebnahme der Anlage zur Herstellung von UD-Tapes im Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau sein. UD-Tapes sind endlosfaserverstärkte Thermoplast-Systeme, die durch unidirektional ausgerichtete Fasern charakterisiert sind. Schon im Herstellungsprozess kann ihre Faserorientierung direkt an den Lastverlauf im späteren Einsatzfall angepasst werden, sodass besonders leistungsfähige Bauteile oder Halbzeuge gefertigt werden können. Dieses Vorgehen setzt neue Maßstäbe im Bereich des Leichtbaus.

Auch im Erweiterungsbau des Fraunhofer-Kompetenzzentrums für angewandte Elektronenmikroskopie und Mikrostrukturdiagnostik am Fraunhofer CAM werden wir 2018 den Betrieb aufnehmen. Hier bieten wir unseren Kunden künftig noch bessere Voraussetzung für die Entwicklung zuverlässiger Mikroelektronik. Ein Schwerpunkt wird dabei auf dem Einsatz für Automotive-Anwendungen liegen – eine zentrale Voraussetzung, damit das autonome Fahren Wirklichkeit werden kann.

Das Center für Ökonomik der Werkstoffe CEM, das wir gemeinsam mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg betreiben, wird 2018 in seiner neuen Heimat am Friedemann-Bach-Platz in Halle unser Werkstoff-Know-how mit volkswirtschaftlicher Expertise verknüpfen und etwa Analysen und Strategien zur Materialeffizienzsteigerung und -substitution oder Beratung für die Gestaltung einer nachhaltigen regionalen Wirtschafts- und Strukturpolitik anbieten. Ebenso sorgt das neue Geschäftsfeld »Chemische Umwandlungsprozesse« für eine Erweiterung unseres Portfolios. Auch hier steht das Thema Nachhaltigkeit ganz oben auf der Agenda: Im Geschäftsfeld werden Prozesse und Technologien für die stoffliche Nutzung von primären und sekundären Kohlenstoffträgern unter Einkopplung von erneuerbarer Energie entwickelt.

Mit diesen Projekten stärken wir unseren strategischen Fokus und bieten noch bessere Voraussetzungen, unseren Kunden ein Maximum an Know-how für ihre Zukunftsfähigkeit bieten zu können.

IMPRESSUM

Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von
Werkstoffen und Systemen IMWS
Walter-Hülse-Straße 1
06120 Halle (Saale)
+49 3 45 55 89-0
info@imws.fraunhofer.de
www.imws.fraunhofer.de

Redaktion

Christiane Rex, Michael Kraft, Fraunhofer IMWS
Annette Lippstreu, Pandamedien GmbH & Co. KG
Redaktionsschluss: 31. Dezember 2017

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von
Werkstoffen und Systemen IMWS
Öffentlichkeitsarbeit
Walter-Hülse-Straße 1
06120 Halle (Saale)
+49 3 45 55 89-204
info@imws.fraunhofer.de
www.imws.fraunhofer.de

Gestaltung und Produktion

Pandamedien GmbH & Co. KG, Halle (Saale)

Druck

IMPRESS DRUCKEREI Halbritter KG, Halle (Saale)

Alle Rechte vorbehalten.

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

Bildquellen

Titel, S. 4, 5, 8, 9, 24: © Fraunhofer IMWS/Sven Döring
S. 1: © Fraunhofer-Gesellschaft/Jürgen Lösel
S. 2, 3: © Fraunhofer IMWS/Phillip Suttmeier
S. 8: © Fraunhofer IMWS/Lutz Berthold; © Heraeus Electronics
S. 8, 9, 59: © Fraunhofer IMWS/Egbert Schmidt
S. 9: © Fraunhofer CSP/Felix Abraham; © Fraunhofer IMWS/
Markus Scholz; © Fraunhofer IMWS/Michael Deutsch
S. 9, 18, 63: © Fraunhofer IMWS/Cornelia Dietze
S. 9, 44, 64: © Fraunhofer-Verbund MATERIALS
S. 11, 25, 33, 40, 59, 65: © Fraunhofer IMWS/Matthias Ritzmann
S. 18: © Fraunhofer CSP/Volker Naumann
S. 21, 22: © Fraunhofer CSP
S. 32, 64, 65: © Fraunhofer IMWS/Christiane Rex
S. 32: © Michael Bader/Leipzig; © Fraunhofer IMWS/Thomas Hanke
S. 34, 35: © Fraunhofer IMWS/Christian Schmelzer
S. 36: © Fraunhofer IMWS/Sandra Sarembe
S. 37: © Fraunhofer IMWS/Sven Wüstenhagen
S. 38: © Fraunhofer IMWS/Thomas Stordeur
S. 41: © Fraunhofer AWZ/Franziska Steudel
S. 43: © Fraunhofer IMWS/Lukas Ilse
S. 49: © Schott AG/Lohnes
S. 51: © iStockphoto
S. 59: © SKUB Fotostudio GmbH
S. 65: © TU Bergakademie Freiberg/IEC
S. 66: © Planung und Realisierung DGI Bauwerk, Berlin

Alle übrigen Abbildungen: Fraunhofer IMWS



Das Fraunhofer IMWS arbeitet nach
einem Qualitätsmanagementsystem,
das nach ISO 9001 zertifiziert ist.
Zertifikatsnummer DE07/3361

