Fraunhofer
ISC

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC

JAHRESBERICHT 2011/12

Themenschwerpunkt UMWELT

Zum Wissenschaftsjahr 2012 »Zukunftsprojekt ERDE«, ausgerufen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, hat das Fraunhofer ISC seinen Jahresbericht auf den Themenschwerpunkt UMWELT fokussiert.

Ein Symbol für die Herausforderungen, die auf unsere Gesellschaft zukommen, ist die Versorgung einer rasant wachsenden Weltbevölkerung mit sauberem Trinkwasser und der schonende Umgang mit dieser lebensnotwendigen Ressource.

Unser Titelbild zeigt ein Beispiel aus der Natur, wie Wasser nachhaltig genutzt wird: Die mikrostrukturierte Oberfläche der Kapuzinerkresse-Blätter sorgt dafür, dass Regen- und Tautropfen ohne größere Verdunstungsverluste dem Wurzelbereich zugeführt werden können, nachdem sie die „Solarzellen" für die Energiewandlung durch Photosynthese im pflanzeneigenen Kraftwerk effizient gereinigt haben.

Doch neben Wasser sind auch andere wichtige Ressourcen knapp und ungleich verteilt. Das Fraunhofer ISC und seine Forschungseinrichtungen arbeiten an intelligenten Lösungen zum nachhaltigen Umgang mit ihnen.

© Philip Zürn

JAHRESBERICHT
2011/12

Themenschwerpunkt »UMWELT«

VORWORT

Liebe Freunde und Partner des Fraunhofer ISC,
sehr geehrte Damen und Herren,

wenn Sie mich nach *dem* Highlight von 2011 fragen, dann war es sicherlich die Gründung der Projektgruppe IWKS (Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie) am Standort Alzenau (am Bayerischen Untermain). Selten hat eine Thematik derart schnell zur Gründung einer Fraunhofer-Einrichtung geführt wie die der kritischen Metalle und Mineralien, die im zunehmenden Maße benötigt werden, um Zukunftstechnologien realisieren zu können. Der Zugang zu essentiellen Rohstoffen wird auch deshalb immer schwieriger, weil einerseits die Erdbevölkerung stetig wächst und die Zahl an Industrieländern mit hohem Rohstoffbedarf zunimmt, andererseits die Lagerstätten von wichtigen Mineralien und Erzen aber endlich sind und der Abbau bei gleichzeitig sinkender Ausbeute immer komplizierter wird. Zudem gehen ständig wichtige Ressourcen infolge Dissipation verloren. In dieser Situation werden Rohstofflagerstätten immer mehr zu politischem und wirtschaftlichem Faustpfand. Beides führt zu teilweise drastisch steigenden Rohstoffpreisen und zu einer verschärften Situation auf dem Weltmarkt. Hält dieser Trend an, sind aktuelle wie auch zukünftige Technologien gefährdet, die unseren Wohlstand sichern, weil Europa kaum über eigene Rohstoffreserven verfügt. Deutschland beispielsweise ist zu nahezu 100 % auf Importe vor allem aus Dritt- und Schwellenländern angewiesen.

Um diese Abhängigkeiten zu verringern, wird es notwendig sein, vermehrt Sekundärrohstoffquellen zu nutzen oder auf Substitutionsmaterialien auszuweichen. Diesen Themen widmet sich die am 5. September 2011 in Anwesenheit des Bayerischen Wirtschaftsministers Herrn Martin Zeil in Alzenau gegründete Projektgruppe IWKS. Das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (STMWIVT) hat dazu für den Zeitraum 2011-2013 eine Anschubfinanzierung von 5 Mio € gewährt (Zuschuss für Betriebshaushalt und Investitionen), deren Investitionsanteil durch Bundesmittel auf 7 Mio € aufgestockt werden konnte.

Die Stadt Alzenau unterstützt die Projektgruppe, indem ein parkähnliches Areal mit einem geeigneten Bürogebäude und ausreichend Platz für Neubauten zur Verfügung gestellt wurde. Parallel dazu hat das Bundesland Hessen (Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst) im Dezember 2011 eine weitere Anschubfinanzierung in Höhe von 24 Mio € genehmigt – für den Aufbau einer entsprechenden Projektgruppe in Hessen. Dies machte eine Teilung der Aufgaben notwendig, so dass die Themen Ressourcenstrategie und Wertstoffkreisläufe jetzt in Bayern und die Thematik Substitutionsmaterialien in Hessen bearbeitet werden. Für die Aufnahme der Arbeiten geeignete Räumlichkeiten wurden von der Fa. Umicore im Industriepark Hanau-Wolfgang angeboten, die ab 2012 angemietet wurden. Zusätzlich zu der Anschubfinanzierung wurden in beiden Bundesländern Mittel zum Bau und für die Ausstattung von entsprechenden Institutsgebäuden in Aussicht gestellt.

Mit den Leitungsaufgaben wurden Herr Prof. Dr. Armin Reller (Lehrstuhl für Ressourcenstrategie an der Universität Augsburg), Herr Prof. Dr. Stefan Gäth (Lehrstuhl für Abfall- und Ressourcenmanagement der Universität Gießen) und Herr Prof. Dr. Oliver Gutfleisch (Lehrstuhl für Funktionale Materialien der Technischen Universität Darmstadt) gemeinsam betraut. Die operative Leitung hat Herr Prof. Dr. Rudolf Stauber (ehemals BMW Group) übernommen.

Parallel zum Aufbau der Fraunhofer-Projektgruppe IWKS hat das Bayerische STMWIVT 8 Mio € für den Aufbau eines Zentrums für Angewandte Elektrochemie (ZfAE) unter Leitung des Fraunhofer ISC in Würzburg für den Zeitraum von fünf Jahren bewilligt. Das ZfAE ist der erste von zwei Bausteinen eines Bayerischen Forschungs- und Entwicklungszentrums Elektromobilität – der zweite Teil soll 2012 auf dem Gelände der Technischen Universität in Garching bei München entstehen. Der Bayerische Wirtschaftsminister hat am 7. Oktober 2011 auch zu diesem Anlass persönlich den Förderbescheid im Rahmen einer kleinen Feier übergeben, an der rund 50 externe Gäste teilgenommen haben. Geleitet wird das neue Zentrum von Herrn Dr. Victor Trapp.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten zur Energiewende konnte das Center Smart Materials CeSMa mit einem Antrag zur Energiegewinnung mit Hilfe von dielektrischen Elastomergeneratoren (DEG) überzeugen. Ab September 2012 werden entsprechende Entwicklungsarbeiten mit weiteren 8 Mio € während eines 5 Jahres-Zeitraums vom Bayerischen STMWIVT am Fraunhofer ISC gefördert werden

Die Bauarbeiten an der Institutserweiterung durch das *Technikum III* am Standort Neunerplatz in Würzburg wurden im Jahr 2011 fortgesetzt. Im Juli konnte der Rohbau fertiggestellt werden. Anschließend wurde mit den Ausbauarbeiten begonnen. Ebenfalls 2011 wurde mit der Realisierung des 2010 erarbeiteten Konzeptes begonnen, mit dem die bisher von Herrn Prof. Walter Krenkel geleitete Projektgruppe »Keramische Verbundstrukturen« in Bayreuth ab Januar 2012 in ein Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL überführt wurde. Für die Realisierung wurden zwei im früheren Geschäftsbereich von PD Dr. Friedrich Raether eingebundene Gruppen »Polymerkeramik« und »Hochtemperatur-Design« der Projektgruppe in Bayreuth zugeschlagen und damit eine belastbare Basis für einen weiteren Auf- und Ausbau geschaffen. Mit der Gründung des Zentrums HTL ist auch eine Änderung in der Leitungsstruktur verbunden: Das Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL wird ab 2012 von Herrn Prof. Krenkel und Herrn PD Dr. Raether gemeinsam geleitet. Für den Ausbau zum Zentrum HTL wurden vom Bayerischen STMWIVT nochmals Ausbaumittel des Landes in einer Gesamthöhe von 7 Mio € zugesagt. Der Bau eines eigenen Institutsgebäudes wurde ebenfalls genehmigt.

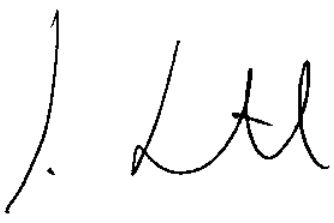
Ein weiterer sehr erfreulicher Glanzpunkt des Jahres war die Verleihung des Joseph-von-Fraunhofer-Preises an Frau Dr. Sabine Amberg-Schwab vom Fraunhofer ISC und Herrn Dr. Klaus Noller vom Fraunhofer IVV für die Entwicklung einer Barrierebeschichtung und eines Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsverfahrens für die kostengünstige Verkapselung flexibler anorganischer Photovoltaikmodule, die 2011 in die Produktion bei unserem Industriepartner, der Isovoltaic AG, Österreich, überführt wurde.

Das Jahr 2011 war damit für das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC wieder sehr ereignisreich, erfolgreich und richtungsweisend: Der Betriebshaushalt stieg von 17,6 Mio € in 2010 auf 18,5 Mio € (+ 5,1 %). Die Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter betrug 2011 durchschnittlich etwa 315, wovon im Jahresmittel ca. 176 festangestellt waren. Insgesamt wurde das Geschäftsjahr 2011 wieder mit einem positiven Ergebnis abgeschlossen. Die hohen Aufwendungen für die Gründung der Projektgruppe IWKS wurden vom Fraunhofer ISC als Investition in die Zukunft aus Grundfinanzierungsmitteln getragen, daher lag der Institutsüberschuss deutlich unter dem herausragenden Jahresabschluss von 2010.

Ich möchte an dieser Stelle nicht versäumen, allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fraunhofer ISC und des Lehrstuhls »Chemische Technologie der Materialsynthese« meine Anerkennung und meinen Dank auszusprechen, ohne deren konstruktive Mitarbeit und exzellente Entwicklungsergebnisse die beschriebenen Erfolge nicht möglich gewesen wären.

Für das uns entgegengebrachte Vertrauen danke ich der Fraunhofer-Gesellschaft, allen industriellen und institutionellen Projektpartnern, Kunden und Beratern, den Mitgliedern des Kuratoriums sowie dem BMBF. Mein besonderer Dank gilt dem Bayerischen STMWIVT für das in uns gesetzte Vertrauen, das sich auch in der großzügigen Unterstützung der Ausbauprojekte des Fraunhofer ISC manifestiert.

Würzburg, im Juni 2012



Prof. Dr. Gerhard Sextl

INHALTSVERZEICHNIS

PROFIL

2 Vorwort
6 Ansprechpartner
8 In Zahlen
10 Im Profil
14 Das Kuratorium
15 Kernkompetenzen
16 Materialbasis
22 Kompetenz- und Fachbereiche, Zentren
34 Rückblick
38 Das Fraunhofer-Zentrum HTL

GESCHÄFTSBEREICHE

40 Gesundheit
44 Energie
51 Umwelt – im Themenschwerpunkt

THEMENSCHWERPUNKT »UMWELT«

52 Geschäftsbereich Umwelt
54 Entwicklung eines quecksilberfreien Präzisionsthermometers
56 Energieeinsparung und CO_2-Minderung bei der Zementproduktion
60 Flexibles Flachglasbiegen in hoher Effizienz
64 Korrosionsschutz ohne sechswertiges Chrom
66 Climate for Culture
68 Sensorik und Umweltmonitoring
74 Luftreinhaltung und Schadstoffabbau
78 Selektive Magnetpartikel für Abwasserreinigung und Recycling von Wertstoffen
82 Prozesskostenreduktion und Ressourceneinsparung durch Multifunktionalität

FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE FÜR WERTSTOFFKREISLÄUFE UND RESSOURCENSTRATEGIE IWKS

88 Zur Gründung der neuen Projektgruppe
90 Hintergründe und Meilensteine
98 »Molecular Sorting« – ein Übermorgen-Projekt der Fraunhofer-Gesellschaft
100 Die Fraunhofer-Gesellschaft
102 Impressum

ANHANG

Den Anhang des Jahresberichts 2011/12 finden Sie im Internet unter
http://www.isc.fraunhofer.de/publikationen.html

ANSPRECHPARTNER

Institutsleiter

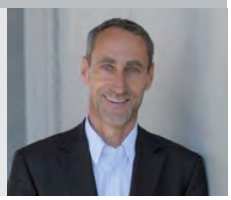
Prof. Dr. Gerhard Sextl
✆ +49 931 4100-100
gerhard.sextl@isc.fraunhofer.de

Stellv. Institutsleiter / Strategisches Management

Dr. Rolf Ostertag
✆ +49 931 4100-900
rolf.ostertag@isc.fraunhofer.de

Verwaltungsleiter

Axel Kuhn
✆ +49 931 4100-102
axel.kuhn@isc.fraunhofer.de



Leiter ISC International

Dr. Michael Popall
✆ +49 931 4100-522
michael.popall@isc.fraunhofer.de

Leiter der Außenstelle Bronnbach

Dr. Andreas Diegeler
✆ +49 9342 9221-702
andreas.diegeler@isc.fraunhofer.de

Geschäftsführer Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS

Prof. Dr. Rudolf Stauber
✆ +49 6023 32039-810
rudolf.stauber@isc.fraunhofer.de

Leiter Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL

Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel
✆ +49 921 786931-21
walter.krenkel@isc.fraunhofer.de

PD Dr. Friedrich Raether
✆ +49 921 786931-60
friedrich.raether@isc.fraunhofer.de

Geschäftsbereich GESUNDHEIT

Dr. Jörn Probst
✆ +49 931 4100-249
joern.probst@isc.fraunhofer.de

New Business Development

Dr. Karl-Heinz Haas
✆ +49 931 4100-500
karl-heinz.haas@isc.fraunhofer.de

Geschäftsbereich ENERGIE

Dr. Victor Trapp
✆ +49 931 4100-370
victor.trapp@isc.fraunhofer.de

Geschäftsbereich UMWELT

Dr. Gerhard Schottner
✆ +49 931 4100-627
gerhard.schottner@isc.fraunhofer.de

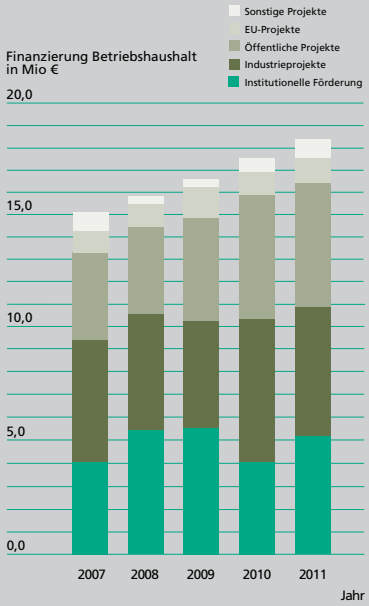
Marketing und Kommunikation

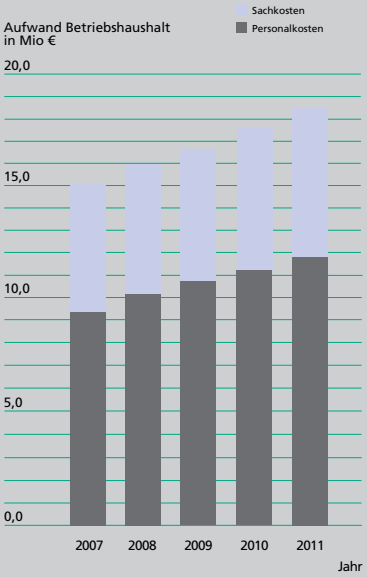
Marie-Luise Righi
✆ +49 931 4100-150
marie-luise.righi@isc.fraunhofer.de

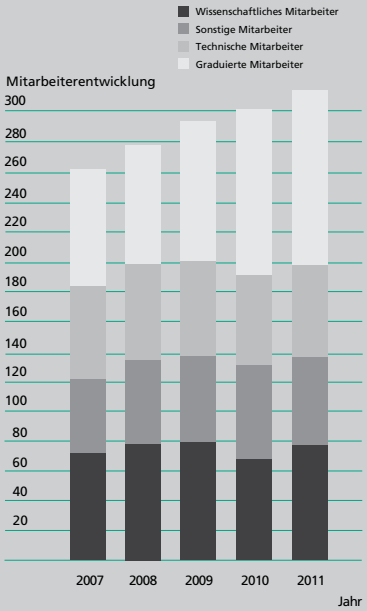
Zentrale Dienste / Bau

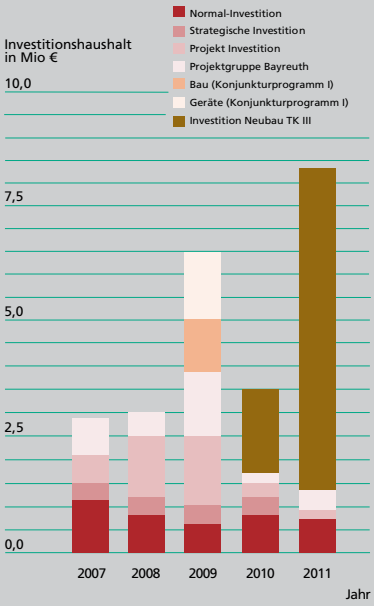
Michael Martin
✆ +49 931 4100-111
michael.martin@isc.fraunhofer.de

IN ZAHLEN


Finanzierung Betriebshaushalt
in Mio €
Sonstige Projekte
EU-Projekte
Öffentliche Projekte
Industrieprojekte
Institutionelle Förderung
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
2007
2008
2009
2010
2011
Jahr


Aufwand Betriebshaushalt
in Mio €
Sachkosten
Personalkosten
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
2007
2008
2009
2010
2011
Jahr


Wissenschaftliches Mitarbeiter
Sonstige Mitarbeiter
Technische Mitarbeiter
Graduierte Mitarbeiter
Mitarbeiterentwicklung
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
2007
2008
2009
2010
2011
Jahr


Normal-Investition
Strategische Investition
Projekt Investition
Projektgruppe Bayreuth
Bau (Konjunkturprogramm I)
Geräte (Konjunkturprogramm I)
Investition Neubau TK III
Investitionshaushalt
in Mio €
10,0
7,5
5,0
2,5
0,0
2007
2008
2009
2010
2011
Jahr

Die deutsche Wirtschaft ist auch in 2011 konstant und stabil gewachsen. Von dieser positiven Entwicklung profitierte das Fraunhofer ISC. Neben den Wirtschaftsaufträgen zogen die Auftragseingänge aus öffentlichen Großprojekten an. Vor dem Hintergrund der insgesamt ausgezeichneten Auftragslage schloss das Institut das Geschäftsjahr ausgeglichen und erfolgreich ab.

Mitarbeiterentwicklung

Bedingt durch den anhaltenden Aufschwung in Deutschland konkurrierte das Fraunhofer ISC mit vielen Unternehmen um hochqualifizierte Bewerber. Der kontinuierliche Aufbau an den Standorten Würzburg, Bronnbach, Bayreuth und Alzenau entwickelte sich daher in geringerem Umfang wie geplant. Von den insgesamt 315 Mitarbeitern waren rund 55 % (176) Stammpersonal. Innerhalb des Kontingents betrug der Anteil unbefristeter Stellen 75 %. Insgesamt verfügte das Institut über eine ausgeglichene Personalstruktur zwischen Wissenschaftlern, Graduierten und Technikern. Darüber hinaus gab das Fraunhofer ISC zahlreichen Studenten die Möglichkeit zu Praktika, Diplomarbeiten sowie Dissertationen und stärkte damit die materialwissenschaftliche Hochschulausbildung.

Betriebshaushalt

Im Fraunhofer ISC wurde eine Reihe neuer Themen und Projektgruppen auf- und ausgebaut. Diese politisch relevanten Forschungsprojekte wurden in der Startphase jeweils mit Mitteln der öffentlichen Hand finanziert. Von diesem Wachstum profitierte das Fraunhofer ISC. In 2011 stieg der Betriebshaushalt um rund 5 % (0,9 Mio €) auf insgesamt 18,5 Mio €. Der Anteil der neuen Projektgruppe IWKS betrug dabei 0,4 Mio €. Die Entwicklung des Personalaufwands (11,9 Mio €) und des Sachaufwands (6,6 Mio €) entsprach dem gesteigerten Geschäftsverlauf.

Das Fraunhofer ISC finanzierte sich zu 28 % (5,2 Mio €) aus der Grundfinanzierung durch die Fraunhofer-Gesellschaft. Der Anteil der Vertragsforschung lag bei insgesamt 72 % (13,3 Mio €). Dabei betrug der Anteil der öffentlichen Erträge 5,5 Mio € (30 %) und der EU-Projekterträge 1,1 Mio € (6 %). Die Erträge aus Industrie und Wirtschaft lagen bei 5,8 Mio € (31 %). Sonstige Erträge betrugen 0,9 Mio € (5 %). Das Jahresergebnis ist leicht positiv (+26 000 €).

Auch im Geschäftsjahr 2012 erwartet das Institut ein mindestens ausgeglichenes Jahresergebnis. Dabei wird sich in Kombination der neuen mit den noch erfolgreich abzuschließenden öffentlichen Projekten eine Verschiebung der Erträge aus der Wirtschaft hin zu öffentlichen Erträgen ergeben.

Investitionshaushalt

Um sich im Wissenschaftswettbewerb behaupten zu können, waren neben hochqualifizierten Mitarbeitern fortlaufende Investitionen in technische Geräte, Geschäftsausstattungen und Baumaßnahmen notwendig. Die Fraunhofer-Gesellschaft investiert einen Betrag im zweistelligen Millionenbereich in einen Neubau inkl. Erstausstattung am Standort Würzburg. Allein in 2011 wurden über 7 Mio € dafür ausgegeben. Die Finanzierung dieser Ausbauinvestition erfolgte durch den Bund, das Land Bayern und die EU. Aber auch in die bestehenden Bauten, die neuen Themenbereiche sowie in neue technische Geräte wurde investiert. Das Budget für diese Investitionen wurde zu 45 % durch projektfinanzierte Mittel und zu 55 % aus der Grundfinanzierung bestritten und beträgt in Summe 1,3 Mio €.

IM PROFIL

Die Spezialisten für neue Werkstoffe und Materialien

Produkte der Zukunft werden sich erfolgreich auf dem Markt etablieren und behaupten, wenn neben den eigentlichen Produktinnovationen und der Marktgängigkeit auch die verwendeten Materialien und deren Herstellung, Inhaltsstoffe, Qualität und Güte als wichtige Treiber des Erfolgs erkannt werden.

Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit sind dabei ebenso wie die Recycelbarkeit oder die intelligente Wiederverwendung nur einige der Stichworte für die zusätzlichen Herausforderungen an Hersteller, Industrie und Entwickler.

Das Fraunhofer ISC arbeitet deshalb seit vielen Jahrzehnten an neuen Materialien für eine hohe Wertschöpfung in Produkten. Auch etablierte Werkstoffe sowie ihre Herstell- und Verarbeitungsverfahren werden im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Funktionalität und Effizienz weiterentwickelt – bis hin zur produktionsgerechten Auslegung der Prozesstechnologien.

Über 300 Mitarbeiter forschen dafür in enger Zusammenarbeit mit kleinen und mittelständischen Unternehmen wie auch mit der Großindustrie an neuen Lösungen für aktuelle und zukünftige Herausforderungen. Damit sichert das Institut den Technologievorsprung seiner Partner und die damit verbundenen Arbeitsplätze.

Im Jahr 2011/12 wurden über 320 Projekte erfolgreich durchgeführt. Darüber hinaus konnten in mehr als 600 Analyseaufträgen Materialien optimiert, die Qualitätssicherung unterstützt sowie Schadensfälle schnell und präzise bewertet und praxisgerechte Lösungsvorschläge erarbeitet werden.

Weltweit vernetzt mit Industrie und Forschung

Das Fraunhofer ISC ist national wie international breit vernetzt und beteiligt sich aktiv auf unterschiedlichsten Plattformen am Dialog mit Industrie und Wissenschaft.

Mit dem Geschäftsbereich ISC International, gegründet 2010 unter der Leitung von Dr. Michael Popall, konnte bereits im ersten Jahr des Bestehens eine deutliche Vertiefung der internationalen Kontakte erreicht werden. Insbesondere im asiatischen Raum haben sich die Verbindungen zu neuen Kooperationspartnern erfolgreich entwickelt. Auf europäischer Ebene unterstützt Dr. Johanna Leißner im Brüsseler Fraunhofer-Büro die Aktivitäten des Instituts. Mit diesen organisatorischen Maßnahmen, einer verstärkten Öffentlichkeitsarbeit und der intensiven Vernetzung auf operativer Ebene in den Forschungsprojekten wurde die internationale Präsenz des Instituts in der Materialentwicklung deutlich ausgebaut.

Entwicklungstrends und Zukunftsvisionen

Um auch zukünftig der Industrie wertvolle Impulse geben zu können, führt das Fraunhofer ISC Technologie-Scouting und eine Bewertung technologischer Trends durch.

In dem Bereich New Business Development unter der Leitung von Dr. Karl-Heinz Haas werden weltweit die wichtigsten Entwicklungen verfolgt und daraus FuE-Perspektiven im Fraunhofer ISC entwickelt. Zusammen mit den Industriepartnern gelingt es so, im Wettlauf um die besten Innovationen, Produkte und Marktanteile ganz vorne mit dabei zu sein.

Bioresorbierbare Wundeinlagen auf Basis eines Kieselgelfaser-Vlieses; Zulassung für spezielle Indikationen seit Oktober 2010

IM PROFIL

Profilierung und Erweiterung des Fraunhofer ISC

Zur Sicherung der Marktstellung des Fraunhofer ISC und seiner FuE-Partner wurde das Profil geschärft. In den Geschäftsbereichen Energie, Umwelt und Gesundheit werden Projekte und Forschungen subsumiert, die u. a. Werkstoffe und Materialien für umweltfreundliche Produkte und Anwendungen, für effiziente, sichere Energienutzung und individualisierte, aber dennoch bezahlbare Medizin zum Ziel haben.

Mit der Eröffnung der Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau im September 2011 hat das Fraunhofer ISC eine der wichtigsten und drängendsten Herausforderungen der Industrie aufgegriffen: Die Sicherstellung von Rohstoffen für Hochtechnologien angesichts des weltweit steigenden Bedarfs und daher explodierender Preise und sinkender Ressourcen. Dafür werden in enger Kooperation mit der Industrie Recyclingtechnologien, Substitutionsmöglichkeiten und Strategien zur Rohstoffversorgung entwickelt. Damit erschließt das Fraunhofer ISC ein wichtiges Themenfeld für die anwendungsorientierte Forschung.

Mit der Gründung des Zentrums für Angewandte Elektrochemie im Oktober 2011 ist ein weiterer Meilenstein gesetzt worden, der die Kompetenzen des Instituts hinsichtlich der Entwicklung von Materialien für Energiespeicher und elektrochemische Anwendungen dokumentiert.

Am 1. Januar 2012 hat sich nach fünfjähriger Aufbauphase die Fraunhofer-Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen in Bayreuth zum Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL gewandelt und befindet sich auf dem Weg zum eigenen Fraunhofer-Institut.

Somit betreibt das Fraunhofer ISC nunmehr an vier Standorten Materialforschung.

Hierzu zählen die Zentren in Bronnbach und Würzburg:

- Internationales Zentrum für Kulturgüterschutz und Konservierungsforschung IZKK
- Center of Device Development CeDeD

- Zentrum für Angewandte Elektrochemie ZfAE
- Zentrum für Angewandte Analytik ZAA
- Center Smart Materials CeSMa

Am Standort Bayreuth befindet sich das

- Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL

An den Standorten Alzenau und Hanau-Wolfgang befindet sich die

- Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS

GESUNDHEIT
UMWELT
ENERGIE

Würzburg/Bronnbach
Spezialglasentwicklung | Energie-speicherung | mobile Energieversorgung | Mikro- und Polymerelektronik | Nanotech-nologie | Diagnostik | regenerative Medizin | Dental- und Mikromedizin | Funktionsfüllstoffe | Beschichtungstechnologie | intelligente Materialien | Umweltmonitoring | präventive Konservierung | Gerätebau

Alzenau/Hanau
Recyclingkonzepte
Design for Recycling
Ressourcenstrategien | Werk-stoffsubstitution

Bayreuth
Hochtemperatur-leichtbau | inhärent sichere Keramikher-stellung

KURATORIUM

Der Institutsleitung steht ein beratendes Gremium namhafter Persönlichkeiten aus Industrie, Forschung und Politik zur Seite. Im Jahr 2011/12 setzte sich das Kuratorium wie folgt zusammen:

Dr. Martin Bastian, SKZ – Süddeutsches Kunststoff-Zentrum, Würzburg

Prof. Dr. Peter Behrens, Universität Hannover

Dr. Hans Dolhaine, Henkel AG & Co.KGaA, Düsseldorf

Dipl.-Ing. Hans-Michael Güther, SGL Brakes GmbH, Meitingen

Prof. Dr. Martin Jansen, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart

Dr. Roland Langfeld (Vorsitzender), Schott Glas, Mainz

Dr. Egbert Lox, Umicore NV/SA, Olen, Belgien

Henry Rauter, VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Bad Säckingen

Dr. Georg Ried, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, München

Prof. Dr. Martin Winter, CeNTech GmbH, Münster

Dr. Detlef Wollweber, Bayer Innovation GmbH, Düsseldorf

KERNKOMPETENZEN

Die Arbeitsschwerpunkte des Fraunhofer ISC liegen in der anwendungsbezogenen Entwicklung nichtmetallischer Materialien und Werkstoffe – von der Vorstufe bis zum Funktionsmuster.

Kernkompetenzen sind:

- **Chemische Nanotechnologie**
- **Prozesstechnik und Charakterisierung**
- **Glaschemie und -technologie**

Mit den spezifischen Kompetenzen in den Bereichen:

Hochtemperatur-Leichtbau, CMC-Strukturen, Hochtemperatur-Design, Polymerkeramik

Nanochemie, Sol-Gel-Werkstoffe, Spezialglasentwicklung, Smart Materials

Energiespeicherung, mobile Energieversorgung

Mikro- und Polymerelektronik, Optik

Diagnostik, regenerative Medizin, Dentalwerkstoffe, Mikromedizin

Funktionsfüllstoffe, Partikeltechnologie

Beschichtungstechnologien und -werkstoffe

Umweltmonitoring und Konservierungsforschung

Geräte- und Anlagenentwicklung

Ressourcenstrategien, Recyclingkonzepte, Recyclinggerechtes Design, Werkstoffsubstitution

MATERIALBASIS

ORMOCER®

Einen FuE-Schwerpunkt bildet die Stoffklasse der ORMOCER®e*. Diese am Fraunhofer ISC entwickelten anorganisch-organischen Hybridpolymere werden mit Verfahren der chemischen Nanotechnologie erzeugt. Das Know-how zur Synthese über den Sol-Gel-Prozess sowie die Funktionalisierung und Weiterverarbeitung der ORMOCER®e wurde seit der Einführung dieser Stoffklasse vor mehr als 25 Jahren kontinuierlich weiterentwickelt und mittlerweile in eine Vielzahl von industriellen Anwendungen überführt.

Über die gezielte Auswahl monomerer oder polymerer Ausgangskomponenten können Werkstoffe und Oberflächen mit multifunktionellem Eigenschaftsprofil realisiert werden. Optische und elektrische Eigenschaften sowie die Widerstandsfähigkeit gegenüber Verschleiß und Korrosion lassen sich ebenso beeinflussen wie Hafteigenschaften, Benetzbarkeit und Oberflächenenergie, Barriereeigenschaften oder Biokompatibilität. Entsprechend breit ist das Anwendungsspektrum für hybridpolymere Werkstoffe.

Viele Produkte, in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern entwickelt, haben sich auf dem Markt etabliert: Kratzfeste Beschichtungen für Lupen und Brillen aus Kunststoff, Zahnfüllmaterialien, Fissurenversiegler, Haftvermittler und Schutzlack sowie hochwertige Dekorschichten für Gebrauchsglas. Lichtempfindliche hybride Schichten werden in Dosimetern zum Nachweis der Lichtexposition von Kulturgütern eingesetzt. Und auch in der (opto-) elektronischen Aufbau- und Verbindungstechnik kommen Hybridmaterialien zum Einsatz: Aus ORMOCER®en hergestellte Lichtwellenleiter machen die wirtschaftliche Realisierung von hochkomplexen elektrooptischen Schaltungen möglich. Mikrolinsen aus ORMOCER® werden bereits in vielen elektronischen Geräten eingesetzt.

* ORMOCER® Eingetragene Marke der Fraunhofer-Gesellschaft für Angewandte Forschung e. V.

Kontakt

Dr. Karl-Heinz Haas
✆ **+49 931 4100-500**
karl-heinz.haas@isc.fraunhofer.de

TECHNISCHES SPEZIALGLAS

Technische und optische Spezialgläser mit angepasstem Eigenschaftsprofil werden in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt wie Messtechnik, Mikroskopie, Elektronik, Medizintechnik, Automobilindustrie und in der Baubranche. Die Entwicklung und Charakterisierung von Spezialgläsern und Glaskeramiken gehören zu den traditionellen Kernkompetenzen des Fraunhofer ISC.

Gezielt werden Eigenschaften wie Homogenität, Viskositätsverhalten, Biegebruchfestigkeit oder chemische Beständigkeit gemäß den jeweiligen Industrieanforderungen optimiert. Soll Glas beispielsweise als besonders temperatur- und chemikalienbeständiges Fügematerial eingesetzt werden, müssen Schmelzpunkt, Ausdehnungs- und Benetzungsverhalten auf die jeweils zu fügenden Materialien abgestimmt werden.

Dabei kommen modernste In-situ-Messmethoden zur Charakterisierung glasbildender Schmelzen sowie eine europaweit einzigartige automatisierte Glas-Screening-Anlage zum Einsatz.

Kontakt

PD Dr. Martin Kilo
✆ +49 931 4100-234
martin.kilo@isc.fraunhofer.de

MATERIALBASIS

INTELLIGENTE WERKSTOFFE

Adaptive Materialien und Werkstoffe, deren Eigenschaften sich beispielsweise elektrisch oder magnetisch schalten lassen, werden als »Intelligente Materialien« oder »Smart Materials« bezeichnet. Mit ihrer Hilfe lassen sich zukünftig nicht nur komplexe mechanische oder mechatronische Systeme vereinfachen, sondern gleichzeitig auch neue zusätzliche Funktionen implementieren.

Das Fraunhofer ISC verfügt über langjährige Erfahrung und profundes Know-how in der Entwicklung und Auslegung von magnetorheologischen und elektrorheologischen Flüssigkeiten (MRF und ERF) und magnetorheologischen Elastomeren (MRE). Die Schnelligkeit und Reversibilität, mit der diese Materialien nach Anlegen eines elektrischen oder magnetischen Feldes ihre Viskosität oder Elastizität ändern können, macht sie ideal zur adaptiven Schwingungs- oder Aufpralldämpfung oder für haptische Bedienelemente.

Darüber hinaus wird an Werkstoffen gearbeitet, mit denen elektrische Signale in mechanische Bewegung umgesetzt werden und/oder umgekehrt Bewegung in elektrische Signale. Dazu zählen Piezokeramiken, elektroaktive Polymere (EAP) und Carbon-Nanotube-Komposite (CNT). Sie eignen sich als aktorische und sensorische Komponenten, beispielsweise als Ultraschallwandler, zur Online-Strukturüberwachung oder für die Energiewandlung (micro energy harvesting). Je nach Anwendungsbereich und Anforderungsprofil werden die geeigneten Materialien ausgewählt und gegebenenfalls kombiniert.

Kontakt

Dieter Sporn
✆ **+49 931 4100-400**
dieter.sporn@isc.fraunhofer.de

KERAMISCHE PROZESSTECHNIK

Um eine optimale Produktion von Hochleistungskeramiken in hoher Qualität mit gleichzeitig geringem Energieverbrauch zu realisieren, müssen die Verfahrensparameter dem jeweiligen Prozess angepasst werden. Mit dem Ziel einer inhärent sicheren und kostengünstigen Herstellung untersucht und modelliert das Fraunhofer ISC die zentralen Verfahrensschritte wie Formgebung, Entbinderung und Sinterung.

Ein homogenes Gefüge der noch ungebrannten Rohlinge, der sogenannten Grünkörper, ist ausschlaggebend für die Qualität und Zuverlässigkeit der späteren High-Tech-Keramik. Um die Homogenität der Grünteile zu ermitteln und langfristig zu verbessern, werden neueste Prüf- und Messverfahren eingesetzt – von der Erstellung hochaufgelöster REM-Aufnahmen über die Terahertzwellenstreuung bis hin zur Messung und anwendungsgerechten Modellierung von Wärmeleitfähigkeit und E-Modul.

Zur berührungsfreien In-situ-Untersuchung von Entbinderungs- und Sinterprozessen an Grünkörpern werden die am Fraunhofer ISC entwickelten thermooptischen Messmethoden (TOM) eingesetzt. In Verbindung mit einer speziellen Auswertesoftware lässt sich der Ablauf der Keramikherstellung für beliebige Temperaturzyklen und unter verschiedenen Atmosphärenbedingungen präzise verfolgen und vorhersagen. Die Kombination von Modellierung und In-situ-Messung ermöglicht die Optimierung der Eigenschaften keramischer Materialien sowie die Ausarbeitung der geeigneten Prozessparameter.

Kontakt

Dr. Andreas Nöth
✆ **+49 931 4100-450**
andreas.noeth@isc.fraunhofer.de

MATERIALBASIS

VERBUNDWERKSTOFFE

Keramische Faserverbundwerkstoffe, kurz CMC (Ceramic Matrix Composites) genannt, sind leichte, besonders temperaturstabile und hochbelastbare Materialien. Die ursprünglich als Alternative zu metallischen Werkstoffen für die Luft- und Raumfahrtindustrie entwickelten Materialien finden zunehmend ihren Weg in Alltagsanwendungen, beispielsweise als leichte und besonders verschleißarme CMC-Bremsscheiben.

Am Fraunhofer ISC in Würzburg werden neuartige hochtemperaturstabile keramische Fasern in den Stoffsystemen Si-B-N-C und Si-C entwickelt. Da die Leistungsfähigkeit von SiC-Fasern bei sehr hohen Temperaturen an ihre Grenzen stößt, wird neben kostengünstigen Herstellverfahren für SiC auch eine SiBNC-Hochtemperaturkeramik entwickelt, deren Einsatzbereich bei Temperaturen über 1300 °C liegt. Bei beiden Systemen wird der gesamte Prozess von der Herstellung keramischer Precursoren, der Synthese spinnfähiger Polymere bis zur Faserherstellung im Pilotmaßstab abgedeckt.

Mit der Auslegung, Herstellung und Prüfung von CMC-Werkstoffen beschäftigt sich das Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL in Bayreuth. Nach dem in den vergangenen Jahren erfolgreich vorangetriebenen Aufbau können die wesentlichen Prozesse von der Formgebung der Bauteile über die Hochtemperaturbehandlung bis hin zur Qualitätskontrolle durchgeführt werden. Im Vordergrund steht zum einen die anwendungsspezifische Entwicklung hochtemperaturbeständiger Strukturbauteile aus oxidischen und nichtoxidischen Faserverbundkeramiken. Zum anderen werden auf Grundlage detaillierter Defektanalysen Simulationsmodelle erarbeitet, mit deren Hilfe zuverlässige Aussagen über die Lebensdauer von Faserverbundkeramiken unter Einsatzbedingungen gemacht werden können.

Kontakt

Fraunhofer-Zentrum HTL
Gottlieb-Keim-Straße 60
95448 Bayreuth

Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel
✆ +49 921 786931-21
walter.krenkel@isc.fraunhofer.de

PD Dr. Friedrich Raether
✆ +49 921 786931-60
friedrich.raether@isc.fraunhofer.de

Aus der chemischen Analytik des Zentrums für Angewandte Analytik ZAA

KOMPETENZBEREICHE

DENTAL UND MIKROMEDIZIN

Der Kompetenzbereich entwickelt (bio-/aktiv)funktionalisierte Materialien für die Zahnerhaltung (Restauration, Prophylaxe, Regeneration) und den Zahnersatz sowie für den Einsatz als Knochenzement und in der Mikromedizin. Zu den Kernkompetenzen gehören die Entwicklung und Synthese von multifunktionellen Precursoren bis hin zu anwendungsadaptierten Werkstoffen wie Harzsystemen ohne dentale Monomere, (Nanohybrid-)Komposite, Glasionomerzemente und darauf abgestimmte (self oder total etch) Adhäsive als ausgezeichnete Basis für direkte und indirekte Restaurationen (Füllungen, Kronen etc.). Begleitet werden die Entwicklungen durch umfassende sowie spezielle applikationsbezogene chemisch/physikalische Charakterisierungen. Der Kompetenzbereich verfügt über eine Vielzahl verschiedener Verfahren zur Strukturierung sowie zur Füllstoffsynthese und Einarbeitung.

Kontakt

Dr. Herbert Wolter
✆ **+49 931 4100-510**
herbert.wolter@isc.fraunhofer.de

GLAS UND MINERALISCHE WERKSTOFFE

Von der modellgestützten Entwicklung neuer Gläser und anorganisch-mineralischer Materialien über die Verfahrens- und Prozesstechnik bis hin zur Herstellung prototypischer Bauteile werden alle wesentlichen Schritte der Materialentwicklung abgedeckt. Schwerpunktmäßig werden Spezialgläser und Glaskeramiken sowie Materialien für den Baubereich in Form von Bulkmaterialien, Fasern und Schichten entwickelt. Im Bereich der Spezialglasherstellung kommt eine weltweit einmalige automatische Glas-Screening-Anlage zum Einsatz. Bei Bedarf können Gläser und Halbzeuge in Mengen bis maximal 100 kg im Jahr hergestellt werden. Bei den mineralischen Werkstoffen bilden Werkstoffkreisläufe und Sekundärrohstoffe einen besonderen Schwerpunkt der aktuellen Arbeiten. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Funktionalisierung von traditionellen Baumaterialien.

Kontakt

PD Dr. Martin Kilo
✆ **+49 931 4100-234**
martin.kilo@isc.fraunhofer.de

OPTIK UND ELEKTRONIK

Der Kompetenzbereich entwickelt Technologien (Werkstoffe, Prozesse, Charakterisierung) für Anwendungen in Optik und Elektronik. Zu den Kernkompetenzen zählen Entwicklung und Adaption von produktionsgerechten Beschichtungs-, Formgebungs- und zwei- wie auch dreidimensionaler Strukturierungsverfahren, insbesondere an am Fraunhofer ISC entwickelten Materialklassen wie (Hybrid-)Polymeren, Gläsern und Keramiken. Ein Spezialgebiet ist die Entwicklung direkt strukturierbarer Hybridpolymere für die optische und elektronische Aufbau- und Verbindungstechnik sowie für mikromedizinische Anwendungen.

Kontakt

Dr. Ruth Houbertz
✆ **49 931 4100-520**
ruth.houbertz@isc.fraunhofer.de

Dr. Gerhard Domann
✆ **+49 931 4100-551**
gerhard.domann@isc.fraunhofer.de

WERKSTOFFCHEMIE

Der Kompetenzbereich Werkstoffchemie führt das Know-how aus den Fachbereichen Sol-Gel-Chemie, Schichtwerkstoffe und Partikeltechnologie zusammen. Damit stehen vielfältige Synthesemethoden zur Verfügung für die Entwicklung und Optimierung von Werkstoffen und Werkstoffkomponenten. Umfassende Lösungen werden erarbeitet für spezifische Anwendungen in Technik, Gesundheit, Energie, Bau und Umwelt.

Kontakt

Dipl.-Ing. Walther Glaubitt
✆ **+49 931 4100-406**
walther.glaubitt@isc.fraunhofer.de

Dr. Klaus Rose
✆ **+49 931 4100-626**
klaus.rose@isc.fraunhofer.de

FACHBEREICHE

SOL-GEL-WERKSTOFFE UND -PRODUKTE

Ausgehend von der klassischen Sol-Gel-Chemie werden in diesem Fachbereich Vorstufen für nichtmetallische, anorganische Werkstoffe synthetisiert. Sie bilden die chemisch-synthetische Grundlage für anorganische Beschichtungslösungen, Faserspinnmassen sowie mesoporöse Materialien, die bei der Entwicklung von multifunktionellen Werkstoffen z. B. für Baustoffe, für Architekturverglasung oder für Produkte in der regenerativen Medizin zum Einsatz kommen. Produkte für eine bezahlbare Gesundheit in den Märkten von übermorgen sind ebenso im Fokus wie technische Detaillösungen für einen effizienten Einsatz von Solaranlagen in staubbelasteten Wüstengebieten.

Kontakt

Dipl.-Ing. Walther Glaubitt
✆ **+49 931 4100-406**
walther.glaubitt@isc.fraunhofer.de

HYBRIDE SCHICHTEN UND BESCHICHTUNGSTECHNOLOGIE

Mit Verfahren der chemischen Nanotechnologie werden multifunktionelle hybrid-polymere Schichtwerkstoffe synthetisiert. Dabei kommen substrat-, werkstoff- und bauteilspezifische produktionsrelevante, prozessangepasste Applikations- und Verarbeitungsverfahren sowie moderne Schichthärtungsmethoden zum Einsatz. Das Eigenschafts- und Anwendungsspektrum erstreckt sich von vielfältigen Schutzwirkungen über einstellbare Permeabilität und Migrationsbarrieren, katalytische Wirkung und spezielle chemische Sensitivität hin zu variablen optischen Eigenschaften und schaltbaren, aktiven Funktionen.

Kontakt

Dr. Klaus Rose
✆ **+49 931 4100-626**
klaus.rose@isc.fraunhofer.de

KULTURGÜTERSCHUTZ

Vor dem langjährigen Erfahrungshintergrund im Bereich Glas- und Metallkorrosion befasst sich diese Arbeitsgruppe mit den Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf gefährdete Kulturgüter, insbesondere aus Glas, Metall oder Keramik. Die Messung von Umwelteinwirkungen mittels speziell entwickelter Glas- und Lichtdosimeter erlaubt es, Kunst- und Kulturgüter vorbeugend besser zu schützen – sei es in situ, in Vitrinen oder in Museumsdepots. Zum Dienstleistungsangebot gehört darüber hinaus die Entwicklung neuer Konservierungsmaterialien und -methoden zum Schutz historischer Kultur- und Industriedenkmäler. Beispielsweise wurde gemeinsam mit dem Bereich Sol-Gel-Werkstoffe ein spezieller Glas-in-Glas-Festiger entwickelt, der die schonende, langsame Ausheilung von Mikrorissen in korrosionsgeschädigten Kirchenfenstern ermöglicht.

Kontakt

Katrin Wittstadt
✆ **+49 9342 9221-704**
katrin.wittstadt@isc.fraunhofer.de

PARTIKELTECHNOLOGIE UND GRENZFLÄCHEN

Durch die wachsende Funktionalität und Komplexität von Werkstoffen und Bauteilen gewinnen Grenzflächenphänomene immer größere Bedeutung. Überall dort, wo große Oberflächen im Spiel sind, z. B. bei Partikelsystemen für die Diagnostik oder in Verbundwerkstoffen, wird die Chemie an Grenzflächen bzw. Interfaces qualitätsbestimmend, wenn nicht sogar eigenschaftsdominierend. Ausgehend von langjähriger Erfahrung auf dem Gebiet der nasschemischen Synthese multifunktionaler Partikel für Dentalanwendungen, Oberflächenfunktionalisierung und Kompositherstellung wurde die Expertise in Richtung medizinischer Diagnostik/Theranostik, Wirkstoff-Verkapselung, gezielte Freisetzung und Selbstheilung erweitert.

Kontakt

Dr. Uta Helbig
✆ **+49 931 4100-516**
uta.helbig@isc.fraunhofer.de

ZENTREN

Das ZfAE wird durch den Freistaat Bayern gefördert.

Anschluss einer Messzelle in den Mehrkanal-Batterie-Messstand.

ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE ELEKTROCHEMIE ZfAE

Am 7. Oktober 2011 wurde am Fraunhofer ISC das »Zentrum für Angewandte Elektrochemie ZfAE« gegründet. Die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer ISC werden zusammen mit der Fraunhofer-Projektgruppe »Elektrische Speichertechnologie« in Garching im Rahmen des »Bayerischen Forschungs- und Entwicklungszentrums Elektromobilität« v. a. an der Verbesserung der Energiespeicherung für Elektroautos arbeiten. Beide Zentren verstehen sich als Bindeglied zwischen universitärer Grundlagenforschung und industrieller Anwendung und werden deshalb den Schulterschluss mit der Industrie suchen. In Würzburg stehen die Entwicklung neuer Materialien und Komponenten für verschiedene Batteriearten und elektrochemische Doppelschichtkondensatoren sowie das Recycling und die Ressourceneffizienz dieser Energiepeicher im Mittelpunkt.

Batterieentwicklung im Fokus

Der Schwerpunkt der aktuellen Arbeiten liegt dementsprechend auf der Materialentwicklung für sicherere und leistungsstärkere Lithiumionenbatterien sowie für hybride Systeme aus Doppelschichtkondensatoren und Batterien. Besonders vielversprechend für die Verbesserung der Sicherheit von Lithiumionenbatterien sind die am Fraunhofer ISC neu entwickelten Polymerelektrolyte auf Basis anorganisch-organischer Hybridpolymere (ORMOCER®e). Speziell angepasste Vertreter dieser am Fraunhofer ISC entwickelten Materialklasse werden als lithiumionenleitende Separatorschicht genutzt, um die bisher verwendeten leichtentzündlichen organischen Flüssigelektrolyte zu ersetzen. Diese neuen Elektrolyte fungieren zum einen als schwerentflammbare Barriereschicht, um damit Brandgefahr zu minimieren. Gleichzeitig weisen sie aber eine ausreichende Ionenleitfähigkeit auf, um einen schnellen, kontrollierten Transport der Lithiumionen zu ermöglichen. Das anorganische Polysiloxangerüst dieser Hybridpolymere sorgt für eine hohe thermische, mechanische und elektrochemische Belastbarkeit und damit für eine besonders hohe Sicherheit. Das Molekülgerüst lässt sich vielseitig funktionalisieren und an die jeweiligen Anforderungen anpassen. So wurden bereits stabile Elektrolyten mit Leitfähigkeiten von knapp 1 mS/cm hergestellt.

Zusätzlich zu den neuartigen Polymerelektrolytsystemen werden mit der Synthesekompetenz des Fraunhofer ISC neue Elektrodenmaterialien für Lithiumionenbatterien und elektrochemische Doppelschichtkondensatoren entwickelt. Hier ist es das Ziel, Materialien mit hoher spezifischer Kapazität zu synthetisieren, die im Betrieb hohe Spannungen und damit hohe Energiedichten erlauben, dabei aber aufgrund ihrer Nanostrukturierung schnelles Laden und Entladen ermöglichen und die hohe Leistungsdichte der Energiespeicher sicherstellen. Wesentlich ist auch hier die Abstimmung der einzelnen Komponenten aufeinander.

Die neu entwickelten genauso wie die von externen Anbietern gelieferten Materialien werden im Fraunhofer ISC zu Elektroden und Zellen verarbeitet und elektrochemisch charakterisiert. Große Mehrkanalmessgeräte stehen für Langzeitzyklisierungen unter kontrollierten Temperaturbedingungen zur Verfügung und erlauben detaillierte Aussagen über das Verhalten von verschiedenen Anoden- und Kathodenmaterialien im Zusammenspiel mit den Elektrolyten. Spezielle Methoden wie Scanning Electrochemical Microscopy (SECM) und Impedanzspektroskopie ergänzen das Portfolio der Charakterisierungsmethoden.

Kontakt

Dr. Victor Trapp
✆ +49 931 4100-270
victor.trapp@isc.fraunhofer.de

ZENTREN

Vollautomatische Glasscreeninganlage

ZENTRUM FÜR GERÄTE- UND ANLAGENENTWICKLUNG CeDeD

Entwicklung und Dienstleistung

Im Fokus des Centers of Device Development CeDeD steht die Entwicklung wissenschaftlicher Forschungsanlagen, die sowohl bei der Charakterisierung neuer Materialien als auch bei der Qualitätskontrolle im Produktionsprozess eingesetzt werden.

Das Zentrum verfügt über das gesamte Kompetenzspektrum, das für die wissenschaftliche Ausarbeitung, die Konstruktion und das Design bis hin zum Aufbau der Forschungsanlagen benötigt wird. Angefangen bei der Entwurfserstellung und Konzeptionierung basierend auf dem 3D-Konstruktionstool AUTOCAD Inventor bis hin zur computergesteuerten Bauteilfertigung in der angeschlossenen Werkstatt wird die gesamte Entwicklungslinie der Forschungsanlagen abgebildet. CeDeD ist Ansprechpartner für interne und externe Forschungsgruppen wie auch direkter Partner der Industrie bei der anlagentechnischen Umsetzung von Forschungsergebnissen. In enger Zusammenarbeit mit den Forschungsgruppen am Fraunhofer ISC übernimmt CeDeD die Entwicklung von Prototypen, Demonstratoren und Pilotanlagen für die Herstellung und Verarbeitung von neu entwickelten Werkstoffen wie auch von Forschungsgeräten für die Prozesskontrolle am Ende der Wertschöpfungskette.

Partner für Industrie und Forschung

Die besondere Aufmerksamkeit liegt auf der Entwicklung thermo-optischer Messsysteme, kurz TOM, die zur In-situ-Charakterisierung von Materialien während einer Wärmebehandlung eingesetzt werden. Die Messungen können im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis über 2000 °C erfolgen. Aktuelle Fragestellungen kommen dabei aus der Spezialglas- und Hochleistungskeramikindustrie sowie aus der Weiterentwicklung von Feuerfestmaterialien. Dabei werden die neu entwickelten Verfahren mithilfe der Vakuumtechnik, Lasertechnologie und Robotik zu industriell nutzbaren Systemen ausgebaut. Thermo-optische Messverfahren sind jedoch auch für weitere Werkstoffgruppen interessant, die eine Wärmebehandlung durchlaufen, beispielsweise für das gesamte Spektrum der Pulvermetallurgie und Spritzgusstechnik. Durch die Zertifizierung im Bereich ISO 9001:2008 gewährleistet CeDeD die vollständige Abbildung der Prozesskette mit einem jährlich geprüften Qualitätsmanagement und steht als verlässlicher Partner für die Entwicklung neuer Technologien zur Verfügung.

Kontakt

Fraunhofer ISC
Außenstelle Bronnbach
Bronnbach 28
97877 Wertheim

Dr. Andreas Diegeler
✆ +49 9342 9221-702
andreas.diegeler@isc.fraunhofer.de

www.ceded.de

Chemische Analytik

ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE ANALYTIK ZAA

Das Zentrum für angewandte Analytik ZAA ist für interne und externe Kunden der Ansprechpartner für die Analyse des Aufbaus und der Eigenschaften von Materialien. Die Analyse des Materialaufbaus reicht von der Zentimeterskala bis hinab auf die atomare Skala. So ist oft eine Korrelation der gefundenen Mikrostruktur mit den Materialeigenschaften möglich.

Die Materialanalysen sind die Grundlage vieler Werkstoff- und Verfahrensentwicklungen und auch entscheidend bei der Schadensanalytik. Schadensfälle in der Produktion oder gar »im Feld« sind oft auf Materialfehler oder auf den Einsatz von Materialien unter zuvor nicht berücksichtigten Umweltbedingungen zurückzuführen. Das ZAA bietet eine Kombination aus modernster Materialanalytik und angewandter wissenschaftlicher Beratung. Ziel ist das Verstehen der analytischen Ergebnisse und die Umsetzung in Maßnahmen. Um den hohen industriellen Qualitätsanforderungen gerecht zu werden, ist das Zentrum für angewandte Analytik akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025.

Die Schwerpunkte liegen in der chemischen Analytik für Nichtmetalle, der Nanoanalytik, der Schadensanalyse, der Charakterisierung von Gefüge- und Schichteigenschaften, in Produktprüfungen wie beispielsweise der RAL- bzw. EUCEB-Prüfung von Mineralwolle sowie in der Grenzflächen- und Oberflächenanalytik. Neben chemischen Routineanalysen mit der Röntgenfluoreszenzmethode werden Resistenzprüfungen an verschiedenen Werkstoffen durchgeführt. So können mit einem Atomemissionsspektrometer mit Plasmaanregung (ICP-AES) oder der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) selbst wenige Millionstel Gramm eines gelösten Materials analysiert werden. Mit höchstauflösender Rasterelektronenmikroskope werden Mikrostruktureigenschaften wie die Oberflächentopographie und die Oberflächeneigenschaften der Proben analysiert. Zur artefaktfreien Präparation nutzt das ZAA hochmoderne Ionenstrahl-Cross-Section-Polisher, so dass sich auch poröse Proben analysieren lassen. Das Scanning-Transmissionselektronenmikroskop (S/TEM) dient zur Analyse des Materialgefüges bis in den Nanometerbereich. Dazu werden dem zu untersuchenden Material über fokussierte Ionenstrahlen (FIB) gezielt hauchdünne Proben entnommen. Mit der Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) wird die Oberflächenchemie detektiert.

Insgesamt stehen am Fraunhofer ISC über 50 verschiedene Analyseverfahren zur Verfügung, die eine korrelative Analytik erlauben. Um gegebenfalls auch weitere Verfahren, wie ToF-SIMS, Synchrotron-Tomographie etc. einzusetzen, verfügt das Zentrum für angewandte Analytik über ein Netzwerk aus teilweise ebenfalls akkreditierten analytischen Dienstleistern innerhalb und außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Kontakt

Dr. Jürgen Meinhardt
✆ +49 931 4100-202
juergen.meinhardt@isc.fraunhofer.de

ZENTREN

CENTER SMART MATERIALS CeSMa

Auftrag

Das Center Smart Materials entwickelt kundenspezifische Werkstoffe und Komponenten, die auf der Nutzung elektrisch schaltbarer Materialeigenschaften beruhen. Dabei geht es im Wesentlichen immer darum, eine schnelle Wandlung mechanischer in elektrische Energie für einen Sensor oder umgekehrt für einen Aktor technisch auszunutzen. Da sich die zugrundeliegenden physikalischen Effekte im Bereich weniger Millisekunden reversibel schalten und stufenlos regeln lassen, sind neuartige Lösungen möglich, die konventionelle mechanische Lösungen vereinfachen, neue zusätzliche Funktionen zugänglich machen und schließlich auch Masse einsparen.

CeSMa fokussiert sich auf die rasche Umsetzung von »Smart Materials« in Komponenten wie Aktoren, Sensoren, Dämpfern, Kupplungen, »Energy Harvestern« oder auch von »Smart Windows« und ermöglicht seinen Kunden so den Zugang zu neuartigen Produkten und Technologien. CeSMa ist seit seiner Einrichtung im Mai 2009 auf einem Wachstumskurs, der sich nach den vorliegenden Zahlen und Planungen auch 2012 fortsetzen wird.

Materialien – Funktionen – Komponenten

»Smart Materials«, auch »adaptive Materialien« genannt, bezeichnen eine stofflich sehr uneinheitliche Werkstofffamilie: Sie umfasst polykristalline Festkörper wie Piezokeramiken, elektrisch oder magnetisch schaltbare Flüssigkeiten (ERF bzw. MRF) sowie dielektrische Elastomere, die sich entweder als Aktor oder Sensor einsetzen lassen (DEA bzw. DES) oder, wenn sie mit magnetisierbaren Partikeln gefüllt werden, auch ihre Steifigkeit und/oder ihre Form reversibel im Magnetfeld ändern können (MRE). Eine weitere Stoffklasse mit guten Schalteigenschaften sind Metallo-Polyelektrolyte (MEPE), die zunächst für »Smart Windows« qualifiziert werden, aber weitere Anwendungen in Aussicht stellen.

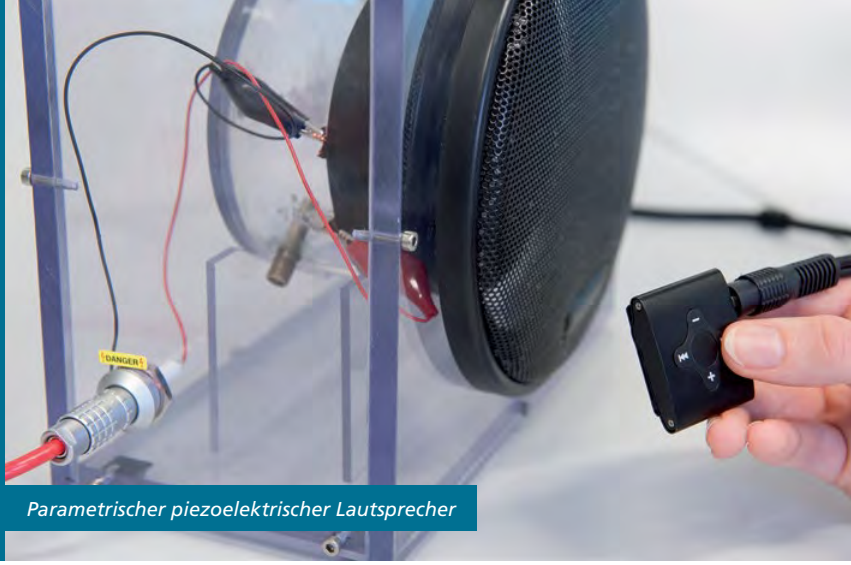
Die Strategie der Materialauswahl und -optimierung beginnt mit der Analyse des jeweiligen Anwendungsfalls, für den die erforderlichen Kräfte, die Wege, die Dynamik und der Temperaturbereich spezifiziert werden. Daraus kann die Entscheidung abgeleitet werden, ob und wenn ja, welche werkstofflichen Optimierungen notwendig sind. Dann erfolgt der Entwurf für einen Labordemonstrator, in dem die ausgewählten Materialien eingebaut und geprüft werden. Je nach Bedarf können die Untersuchungen auch zyklische Belastungs- und Klimatests (nach DIN oder EN) umfassen.

Folgende Material- bzw. Komponentenentwicklungen stehen beispielhaft für die erfolgreiche Arbeitsweise des CeSMa:

Dielektrische Elastomer-Aktoren DEA
Gezielte Werkstoffoptimierungen (u. a. höhere Permittivität) verbesserten die Dehnung bei gleicher Feldstärke um 40 % gegenüber dem unmodifiziertem Material. Die Aktuationsdehnung bleibt über 100 000 Zyklen vergleichbar zur Erstmessung. Anwendung: Vielschicht-Aktor.

Dielektrische Elastomer-Sensoren DES
Langzeituntersuchen haben gezeigt, dass Sensoren dieses Typs über 150 000 Zyklen und im Temperaturbereich von -30 °C bis +80 °C einsetzbar sind. Anwendungen dieses robusten Sensortyps sind Dehnungsmessungen in technischen Anlagen, Smart Textiles und Sitzbelegungserkennung. Gegenüber Dehnmessstreifen haben DES den Vorteil, dass sie weich und robust zugleich sind sowie sehr stark dehnbar.

DES-Schuhsohle



Parametrischer piezoelektrischer Lautsprecher

Hochtemperaturstabile magneto-rheologische Flüssigkeiten MRF
Auch nach 24 Stunden Behandlung bei Temperaturen von 200 °C sind mit einer neuen MRF-Formulierung keine signifikanten Änderungen in der Schaltziffer und der Basisviskosität messbar. Der Anwender zielt auf Anwendungen in der Raumfahrt. Die elektrische Steuerung der Drehmomentübertragung mit einer MRF-Kupplung konnte erfolgreich bis in den Bereich von 500 Nm nachgewiesen werden.

Ein neuer parametrischer piezolektrischer Lautsprecher erreicht eine Schallkeule von 0,5 m Länge (0,6 m Breite). Die Arbeiten werden fortgesetzt, um Reichweiten von größer 1 m zu erreichen. Anwendungen: Audio-Anlagen mit gerichteter Abstrahlung im Fahrzeug und im Museumsbereich.

Hochtemperatur-Ultraschall-Wandler
Für den Einsatz im »Condition Monitoring« in z. B. Kraftwerken mit hohen Betriebstemperaturen wurde nachgewiesen, dass mit einem neuartigen Ultraschall-Wandler die Schallerzeugung und der -empfang bei 600 °C möglich sind. Die Arbeiten werden fortgesetzt, um ein Monitoring-System zu etablieren.

Piezoelektrische Schalter
Das Schaltprinzip basiert auf einer piezoelektrischen Dünnschicht auf einem Metallsubstrat, bei dem eine Durchbiegung von nur 10 µm für ein Schaltsignal ausreicht. Für erste Anwendungen im Bereich Automotive gibt es Projekte zur Umsetzung mit einem industriellen Partner.

»Smart Window«
Ein neuer Typ eines elektrochemisch schaltbaren Fensters für die Schaltung der visuellen Transmission, der auf Metallo-Polyelektrolyten (MEPE) basiert, hat in einem BMBF-Kooperationsprojekt mit den Partnern Universität Würzburg, BAM Berlin und KIT-IWE Karlsruhe im Berichtsjahr alle Meilensteine erreicht (u. a. Schaltung über 10 000 Zyklen). Die Ergebnisse des Vorhabens sollen in einem Industrie-Konsortium für Architektur und andere Anwendungen umgesetzt werden.

Künftige Schwerpunkte

Neben den anstehenden Umsetzungen aus den genannten Themenfeldern wird künftig eine weitere, sehr attraktive Entwicklungsrichtung verfolgt, für die aus der Initiative »Aufbruch Bayern« Mittel bereitgestellt werden. Es handelt sich um Dielektrische Elastomer-Generatoren DEG, mit denen mechanische in elektrische Energie gewandelt werden kann. Neben der hohen Energieeffizienz liegen die Vorteile der DEG darin, dass sie geräuschfrei arbeiten, leicht sind und im Unterschied zu anderen Generatoren keine seltenen Rohstoffe verwendet werden müssen. CeSMa erfüllt alle inhaltlichen Voraussetzungen für dieses Vorhaben, denn es kann stofflich auf umfangreicher Kompetenz zu dielektrischen Elastomeren aufsetzen. Ein notwendiger Ergänzungsbedarf in der Expertise ist vor allem in der Leistungs-, Steuer- und Speicherelektronik zu sehen. Diese Entwicklung soll gemeinsam mit einem erfahrenen externen Partner vorangetrieben werden.

Kontakt

Dieter Sporn
✆ **+49 931 4100-400**
dieter.sporn@isc.fraunhofer.de

ZENTREN

INTERNATIONALES ZENTRUM FÜR KULTURGÜTERSCHUTZ UND KONSERVIERUNGSFORSCHUNG IZKK

Das Fraunhofer ISC entwickelt und adaptiert Restaurierungsmethoden und Konservierungsmaterialien auf dem Gebiet des Kulturgüterschutzes seit vielen Jahren sehr erfolgreich. Ein ergänzendes Arbeitsgebiet ist das Umweltmonitoring. Hier werden Verfahren und Produkte entwickelt, um beispielsweise industrielle Einflüsse auf die Umwelt messen und bewerten zu können. Um den Kulturgüterschutz in Bronnbach noch weiter zu verankern, wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Landkreis Main-Tauber im Jahr 2008 das Internationale Zentrum für Kulturgüterschutz und Konservierungsforschung IZKK etabliert.

Unter dem Motto »Austauschen, Forschen, Konzentrieren« versteht sich das IZKK als bildende Einrichtung und trägt damit zum Leitbild der Nachhaltigkeit der Fraunhofer-Gesellschaft bei. Selbst beheimatet in einem lebenden Denkmal, dem Kloster Bronnbach, möchte das Kompetenzzentrum über das kulturelle Erbe und vor allem die Möglichkeiten seiner Erhaltung berichten, es sichern und weitergeben. In den modernen Tagungsräumen der historischen Klosteranlage aus dem 12. Jahrhundert kann das IZKK einem internationalen Fachpublikum ein breites Spektrum an Seminaren, Fortbildungen und Tagungen anbieten. So war das IZKK im Jahr 2011 Gastgeber für die 3. GLASSAC, einer internationalen Konferenz über Glas in Naturwissenschaft und Kunst.

Angesprochen sind Restauratoren, Architekten, Handwerksmeister, Stuckateure, Künstler, Kuratoren und andere, die sich mit dem Schutz von Kulturgütern befassen. Im Bereich der Wissenschaft wird ein intensiver Dialog und Austausch mit Universitäten, Hochschulen, Forschungsinstituten, Museen und Ämtern der Denkmalpflege vorangetrieben.

Kontakt

Fraunhofer ISC
Außenstelle Bronnbach
Bronnbach 28
97877 Wertheim

Sabrina Rota
✆ +49 9342 9221-710
sabrina.rota@isc.fraunhofer.de
www.izkk.de

izkk
Internationales Zentrum für Kulturgüterschutz und Konservierungsforschung

Historisches Kirchenfenster

RÜCKBLICK

FRAUNHOFER-PREIS 2011 FÜR ISC-FORSCHERIN 1

Erst drei Jahre war es her, dass der Joseph-von-Fraunhofer-Preis an Forscher des Fraunhofer ISC verliehen wurde, als diese Auszeichnung 2011 erneut nach Würzburg ging. Zusammen mit ihrem Projektpartner Dr. Klaus Noller vom Fraunhofer IVV wurde Dr. Sabine Amberg-Schwab aus dem Fachbereich Hybride Schichten und Beschichtungstechnologie ausgezeichnet für die Entwicklung von flexiblen transparenten Barrierefolien für Photovoltaik-Anwendungen, die 2010 erfolgreich in die industrielle Produktion übertragen werden konnten. Unter den Gratulanten bei einer Feierstunde im Fraunhofer ISC waren Würzburgs 1. Bürgermeister Dr. Adolf Bauer und Regierungspräsident Dr. Paul Beinhofer.

FORSCHUNGSPREIS

FÜR KOSTENGÜNSTIGES DRUCKVERFAHREN FÜR SMART ACTIVE-MATRIX-SENSOREN

Im von der Europäischen Union geförderten Projekt 3PLAST haben Forschungseinrichtungen und Industrie gemeinsam neue Druckpasten und Prozesse für gedruckte Elektronik entwickelt. Den Forschungspartnern gelang es, die Komplexität zu verringern und so ein kostengünstiges Verfahren für die Herstellung von großflächiger organischer Elektronik zu schaffen, das mit nur fünf verschiedenen Druckpasten auskommt. Dafür wurden sie mit dem IDTechEx Printed Electronics Europe 2011 Academics R&D Award ausgezeichnet. Koordiniert wird 3PLAST von Projektleiter Gerhard Domann vom Fraunhofer ISC, Würzburg.

1

2

»FORSCHUNG FÜR UNSERE GESUNDHEIT« 2

VORTRAGSREIHE ZUM WISSENSCHAFTSJAHR

Gleich dreimal vertreten war das Fraunhofer ISC mit aktuellen Forschungsthemen aus dem Gesundheitsbereich in dieser von der Wirtschaftsförderung der Stadt Würzburg veranstalteten Vortragsreihe im Würzburger Rathaus, bei der jeweils zwei namhafte Wissenschaftler als Vertreter unterschiedlicher Institute aus Forschung und Lehre einen Vortragsabend gemeinsam bestritten.

Zur Auftaktveranstaltung am 8. Juni unter feierlicher Würdigung von Herrn Oberbürgermeister Rosenthal sprach Dr. Sofia Dembski aus dem Fachbereich Partikeltechnologie und Grenzflächen über neue Wege in der Krebsforschung. Dr. Jörn Probst, Leiter des Geschäftsbereichs Gesundheit, referierte am 29. September zum Thema Regenerative Medizin, und am 13. Oktober stellte Dr. Herbert Wolter, Leiter des Kompetenzbereichs Dental und Mikromedizin, Werkstoffe mit Biss vor – für eine bezahlbare und hochwertige zahnmedizinische Versorgung für jedes Alter.

AUSSTELLUNGSSCHIFF MS WISSENSCHAFT IN WÜRZBURG

Ebenfalls im Rahmen des »Wissenschaftsjahrs 2011 – Forschung für unsere Gesundheit« legte das Ausstellungsschiff »MS Wissenschaft – Neue Wege in der Medizin« vom 11. bis 13. Juni in Würzburg an. Mit dabei auch in diesem Jahr wieder ein Exponat des Fraunhofer ISC. »Krebs früher erkennen« war das Thema und eine interaktive Ergänzung zum Vortrag von Dr. Sofia Dembski bei der vorangegangenen Auftaktveranstaltung.

RÜCKBLICK

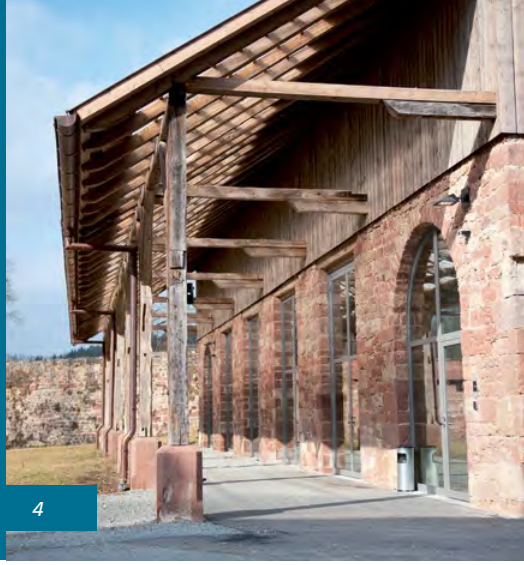
ERFOLGREICHER WORKSHOP DES CENTERS SMART MATERIALS

Über 40 Teilnehmer aus Industrie und Forschung lockte das Thema »Smart Materials für Automobile« am 4. Mai 2011 ins Fraunhofer ISC zu einem eintägigen Workshop in Zusammenarbeit mit den Clustern »Mechatronik und Automation« und »Neue Werkstoffe«. Gerade im kostensensiblen Bereich des Fahrzeugbaus zeigt sich das eigentliche Potenzial intelligenter Materialien, z. B. wenn durch steuerbare Eigenschaften der Konflikt zwischen Sicherheit und Komfort entschärft werden kann. Aus Sicht der Automobil- und Zulieferindustrie referierten Dr. Konstantinos Gkagkas von Toyota Motor Europe NV/SA, Rudolf Geiling von der Geiling GmbH sowie Lucien Johnston und Dr. Raino Petricevic von Fludicon. Die Hörer zeigten sich auch in diesem dritten Workshop des CeSMa erneut beeindruckt von den unkonventionellen Ansätzen, die diese Materialfamilie erlaubt.

TAG DER OFFENEN TÜR

Begeisterung und Staunen weckte der überaus erfolgreiche Tag der offenen Tür am 28. September: Schon kurz vor Öffnung des Instituts um 10 Uhr standen die ersten Gäste vor der Tür, und bis zum Ende um 17 Uhr fanden über 1000 Besucher den Weg an den Neunerplatz und in die Zweigstelle in der Friedrichstraße. An 25 Stationen konnten sich die Interessierten einen umfassenden Überblick über die Projekte verschaffen, an denen die Forscher des Fraunhofer ISC zusammen mit Partnern aus Industrie und Wirtschaft arbeiten. Darüber hinaus standen die High-Tech-Labors, wie die Rasterelektronenmikroskopie, die Faserspinn-Anlage oder auch das Laserlabor, den Besuchern offen. Auch das rege Interesse am Informationsstand über das Fraunhofer ISC als Arbeitsplatz bewies, wie wichtig solche Aktionen sind, um junge Menschen für die Forschung zu begeistern und den erforderlichen Nachwuchs zu gewinnen.

3



4

HISTORISCHE REMISE WIRD ZUM TESTZENTRUM *3, 4*

Nach rund einjähriger Bauzeit wurde am 16. März 2011 die Sanierung der ehemaligen Remise abgeschlossen, die zum historischen Ensemble der Wirtschaftsgebäude des Klosters Bronnbach gehört. Ein besonderer Tag auch für das Fraunhofer ISC und seine Außenstelle Bronnbach, die seit 1996 im Nachbargebäude angesiedelt ist – übrigens früher ein Stallgebäude des Klosters.

Nach dem Umbau des Bursariats zu einem Tagungszentrum, der Neugestaltung des Wirtschaftshofes und zuletzt des Klostervorplatzes gewann die Idee einer Sanierung der alten Remise an der Straße nach Reichholzheim Gestalt. Das baufällige Gebäude aus dem 19. Jahrhundert sollte in seiner Substanz erhalten und vor allem wieder einer Nutzung zugeführt werden. Und so trat man an das Fraunhofer ISC heran, ob die Remise für eine Erweiterung der Außenstelle infrage käme. Während der Landkreis Main-Tauber die baulichen Sanierungs- und Restaurierungskosten trug, übernahm die Fraunhofer-Gesellschaft die Kosten für die technische Ausstattung. Seit März 2011 befindet sich das Gebäude nun im Einsatz als Testzentrum für die Geräteentwicklung.

Das Fraunhofer ISC freut sich, zum Erhalt dieser einzigartigen Klosteranlage im schönen Taubertal beitragen zu können und bedankt sich beim Landkreis Main-Tauber und allen an den Umbaumaßnahmen Beteiligten.

FRAUNHOFER-ZENTRUM HTL

ZENTRUM FÜR HOCHTEMPERATUR-LEICHTBAU HTL

Vor dem Hintergrund weltweit steigender Rohstoffpreise und knapper werdender Ressourcen gewinnt der Leichtbau immer mehr an Bedeutung und beschränkt sich schon lange nicht mehr nur auf die Luft- und Raumfahrt. Insgesamt besteht ein zunehmender Bedarf an wärmebeständigen und schadenstoleranten Werkstoffen, die je nach Anwendung maßgeschneiderte Funktionen erfüllen müssen. Keramiken kommt im Hochtemperatur-Leichtbau aufgrund ihrer Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit sowie der hohen spezifischen Steifigkeit eine wichtige Rolle zu. Keramische Komposite vereinigen die Vorteile verschiedener Keramikkomponenten. Durch die Wahl der Komponenten und deren Anordnung bzw. Struktur können sie an spezifische Anforderungen wie besondere mechanische, thermische, chemische oder elektrische Belastungen angepasst werden. Keramische Komposite sollen beispielsweise in aero-thermisch hochbelasteten Flugzeug- und Flugkörperkomponenten, in Hochtemperatur-Wärmetauschern für neue Kombi-Kraftwerke, in Hochleistungs-Gasturbinen oder Kupplungs- und Bremssystemen der Fahrzeugtechnik eingesetzt werden.

Das 2012 gegründete Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL bündelt die am Fraunhofer ISC vorhandene Expertise auf dem Gebiet keramischer Werkstoffe mit dem Prozess-Know-how zur Herstellung von Hochtemperaturwerkstoffen, zur Faserfertigung und zur industriellen Wärmebehandlung. Es beinhaltet somit materialwissenschaftliche und produktionstechnische Aspekte. Am HTL arbeiten derzeit 55 Mitarbeiter, die in drei Arbeitsgruppen organisiert sind. Eine davon geht auf die Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen zurück, die 2006 in Bayreuth gegründet wurde.

Sie ist im Gebäude der »Neue Materialien Bayreuth« (NMB) in Wolfsbach untergebracht und entwickelt in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl für Keramische Werkstoffe an der Universität Bayreuth CMC-Materialien und Komponenten. Die zweite Arbeitsgruppe entwickelt Vorstufen für keramische Fasern, Beschichtungen und Matrixmaterialien sowie Prozesse zur Faserherstellung. In der dritten Arbeitsgruppe werden In-situ-Messmethoden und Simulationsverfahren entwickelt, mit denen ein Material- und Prozessdesign für Keramikhersteller angeboten wird. Das HTL verfügt über eine in Deutschland unikal vorhandene Kompetenz bei keramischen Leichtbauwerkstoffen, insbesondere keramischen Verbundwerkstoffen (CMC). Diese soll in den kommenden Jahren durch Wachstum der vorhandenen und Gründung weiterer Arbeitsgruppen gezielt ausgebaut werden.

Zentrales Thema ist die Verbesserung der Energieeffizienz von industriellen Prozessen bei hohen Temperaturen. Dazu werden Materialien für den Hochtemperatureinsatz entwickelt: Fasern und Schäume für die Wärmeisolation, energieeffiziente Brennhilfsmittel sowie bewegte Komponenten wie Heißluftklappen oder Turbinenteile. Außerdem werden bei industriellen Wärmebehandlungsverfahren die Prozessparameter so optimiert, dass der Energieverbauch minimal wird. Im Folgenden werden hierzu zwei Projekte vorgestellt.

Energieeffizienz bei der Wärmebehandlung von technischen Keramiken

Beim Sintern technischer Keramiken beträgt der theoretische Energieverbrauch meist nur etwa ein Zehntel des Energieverbrauchs, der bei der industriellen Herstellung tatsächlich benötigt wird. Energieverluste entstehen durch unvollkommene Isolierung der Öfen, durch ungünstige Temperaturzyklen, aber auch durch Brennhilfsmittel mit hoher Wärmekapazität, die zusammen mit dem Brenngut aufgeheizt werden.

Wickelanlage des Fraunhofer HTL

In einem vom BMBF geförderten Verbundprojekt zeigt das HTL zusammen mit Keramik- und Ofenherstellern, wie sich der Energieverbrauch bei der Herstellung technischer Keramiken um mindestens 40 % absenken lässt. Dazu werden die Werkstoffdaten während der Wärmebehandlung mit eigens entwickelten thermooptischen Messverfahren gemessen. Diese Daten dienen als Grundlage für eine Simulation der Reaktionskinetik bei der thermischen Entbinderung und der Sinterung der Keramikmaterialien. Durch Finite-Elemente-Simulationen der Wärmebehandlung werden die Temperaturfelder und der Energieverlust bei der industriellen Sinterung bestimmt und daraus Prozessbedingungen mit minimalem Energiebedarf ermittelt.

Ein großes Potential für Energieeinsparungen bei der Herstellung von Keramiken besitzen auch Grünteile, die hinreichend homogen sind. Inhomogenitäten können mikroskopisch auftreten, wenn die lokale Verteilung der Poren ungleichmäßig ist. Sie können aber auch durch Porositätsgradienten im Bauteilmaßstab hervorgerufen sein. Erstere führen zu einem erhöhten Energiebedarf beim Sintern, letztere zu einem Verzug der Bauteile und damit zu einem erhöhten Energiebedarf bei der Endbearbeitung. Für die Beurteilung der Grünteile hat das HTL Messverfahren entwickelt, die eine exakte Bestimmung der lokalen und der makroskopischen Homogenität liefern. Dies ermöglicht eine gezielte Optimierung der keramischen Formgebungsverfahren.

Faserummantelte Stahlrohre für Höchsttemperaturdampfanwendungen

In Dampfkraftwerken muss der Dampf unter hohem Druck bei Temperaturen bis 800 °C weitergeleitet werden. Dazu werden heute Stahlrohre verwendet, die jedoch an den Grenzen der thermischen und mechanischen Belastbarkeit angelangt sind. Durch sogenanntes tertiäres Kriechen kommt es bei hohen Temperaturen und Innendrucken zu einem raschen Verschleiß der Stahlrohre mit einer während der Lebensdauer stark ansteigenden Versagenswahrscheinlichkeit. Dies limitiert einen energieeffizienteren Betrieb der Dampfkraftwerke bei höheren Temperaturen.

In einem vom BMBF geförderten Verbundprojekt wird am HTL zusammen mit einem Großkraftwerk und einem Hersteller von CMC-Komponenten der Ansatz verfolgt, eine komplett neue Problemlösung im Bereich der Hochtemperaturdruckbehälter, insbesondere von Rohren, zu entwickeln. Diese sollen aus kostengünstigem Stahl mit einer überwiegend keramischen Faserumwicklung hergestellt werden. Die Kombination von Stahl und Keramik erlaubt einerseits die gasdichte Abdichtung der Dampfleitungen durch die Stahlwände und andererseits die Vermeidung der Kriechverformung durch die keramische Faserummantelung.

Der Verbund aus keramischen Materialien und Metallen, wie er hier erprobt wird, besitzt ein großes Potenzial auch für andere Hochtemperaturanwendungen. Die Stärken der jeweiligen Werkstoffklassen lassen sich so miteinander kombinieren, dass die spezifischen Schwächen kompensiert und energieeffizientere Prozesse ermöglicht werden.

Kontakt

Fraunhofer-Zentrum HTL
Gottlieb-Keim-Straße 60
95448 Bayreuth

Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel
✆ +49 921 786 931-21
walter.krenkel@isc.fraunhofer.de

PD Dr. Friedrich Raether
✆ +49 921 786 931-60
friedrich.raether@isc.fraunhofer.de

www.htl.fraunhofer.de

GESCHÄFTSBEREICH

GESUNDHEIT

Die Medizin der Zukunft benötigt neue Arten der Therapie, um die Herausforderungen der demografischen Entwicklung wie auch die Folgen der großen Volkskrankheiten zu meistern. Dafür werden multifunktionelle Werkstoffe benötigt, die physiologische Prozesse und Defekte diagnostizieren, überwachen und therapieren. Die Entwicklung dieser Werkstoffe, der entsprechenden Fertigungstechnologie und ihre Integration in bestehende Systeme ist Kernziel des Geschäftsbereichs.

Bei steigender Lebenserwartung und zunehmendem Kostendruck im Gesundheitswesen ist eine qualitativ hochwertige und gleichzeitig bezahlbare medizinische Versorgung eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Deswegen ist die Forschung an neuen Werkstoffen und Technologien zu deren Verarbeitung essentiell, um neue bzw. verbesserte Diagnose- und Therapieverfahren oder innovative Wege in der medizinischen Prävention zu entwickeln. Im Zentrum stehen maßgeschneiderte Werkstofflösungen auf Basis von Hybridpolymeren, Keramiken und Gläsern für die Regenerative Medizin, Dentalmedizin, medizinische Diagnostik und den Bereich High-Tech Medical Devices.

Gemeinsam mit Industriepartnern werden bereits auf dem Markt befindliche Produkte kontinuierlich weiterentwickelt und neue, multifunktionelle Werkstoffe mit spezifischen Eigenschaften entwickelt. Ob als Bulkmaterialien, Komposite, Beschichtungen, Fasern, Hohlfasern oder Partikel, auch komplexe, maßgeschneiderte Anforderungsprofile werden erfüllt. Im Bereich Gesundheit orientieren sich die Lösungsansätze dabei maßgeblich an den Megatrends

- Regenerative Therapie
- Frühdiagnostik / Theranostik
- Altersgerechte und personalisierte Medizin
- Wellness

»Skin Heal« – Wundheilung aus dem Bioreaktor

Chronische offene Wunden gehören zu den häufigsten Erkrankungen und belasten das deutsche Gesundheitssystem jährlich mit etwa acht Milliarden Euro. Sie werden durch weit verbreitete Krankheiten wie Diabetes oder Krebs verursacht und betreffen vor allem alte Menschen. Angesichts des demografischen Wandels dürften deshalb die Fallzahlen und damit auch die Kosten künftig weiter ansteigen. Um diesem Trend entgegenzuwirken, bündeln Forscher aus den fünf Fraunhofer-Instituten ISC, IGB, IME, EMFT und MEVIS im Übermorgen-Projekt »SkinHeal« ihre Kompetenzen. Das vom Fraunhofer ISC koordinierte Projekt hat zum Kernziel, mit Hilfe eines künstlichen Wundmodells die Behandlung chronischer Wunden zu optimieren und so einen Beitrag zur bezahlbaren Gesundheit zu leisten.

Ausgangspunkt ist ein künstliches 3D-Wundmodell für diabetische oder karzinogene Haut, das später auch auf andere kranke Hauttypen übertragen werden soll. Für diesen ersten Innovationsschritt zeichnet das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart und die IGB-Projektgruppe Onkologie in Würzburg verantwortlich, das bereits für seine Modelle gesunder Haut bekannt ist. Gelingt es auf diese Weise, eine künstliche Wunde zu generieren, werden anerkannte therapeutische Wundeinlagen in die In-vitro-Modelle integriert und hinsichtlich ihrer Wirkweise getestet. Dabei handelt es sich beispielsweise um am Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC entwickelte, marktzugelassene Wundeinlagen, die in der Wunde verbleiben und sich dort nach einigen Wochen auflösen. So soll der Nachweis erbracht werden, dass die künstlichen Modelle den Bedingungen realer Haut entsprechen.

In einem dritten Innovationsschritt wird die Wundflüssigkeit mithilfe der Technologie der Fraunhofer-Einrichtung für Modulare Festkörper-Technologien EMFT analysiert, um über charakteristische Biomarker Rückschlüsse auf den jeweiligen Status des Heilungsprozess zu ziehen. Dafür werden mikroflui-

»Skin Heal« – Wundheilung aus dem Bioreaktor

dische Aktoren und Sensoren in den Wundverband eingeführt, die es ermöglichen, die Wundflüssigkeit hinauszubefördern, ohne den Verband wechseln zu müssen. Nachdem die zeitliche Abfolge und Verteilung der Substanzen feststeht, die den Heilungsprozess vorantreiben, können in einem vierten Schritt Immuntherapeutika gezielt zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Menge in die Wunde eingeführt werden. Am Markt zugelassene Wundauflagen werden dafür modifiziert, indem zum Beispiel spezielle Silikate in die Fasermatrix eingebracht werden, die Wirkstoffe auf molekularer Basis kapseln. Diese Wirkstoffe werden beim Wundheilungsprozess freigesetzt und können diesen befördern. Hierfür arbeiten das Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME und das ISC eng zusammen, wobei das IME seine immunologische Kompetenz und das ISC seine Materialkompetenz einbringt.

Ziel des Projekts ist es auch, altersgerechte und einfache Therapien zu entwickeln, die es dem Patienten ermöglichen, sich weitgehend selbst zu versorgen. An diesem Ziel arbeiten die Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Bildgestützte Medizin MEVIS im fünften und letzten Innovationschritt: Sie verbessern die fluoreszenzbasierte Bildgebung, die den Forschern und langfristig auch den Patienten selbst Aufschluss geben soll, ob die Wunde wie erhofft abheilt. Für eine effektive optische Bildgebung werden am ISC entwickelte lumineszierende Nanopartikel eingesetzt, die – entsprechend oberflächenmodifiziert – an für die Wundheilung charakteristische Biomarker binden. Langzeitvision wären regelmäßige Aufnahmen der Wundsituation durch den Patienten z. B. via Smartphone-App, wodurch der Wundheilungsfortschritt dokumentiert und gegebenenfalls ein notwendiger Arztbesuch empfohlen werden kann. Diese Form der Selbstdiagnose wird aufgrund des demografischen Wandels unumgänglich und sich zu einem unverzichtbaren Grundpfeiler zukünftiger medizinischer Versorgung entwickeln.

Ein Erfolg des Projektmodells könnte zu enormen Kostensenkungen für das Gesundheitswesen führen: Neben Ersparnissen durch eine effektivere Behandlung und damit schnellere Abheilung chronischer Wunden könnten die stationären Krankenhauskosten durch Verlagerung der Betreuung auf ambulante Dienste und das häusliche Umfeld stark reduziert werden. Zum anderen lassen sich auch die Kosten für die Medikamentenentwicklung drastisch minimieren – ein immenses Potenzial bei bisher bis zu einer Milliarde Euro pro Wirkstoff. Was den Preis enorm in die Höhe treibt, sind die klinischen Studien: 90 Prozent der Wirkstoffe fallen dabei durch – meistens weil sie eine Placebo-Wirkung nicht signifikant übertreffen oder gegenüber bereits erhältlichen Mitteln keinen Mehrwert haben. Klinische Studien ließen sich mit den Ergebnissen entsprechender In-vitro-Vorversuche effektiver planen und notwendige Tierversuche auf ein Minimum beschränken.

»MagElan« – Smart Materials stimulieren biologische Zellen

Elektroaktive Polymere (EAP) bzw. Magnetoaktive Polymere (MAP) stellen eine neue Klasse von Elastomeren dar, deren Härte bzw. E-Modul über ein externes Magnetfeld modulierbar ist. Ziel eines gemeinsam mit der Hochschule Regensburg (Magnetisierungssystem) und der Augenklinik Würzburg (Zellbiologische Evaluierung) durchgeführten BMBF-Projekts war die Erschließung einer neuartigen Anwendung für EAP im Bereich der Gewebezüchtung. Es ist bekannt, dass lebende Zellen in Abhängigkeit von der Substratelastizität ein unterschiedliches Wachstum und eine unterschiedliche Proteinexpression zeigen. Durch den Einsatz von silikonbasierten EAP als Zellkultursubstrat kann nun ein Material zur Verfügung gestellt werden, dessen oberflächliches E-Modul durch eine gerichtete magnetische Ansteuerung eingestellt wird. Über dieses Prinzip erscheint es möglich, das Wachstum und die Eigenschaften eines Zellverbundes bzw. Gewebes, ausgehend von einem Zelltyp, in verschiedene Richtungen zu steuern. Zu diesem Zweck wurde das Wachstum und die Proteinexpression von humanen Fibroblasten auf MAP mit und ohne Magnetfeld untersucht.

GESCHÄFTSBEREICH

Das MAP-Material besteht aus additionsvernetzten Polydimethylsiloxan (PDMS) mit einem Gehalt von 30 Vol.% an feinverteilten, sphärischen Eisenpartikeln, mit einer mittleren Partikelgröße von ca. 5 mm. Eine Herausforderung bestand darin, ein handhabbares und biokompatibles Material mit einer gewebsähnlichen Härte bzw. einem Elastizitätsmodul um 10 kPa bereitzustellen. Zu diesem Zweck wurde ein möglichst weitmaschiges, aber noch hinreichend stabiles Netzwerk angestrebt. Durch die Verknüpfung von langkettigen vinylterminierten PDMS und hochmolekularem Vernetzer in Kombination mit Kettenverlängerer, Plastifizierungsmittel und abgestimmtem Platin-Katalysatorsystem ist es gelungen, handhabbare MAP mit einem E-Modul um 10 kPa herzustellen und biologisch zu validieren.

Um die magnetische Ansteuerung der MAPs zu gewährleisten, wurden mit Hilfe von 3D FEM-Simulationen zwei Arten von Magnetisierungssystemen entworfen. Aufgabe des ersten Systems ist es, eine homogene E-Modul-Verteilung an der Oberfläche zu realisieren. Dazu wurden mehrere Elementarmagnetkreise in Kombination von individuell aufmagnetisierten Permanentmagneten aufgebaut. Das zweite Magnetisierungssystem erzeugt durch ein zeitlich veränderliches Magnetfeld aktorische Bewegungen an der Oberfläche. Hierfür wurde ein spulenbasiertes Erregersystem entwickelt, welches die geforderten Felder generiert. Es ist gelungen, mit Hilfe des ersten Aufbaus eine innerhalb der Spezifikationen homogene E-Modul-Verteilung an der Oberfläche des MAPs zu induzieren. Dabei konnte der E-Modul in einem weiten Bereich von 10 kPa bis zu 600 kPa variiert werden.

Die Charakterisierung des E-Moduls in der Oberflächennähe erfolgte mit Hilfe eines Mikrohärtemessgeräts und einem dafür entwickelten Messaufbau. Um diese Dynamik unter einem Fluoreszenzmikroskop zu analysieren, wurde die MAP-Oberfläche mit fluoreszierenden Mikropartikeln funktionalisiert und anschließend mit einer Bildverarbeitungssoftware ausgewertet.

Die Zellen sind mit ihrer Umgebung durch Rezeptoren verbunden und mechanisch verankert. Dabei spielen Integrine, spezifische Rezeptorproteine, die extrazelluläre Matrixmoleküle erkennen, eine besondere Rolle. Durch sie werden auch die vom MAP-Substrat ausgehenden mechanischen Reize durch die Zellwand hindurch auf das Zellskelett übertragen. Die Elastizität der Zellumgebung beeinflusst so die Differenzierung, Struktur und Proteinexpression von Zellen und hat wesentliche Bedeutung für die Entwicklung und den Erhalt von Geweben und Organen. Bindegewebszellen (Fibroblasten) entwickeln sich z. B. auf starren Zellkulturuntergründen zu kontraktilen Myofibroblasten, die durch das Markerprotein a-SMA (a-smooth muscle actin) gekennzeichnet sind. MAP wurden durch Silanisierung und Beschichtung mit Kollagen oder Fibronectin für die Aussaat von Zellen vorbereitet und anschließend mit menschlichen Fibroblasten besiedelt. Die Expression von a-SMA ist durch die Weichheit von MAP als Zellkulturuntergrund steuerbar. Damit ist das entwickelte System grundsätzlich zur Anwendung in der zellbiologischen Forschung und Gewebekultur geeignet.

Photostimulierbare Nanopartikel für die medizinische Diagnostik

Zu den größten Hoffnungsträgern im Bereich der Tumorerkennung zählt vor allem die molekulare Bildgebung. Mit Hilfe von innovativen Biomarkern, die selektiv an Tumorzellen binden, können Tumore spezifisch und sensitiv abgebildet werden. Während mit konventionellen Methoden oft nur anatomisch-morphologische Veränderungen im späteren Stadium erfasst werden können, können die tumorspezifischen Marker die Abweichungen im Ablauf von biologischen Prozessen auf molekularer Ebene frühzeitig sichtbar machen. Aus diesem Grund kann die molekulare Bildgebung im Zusammenspiel mit etablierten Untersuchungsmethoden einen entscheidenden Beitrag zur besseren Diagnostizierung von Tumorkrankheiten leisten.

»MagElan« – Smart Materials stimulieren biologische Zellen

Photostimulierbare Nanopartikel für die medizinische Diagnostik

In diesem Anwendungsfeld werden am Fraunhofer ISC neue Nanopartikel-(NP)-Sonden auf Basis von photostimulierbaren lumineszierenden (PSL) Materialien entwickelt. Diese PSL-NP-Sonden sind mit hochspezifischen Antikörpern oder Aptameren modifiziert, um eine zielgerichtete und selektive Anreicherung im tumorartigen Gewebe zu gewährleisten. Diese Sonden können als In-vivo-Diagnostikum appliziert werden, z. B. durch eine Injektion in die Blutbahn, von wo aus sie zu den Krebszellen gelangen. PSL-NP haben dabei den Vorteil gegenüber herkömmlichen fluoreszierenden Substanzen, dass sie vorab ex-vivo mit UV-Licht »aufgeladen« werden, um dann in der Anwendung mit IR-Licht zum Leuchten im sichtbaren Bereich angeregt zu werden. Dabei kann die Energie über längere Zeit (Minuten oder Stunden) im Partikel gespeichert und erst durch die Stimulation mit einem IR-Impuls zum gewünschten Zeitpunkt abgerufen werden. Dadurch hat das medizinische Personal Zeit, den Patienten für die Operation vorzubereiten, und die applizierten NP-Sonden können sich im Tumorgewebe anreichern. Da die Detektion von markierten Objekten zur optischen Anregung zeitlich versetzt erfolgt, wird eine untergrundfreie bzw. streulichtfreie Detektion ermöglicht. Zudem garantiert die Anregung mit IR-Licht eine höhere Eindringtiefe und vermindert die Gefahr von Zellschädigungen im Vergleich zu UV-Licht.

PSL-NP können z. B. auf Basis von Mn^{2+}-dotiertem Zinksilicat (Zn_2SiO_4:Mn^{2+}) synthetisiert werden. Dabei wird zunächst via Stöber-Prozess der SiO_2-Kern präpariert, um darauf mittels modifiziertem Pecchini-Prozess eine mangan-dotierte Zinksilikatschale aufwachsen zu lassen. Partikelgröße und Morphologie, die kristalline Struktur der Schale und die optischen Eigenschaften können dabei gezielt über die Prozessparameter eingestellt werden. Die typischen Partikelgrößen für die avisierten Applikationen liegen dabei zwischen 55 und 220 nm, die Aufladung der Partikel erfolgt für ex-vivo bei einer Wellenlänge von 260 nm, die Anregung mit IR-Licht bei λ =650 nm und die resultierende Emissionswellenlänge liegt bei λ =520 nm. Die Partikel erwiesen sich in diversen In-vitro-Tests gemäß ISO 10993 als biokompatibel.

Als mögliches Einsatzgebiet kommt die operationsbegleitende Diagnostik bei der Resektion von Karzinomen in Betracht. Dazu würden entsprechende PSL-NP-Sonden z. B. antikörpermodifiziert und sich nach Injektion zielgerichtet und selektiv im tumorartigen Gewebe anreichern. Während der Tumorresektion kann der Operateur durch die Beleuchtung des Operationsfelds mit geeigneter Lichtquelle den Tumor lokalisieren und die Resektionsgrenzen präzise definieren. Weiterhin können kleine sekundäre Tumore diagnostiziert und naheliegende Lymphknoten auf die Metastasenbildung überprüft werden. Somit würden die Operationszeiten verkürzt, die vollständige Resektion des Tumors garantiert und der Schaden im gesunden Gewebe und besonders im Bereich der Lymphknoten minimiert werden. Dies würde zudem die Senkung der Rezidivraten ermöglichen.

Kontakt

Dr. Jörn Probst
✆ +49 931 4100-249
joern.probst@isc.fraunhofer.de

GESCHÄFTSBEREICH

ENERGIE

Das Jahr der deutschen Energiewende

In absehbarer Zeit werden über 10 Milliarden Menschen unseren Planeten bevölkern und müssen mit ausreichend Energie und anderen lebensnotwendigen Ressourcen versorgt werden. Ob es der Menschheit gelingt, ihre Lebens- und Wirtschaftsweise auf einen nachhaltigen Entwicklungspfad zu bringen, wird sich maßgeblich anhand der Energiefrage entscheiden. In Verbindung mit Klimawandel und Ressourcenknappheit liegt hier die zentrale Herausforderung.

Die bisherige, stark auf fossilen Energieträgern beruhende Energieversorgung ist an ihre Grenzen gestoßen, denn diese Energieträger sind endlich und durch ihre Nutzung freigesetzte Emissionen und Klimaauswirkungen zeigen zunehmend zerstörerische Wirkung. Auch vermeintliche Alternativen haben ihre Grenzen gezeigt. Die deutsche Regierung zog angesichts der Nuklearkatastrophe im März 2011 zeitnah ihre Konsequenzen und beschloss am 30. Juni 2011 den deutschen Atomausstieg bis zum Jahr 2022. Der daraus resultierende Paradigmenwechsel in der deutschen Energiepolitik wird als Energiewende bezeichnet. Der Ausbau von erneuerbaren Energien, insbesondere Windenergie, Wasserkraft, Sonnenenergie, Bioenergie und Geothermie, ist Kernstück dieser Energiewende. Damit soll in Zukunft nicht nur eine Alternative zur Kernkraft, sondern auch zu fossilen Energieträgern (Öl, Kohle, Erdgas) verfügbar sein.

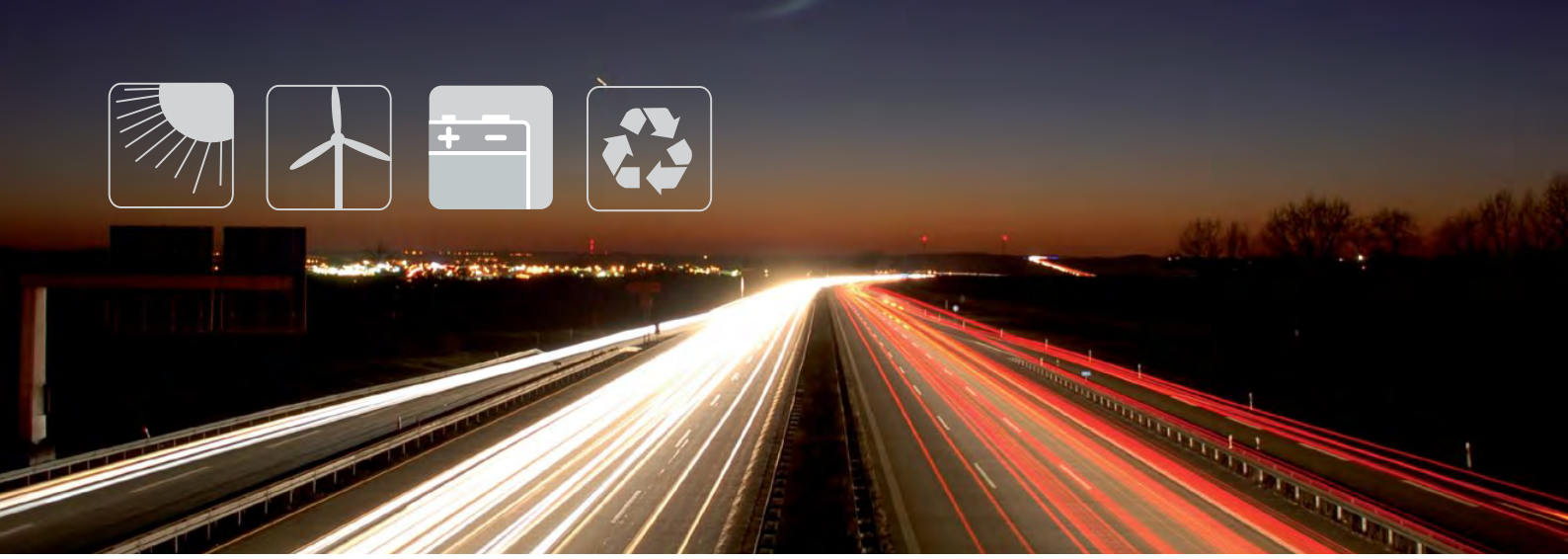
Eine stark auf erneuerbare Energien gegründete Energieversorgung wird einen weit dezentraleren Charakter haben als bisher und erfordert daher andere elektrische Netzstrukturen. Künftig müssen viele Wind- und Solaranlagen miteinander koordiniert und die Ertrags- und Lastprofile abgestimmt werden. Deren unregelmäßige Verfügbarkeit erfordert neue Speicher sowie Übertragungs- und Regeltechniken. Gleichzeitig sind erhebliche Anstrengungen bei Forschung und Entwicklung zur Energieerzeugung und -anwendung erforderlich.

Eine nachhaltige Energieversorgung kann jedoch nur durch weitere Energieeinsparung und eine höhere Energieeffizienz erreicht werden. Die hier erforderlichen technologischen Sprünge können nur durch eine intensive Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie erreicht werden. Das Fraunhofer ISC leistet mit seinen Aktivitäten in der angewandten Forschung bis hin zur wirtschaftsnahen Produktentwicklung zur Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Energie wichtige Beiträge auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung.

Durch unsere Entwicklungen leisten wir in zunehmendem Maße einen wertvollen Beitrag zur Unterstützung der Wirtschaft bezüglich verbesserter Energieeffizienz in Produktionsprozessen (Anlagentechnik, Prozessführung, Rohstoffe/Material, etc.) und ermöglichen signifikante Einsparungspotenziale in vielen Haushalten (Gebäudedämmung, Beleuchtung, Verglasung etc.). Darüber hinaus hat das Fraunhofer ISC früh die Bedeutung ressourcenschonender Technologien erkannt und bearbeitet mit seiner Projektgruppe IWKS auch Fragen der Materialsubstitution und des Recyclings, welche in enger Beziehung zum Energiebereich stehen.

Elektrochemische Energiespeicher

Elektrochemische Energiespeicher sind aus dem heutigen Alltag nicht mehr wegzudenken: In jedem tragbaren elektronischen Gerät wie Laptop oder Mobiltelefon, in jedem Auto und in fast allen Bereichen des modernen Lebens werden sie täglich millionenfach eingesetzt. Neben den verschiedenen Batterien kommen auch elektrochemische Doppelschichtkondensatoren zum Einsatz, die kleine elektrische Energiepakete zwischenspeichern und damit vor allem die Batterien entlasten.



Während im Automobil oft eine konventionelle Blei-Säure-Batterie ihren Dienst versieht, sind portable elektronische Geräte mit modernsten Batteriesystemen auf Lithiumionen-Basis ausgestattet: Die Lithiumionenbatterie, erst 1991 von SONY in den Markt gebracht, ist inzwischen Standard geworden und ersetzt die früher verwendete Nickelmetallhydridbatterie. Dieser Wandel erklärt sich durch die hohen Energiedichten, die jeden anderen heute verfügbaren elektrochemischen Energiespeicher deutlich übertreffen und damit die langen Laufzeiten von Laptops oder die vielen Funktionalitäten heutiger Smart Phones überhaupt erst ermöglichen.

Für die automobile Energieversorgung kann die Lithiumionenbatterie jedoch die hohen Anforderungen noch nicht ausreichend erfüllen: So fahren aktuell noch über 90 % aller Hybridfahrzeuge mit Nickelmetallhydridbatterien – die Lithiumionenbatterie ist hier erst in einem frühen Stadium der Marktdurchdringung.

Bisher scheiterte eine flächendeckende Verbreitung von Elektrofahrzeugen vor allem an einer relativ geringen Reichweite, am hohen Preis der Batterien sowie an der Dauer des Ladevorganges. Auch werden die Aspekte Sicherheit und Zuverlässigkeit aufgrund einiger Zwischenfälle in der öffentlichen Wahrnehmung noch überwiegend skeptisch betrachtet. Für die Erreichung des Ziels der deutschen Bundesregierung, bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf unsere Straßen zu bringen, sind somit insbesondere seitens der Batterieforschung noch viele Hürden zu nehmen.

Gleiches gilt für die Entwicklung von Batteriesystemen für die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien. Hier gibt es bislang wenig technische Alternativen und auch hier hat die Lithiumionenbatterie noch einige Defizite. Daneben sind andere Batterietypen zu verbessern oder zu entwickeln, die sicher und erschwinglich sein müssen, um eine weite Verbreitung auch in den privaten Haushalten zu erreichen, die Strom erzeugen.

Projekte aus dem Zentrum für Angewandte Elektrochemie ZfAE

Als Mitglied der »Systemforschung Elektromobilität« der Fraunhofer-Gesellschaft koordinierte das Fraunhofer ISC das Teilprojekt »Materialentwicklung«, in dem elf Fraunhofer-Institute an der Erhöhung von Energiedichte und Sicherheit von Lithiumionenbatterien arbeiteten. Außerdem wurden neuartige Batterietypen untersucht, die die Basis zukünftiger Energiespeicher werden könnten. Der Fokus des Fraunhofer ISC lag dabei auf der Synthese von inhärent sicheren Anoden- und Kathodenmaterialien sowie nichtentzündlichen Elektrolyten für Lithiumionenbatterien. Für das Arbeitspaket »Batterien der nächsten Generation« wurden Elektrodenträger mit hoher Oberfläche mit interkalationsfähigen Materialien beschichtet, um hybride Konzepte zwischen Batterie und Doppelschichtkondensator zu entwickeln.

Im vom BMWi geförderten Projekt »EnergyCap« beteiligt sich das Fraunhofer ISC an einem Teilprojekt zur Kombination gewünschter Eigenschaften von Lithiumionenbatterien und Doppelschichtkondensatoren in sogenannten Hybridkondensatoren. Zusätzlich zur Speicherung von Ladungen an einer Doppelschicht verwenden Hybridkondensatoren, wie Batterien, einen Redox-Mechanismus und können so die niedrigen Energiedichten von Doppelschichtkondensatoren verbessern. Dazu werden hochporöse Materialien eingesetzt und mit verschiedenen Batteriematerialien beschichtet, sodass die Porosität weitgehend erhalten bleibt.

Im Rahmen der Innovationsallianz »Lithiumionenbatterie LIB 2015« entwickeln acht Partner innerhalb des Verbundprojekts »KoLiWIN« unter Leitung des Fraunhofer ISC gemeinsam neue Materialkonzepte für elektrochemische Energiespeicher. Diese sollen nicht nur ein schnelleres Laden ermöglichen, sondern auch eine größere Energiemenge bereitstellen als herkömmliche Batterietypen und dabei auch erheblich sicherer

GESCHÄFTSBEREICH

sein. Gemeinsam mit zwei weiteren Fraunhofer-Instituten, dem IWM und dem IKTS, sowie mehreren Universitäten werden in »KoLiWIN« Erkenntnisse aus der Festkörper- und Elektrochemie sowie der Materialforschung zusammengeführt.

Energy Harvesting

Das Center Smart Materials (CeSMa) entwickelt Materialien und Komponenten, die im Wesentlichen eine rasche Wandlung mechanischer in elektrische Energie ermöglichen (»Energy Harvesting«). Diese neuartigen Materialsysteme können die Umsetzung von innovativen Produkten und Technologien ermöglichen, mit denen insbesondere industrielle Verfahren und Anlagen energieeffizienter gemacht werden können. Dabei werden aus Energiequellen wie Vibrationen oder Luftströmungen kleinere elektrische Energiepakete gewonnen, die unmittelbar genutzt oder zwischengespeichert werden. Ein anderes Anwendungsfeld ist die Bereitstellung von elektrischer Energie für energieautarke Sensoren. Hierzu nutzt man z. B. ein mit einer piezoelektrischen Dünnschicht beschichtetes Metallsubstrat, bei dem eine Durchbiegung von nur 10 µm für ein Schaltsignal ausreicht. Mit Dielektrischen Elastomer-Generatoren (DEG) kann mit hoher Effizienz mechanische in elektrische Energie gewandelt werden kann. DEG haben eine geringe Dichte und benötigen keine seltenen Rohstoffe. Nach einigen Vorarbeiten soll nun die Nutzung von DEG für die Energiegewinnung und auch deren Einsatz für energieeffiziente Produkte und Prozesse vorangetrieben werden.

Smarte Fenster sparen Energie

Ein langgehegter Traum für Gebäude- und Fahrzeugklimatisierung sind Fenster mit schaltbarer Transmission (»Smart Windows«), da hiermit Energieersparnisse von bis zu 30 % erreichbar sind.

Am CeSMa ist ein neuer Typ eines elektrochemisch schaltbaren Smart Windows, der auf Metallo-Polyelektrolyten (MEPE) basiert, entwickelt worden. In einem gemeinsamen BMBF-Kooperationsprojekt mit den Partnern Universität Würzburg, BAM Berlin und KIT-IWE Karlsruhe konnten in 2011 Ergebnisse in einem industriellen Konsortium für Architektur und andere Anwendungen umgesetzt werden.

Daneben werden am Fraunhofer ISC weitere kosteneffiziente elektrochrome Beschichtungen entwickelt. Der Einsatz nasschemischer Beschichtungsverfahren ermöglicht eine deutliche Reduzierung der Herstellungskosten im Vergleich zu physikalischen Sputter- und Aufdampfverfahren. Durch die Verwendung leitfähiger Polymere in elektrochromen Elementen, die bei geringer Temperatur verarbeitbar sind, können auch elektrochrome Folienlaminate hergestellt werden. Diese erlauben die Nachrüstung bestehender Fenster, in gewölbten Strukturen oder in Anwendungen, die ein geringes Gewicht erfordern, wie z. B. Flugzeugkabinenfenster. Die Ausrüstung oder Nachrüstung von elektrochromen Fensterscheiben für Fahrzeuge und Gebäude zur energiesparenden Beschattung wird in Zukunft einen wichtigen Beitrag zur Energieeffizienz leisten können.

Effizientere Triebwerke, Kraftwerke und Verfahren

Zur Erhöhung des Wirkungsgrads von Gasturbinen und Flugzeugtriebwerken entwickelt das Fraunhofer-Zentrum HTL moderne Werkstoffe und Komponenten mit geringem Gewicht und hoher Schadenstoleranz. Für die Anwendung in Brennkammer und Niederdruckturbine werden thermo-mechanisch hochbelastbare Keramiken mit Faserverstärkung – Ceramic Matrix Composites (CMC) – erforscht. Durch den Einsatz dieser hochfesten Keramikwerkstoffe kann eine Steigerung des thermischen Wirkungsgrades von Flugzeugtriebwerken erreicht werden. Als »Nebeneffekt« könnte auch die Geräuschemission von modernen Triebwerken deutlich verringert werden. Im bilateralen Projekt mit MTU Aero Engines München werden einsatznahe Testbedingungen und Prüfnormen für neu entwickelte

CT-Aufnahme einer Li-Ionenzelle (18650)

Halbautomatisierte Elektrodenfertigung

CMC festgelegt sowie Korrosion, Kriechbeständigkeit und Ermüdungsverhalten unter realitätsnahen Versuchsbedingungen untersucht.

Gleichzeitig entwickelt das Fraunhofer ISC Prozesse zur Herstellung der für die CMC notwendigen SiC-Fasern. Dabei werden in einem gemeinsamen Projekt mit der SGL Carbon Group die Herstellungsparameter der SiC-Fasern aus Si-reichen Polymeren im Pilotmaßstab untersucht. Deren Eignung für CMC wird von weiteren Partnern geprüft.

Der Einsatz von CMC kann aber auch in Kraftwerken oder in energieintensiven Hochtemperaturprozessen eine große Rolle bei der Energieeinsparung spielen, da hier höhere Betriebstemperaturen sowie eine bessere Ausnutzung der Prozesswärme ermöglicht werden.

Gleichzeitig kann mit den am Center of Device Development (CeDeD) des Fraunhofer ISC entwickelten thermo-optischen Messgeräten (TOM) die Strapazierfähigkeit dieser Materialien oder konventioneller Feuerfest-Materialien in bisher nie erreichter Güte geprüft werden.

Letztere Materialien werden vor allem in Hochöfen und Glaswannen eingesetzt. Durch den Einsatz unserer Messgeräte zu deren Prüfung sind nicht nur die dort verwendeten Materialien, sondern auch die sehr energieaufwendigen Prozesse optimierbar. Gleiches gilt für moderne Verfahren zur Energieerzeugung aus fossilen Brennstoffen, wie Braun- und Steinkohle, bei denen TOM-Systeme zum Einsatz kommen, um die Prozesse online charakterisieren zu können.

Moderne Solarzellen

Bei herkömmlichen Photovoltaik-Zellen und thermischen Solarkollektoren werden 10 % des einfallenden Lichts nicht zur Energieerzeugung genutzt, wobei der Großteil (8 %) reflektiert wird. Mithilfe von speziellen, am Fraunhofer ISC entwickelten Beschichtungen lässt sich der Reflexionsgrad deutlich verringern und somit die Energieausbeute verbessern. Bei Photovoltaik-Modulen sind damit 3,5 bis 4 % höhere Jahresleistungen möglich, bei solarthermischen Anlagen 7 bis 8 %. Diese Entwicklung ist bereits im industriellen Maßstab umgesetzt worden. Neuentwickelte Beschichtungen ermöglichen Selbstreinigungseffekte auf Photovoltaik-Modulen. Damit wird der effiziente Einsatz von Solaranlagen in staubbelasteten Wüstengebieten oder auch in ariden Gebieten Südeuropas ermöglicht.

Auch bei moderneren Photovoltaik-Systemen spielen die Entwicklungen des Kompetenzbereichs Werkstoffchemie eine wichtige Rolle. So tragen Licht streuende Schichten zur Verbesserung des Wirkungsgrades von siliziumbasierten Dünnschichtsolarzellen bei. Transparente Barriereschichten auf Folien für die organische Photovoltaik sind essentiell zum Schutz der organischen Solarzellen vor Umwelteinflüssen. Diese Ultrabarriere-Folien wurden unter Koordination des Fraunhofer ISC im Rahmen der Fraunhofer-Allianz POLO entwickelt. Diese Folien sind auch sehr wichtig für die Herstellung von modernen, energiesparenden organischen Leuchtdioden (OLED).

Energieeffizienz in Gebäuden

Energieeffizienz in Gebäuden trägt ganz wesentlich zur Energieeinsparung bei. Ein Ziel ist hier die Reduzierung erforderlicher Heizenergie, z. B. durch Wärmedämmmaterialien oder durch die Verwendung von thermischen Speichermaterialien. Für eine moderne Art der Wärmespeicherung verwendete Substanzen nennt man »Latentwärmespeicher« (oder auch »Phase Change Materials«, PCM). Während des Phasenübergangs beim Wechsel von Aggregatzuständen speichern PCM die zu- oder abgeführte Wärmeenergie. In Wände eingebrachte PCM können deren Isolationswirkung deutlich steigern. Das Fraunhofer ISC arbeitet an anorganischen Verkapselungen von PCM, welche das kommerzielle Einsatzpotential von PCM noch deutlich steigern sollen.

GESCHÄFTSBEREICH

In Kombination mit dem Einsatz von elektrochromen Fensterscheiben sowie über wichtige Beiträge zur Herstellung von OLEDs für energiesparende Beleuchtungssysteme trägt das Fraunhofer ISC seinen Teil zur Energieeinsparung in Gebäuden bei.

Ressourcenmanagement und Recycling

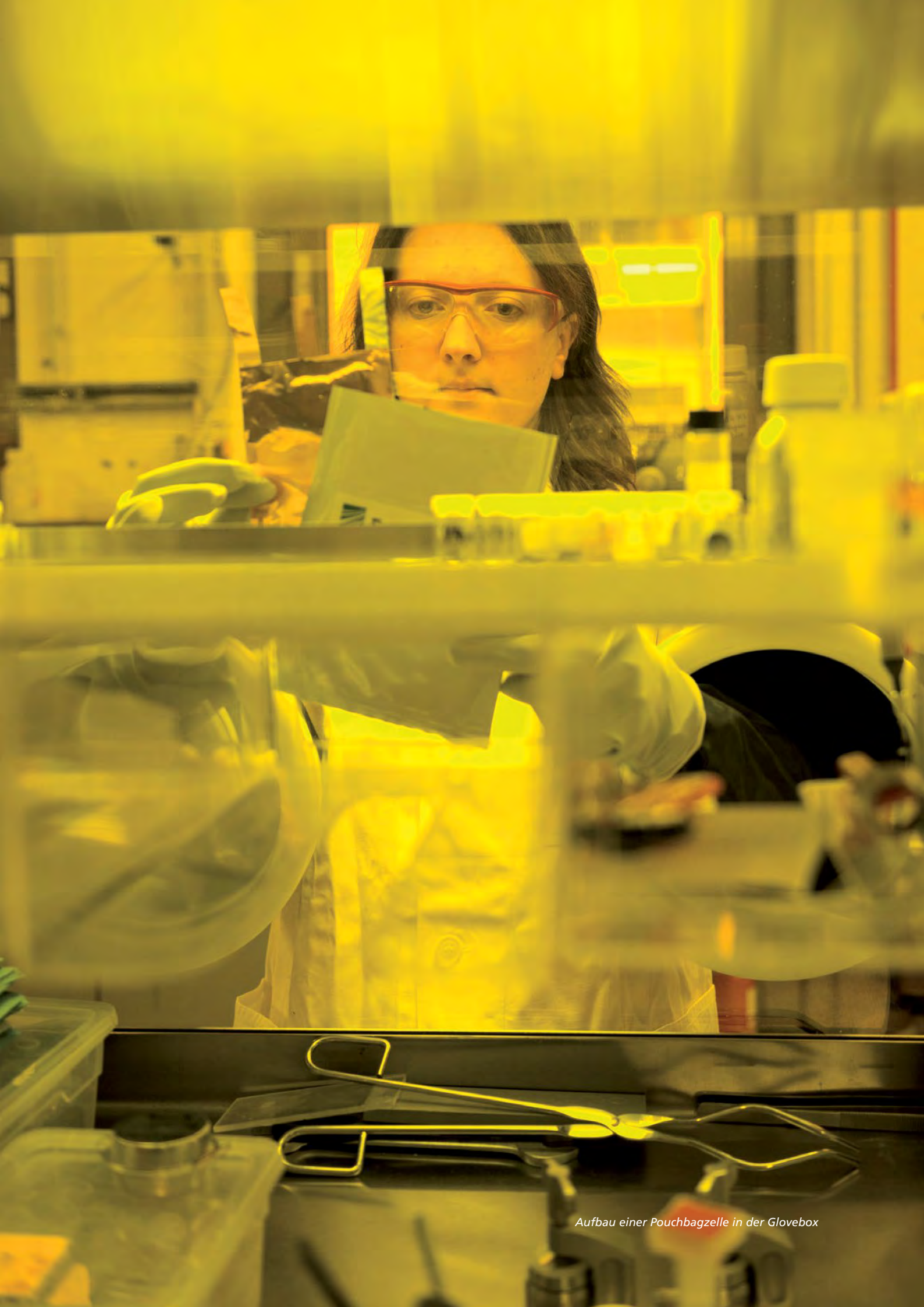
Die neue Fraunhofer-Projektgruppe IWKS hat die Aufgabe, neue Verfahren zum Recycling von kritischen Wertstoffen unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten zu entwickeln. In einem weiteren Schritt soll auch an der Substitution von Werkstoffen gearbeitet werden, deren Verfügbarkeit als kritisch beurteilt wird.

Der Auftrag des Fraunhofer IWKS ist eng verknüpft mit Energiethemen. So gewinnt das Spezialglasrecycling vor dem Hintergrund der Energiewende in Deutschland zunehmend an Bedeutung, da für Photovoltaik oder solarthermische Kollektoren spezielle eisenarme Gläser zum Bau der Module verwendet werden müssen, um die Energieverluste durch die Glasabdeckung möglichst gering zu halten.

Die für die Elektromobilität essentiellen Elektromotoren enthalten bedeutende Mengen an Seltenen Erden, deren Verfügbarkeit und Kosten in jüngster Vergangenheit dramatische Entwicklungen genommen haben. Hier muss sowohl an neuen Recyclingverfahren als auch an der teilweisen Substitution der Seltenen Erden gearbeitet werden, um Elektromotoren bezahlbar und in hohen Stückzahlen verfügbar zu machen.

Kontakt

Dr. Victor Trapp
✆ **+49 931 4100-370**
victor.trapp@isc.fraunhofer.de



Aufbau einer Pouchbagzelle in der Glovebox

THEMENSCHWERPUNKT »UMWELT«

GESCHÄFTSBEREICH UMWELT

- ENTWICKLUNG EINES QUECKSILBERFREIEN PRÄZISIONSTHERMOMETERS
- ENERGIEEINSPARUNG UND CO_2-MINDERUNG BEI DER ZEMENTPRODUKTION
- FLEXIBLES FLACHGLASBIEGEN IN HOHER EFFIZIENZ
- KORROSIONSSCHUTZ OHNE SECHSWERTIGES CHROM
- CLIMATE FOR CULTURE
- SENSORIK UND UMWELTMONITORING
- LUFTREINHALTUNG UND SCHADSTOFFABBAU
- SELEKTIVE MAGNETPARTIKEL FÜR ABWASSERREINIGUNG UND RECYCLING VON WERTSTOFFEN
- PROZESSKOSTENREDUKTION UND RESSOURCENEINSPARUNG DURCH MULTIFUNKTIONALITÄT

GESCHÄFTSBEREICH

UMWELT

Nachhaltige Materialforschung

Eine intakte Umwelt ist die Grundvoraussetzung für das Überleben der Menschheit. Luft, Wasser, Boden, Lebensmittel und Rohstoffe für die industrielle Produktion sind langfristig ausschließlich unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit oder durch geschlossene Wertstoffkreisläufe nutzbar. Die Erkenntnis, dass an der Vereinbarkeit von Ökonomie und Ökologie letztlich kein Weg vorbeiführt, ist inzwischen bei allen modernen Industriegesellschaften gereift und hat unter anderem dazu geführt, dass in Deutschland ein Rahmenprogramm des BMBF zur Förderung der Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA) aufgelegt worden ist.

Umweltschutz, Ressourcenschonung, neue Recyclingstrategien, Ökodesign, umweltkonforme Entsorgung und Benutzerfreundlichkeit werden bereits bei der Entwicklung neuer Werkstoffe und Bauteile von Anfang an berücksichtigt. Neben einer ausgeprägten Hightech-Strategie ist daher auch die Nachhaltigkeit von Produktentwicklungen eine Bedingung für die zukünftige Materialforschung in den Industrienationen.

Vor diesem Hintergrund arbeitet das Fraunhofer ISC im Geschäftsbereich Umwelt an neuen Materialtechnologien, die besonders effizient und umweltfreundlich sind und einen Beitrag zum Klimaschutz sowie zum Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen leisten. Dabei werden insbesondere auch nachhaltige, ressourcenschonende und hocheffiziente chemisch-synthetische Verfahren und Prozesse entwickelt und eingesetzt.

Anwendungsorientierter Partner der Industrie

Das Fraunhofer ISC steht für chemisch-synthetisch geprägte Materialforschung (»bottom-up approach«), damit kompatible Verarbeitungstechnologien verbunden mit einer hochspezialisierten (Nano-)Analytik, die in ihrer Kombination einzigartig sind und z. B. auf dem Gebiet der nasschemischen Materialsynthese über den Sol-Gel Prozess zu zahlreichen Produktentwicklungen geführt hat. Die damit zugänglichen Hybridwerkstoffe (ORMOCER®e) sind ein Markenzeichen der Fraunhofer-Gesellschaft insgesamt und finden seit Langem Anwendung z. B. als Dentalwerkstoffe, die zunehmend umweltrelevantes Amalgam ersetzen. Weitere Beispiele für effiziente Materialtechnologien sind dünne, farbige Dekorschichten für Glasobjekte, die aufgrund ihrer wässrig-alkoholischen Lösemittelbasis umweltfreundlicher als die aufwendige, auf toxischen Komponenten (CdS, CdSe) beruhende Einfärbung von Gläsern über Schmelzprozesse sind. Neue, besonders hydrophobe Beschichtungen für Glaskaraffenränder (Drop Protect, Fa. Zwiesel Kristallglasfabrik AG) reduzieren die Benetzbarkeit der Glasoberfläche, verhindern das Ablaufen von Tropfen beim Ausgießen und verringern damit den Reinigungsaufwand.

Von sehr großer volkswirtschaftlicher Bedeutung ist ein nachhaltiger Korrosionsschutz für metallische Strukturwerkstoffe, wie z. B. Stahlbleche und Leichtmetalllegierungen. Hier wird am Fraunhofer ISC an Ersatzmaterialien für die bisher marktüblichen, aber umweltgefährdenden und z. T. bereits verbotenen CrVI-haltigen Schichtsysteme und Primer geforscht, die einen Selbstheilungseffekt aufweisen müssen. Arbeiten zur Mikroverkapselung von Korrosionsinhibitoren und Schichtkomponenten dienen dazu, bei mechanischer Schädigung der Schutzschicht einen korrosiven Angriff auf die freigelegte Metalloberfläche zu verhindern und damit die Standzeiten entsprechend veredelter Bauteile – insbesondere an unzugänglichen Stellen in Hohlräumen – deutlich zu erhöhen.

Durch die Entwicklung und den Einsatz möglichst dünner Schichten mit hoher Funktionsintegration leisten wir dabei einen wesentlichen Beitrag zur Ressourcenschonung. Dies gilt z. B. auch für die Folien in der Lebensmittelverpackung; hier gelingt die Funktionalisierung von Biopolymeren als nachhaltige Verpackungswerkstoffe durch ultradünne SiO_x-Schichten und Hybridpolymere mit dem Ziel der gleichzeitigen Barrierewirkung gegen Wasserdampf und Sauerstoff; neue Eigenschaften, wie antimikrobielle Wirkung und Fälschungssicherheit werden ebenfalls mit Hilfe dieser multifunktionellen Schichtsysteme erreicht.

Die Überwachung mechanisch belasteter Bauteile durch piezoelektrische Sensoren, die Erfassung komplexer Schadstoffgemische durch Gas- und Fasersensoren sowie Klima- und Umweltmonitoring durch Dosimeter erfordern Funktionswerkstoffe und aktive Oberflächen, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung, Verarbeitung oder Mikrostruktur neue, bisher nicht zugängliche Eigenschaftskombinationen aufweisen (Werkstoffdesign durch chemische Nanotechnologie). Dadurch werden neue, vereinfachte Prozesse mit geringerem Materialeinsatz z. B. auch in der Mikrosystemtechnik möglich.

Neue Gläser, Glaskeramiken, Nanokomposite, nachhaltige Baustoffe, Sekundärrohstoffe und zukünftig auch nachwachsende Rohstoffe ergänzen das Materialportfolio. Schadstoffabbau und -vermeidung durch meso- und mikroporöse Stoffe sind materialwissenschaftliche Arbeitsgebiete mit hoher Aktualität für eine lebenswerte Zukunft in unseren Wohnungen und den zukünftigen (Mega-)Städten, die vor allem in Asien und im Nahen Osten entstehen werden.

Unsere Vision

Die Begrenzung des Klimawandels und seiner Auswirkungen gehört zu den wichtigsten gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Deutschland hat sich diesbezüglich ehrgeizige Ziele gesetzt und eine drastische Reduktion der CO_2-Emissionen gesetzlich festgeschrieben. In diesem Szenario sind neue Rohstoffstrategien und Materialeffizienztechnologien erforderlich, die zu einer nachhaltigen Entwicklung führen.

Um unserer Vision von einer nachhaltig genutzten, intakten und auch für kommende Generationen noch lebenswerten Umwelt nahe zu kommen, arbeiten wir als Forschungspartner konsequent daran, neue Werkstoffe und Materialtechnologien zu entwickeln, die nachwachsende Rohstoffe und vollständig wiederverwertbare Komponenten integrieren. Dabei spielen insbesondere CO_2-neutrale Baustoffe, Biopolymere, Meso- und mikroporöse Systeme zur Schadstoffadsorption, katalytisch aktive Oberflächen und Schichten sowie Verkapselungstechniken eine herausragende Rolle.

Ökologisches Design (EcoDesign) bei der Material- und Bauteilentwicklung sowie Nachhaltigkeitsbetrachtungen (Life Cycle Analysis) über die gesamte Lebensdauer eines hergestellten Produkts sind deshalb für uns entwicklungsbestimmend. Damit wollen wir zur weiteren Erschließung und Stärkung des Leitmarkts Umwelttechnologien beitragen und Deutschlands weltweit führende Rolle auf diesem Gebiet weiter ausbauen.

Kontakt

Dr. Gerhard Schottner
✆ +49 931 4100-627
gerhard.schottner@isc.fraunhofer.de

ENTWICKLUNG EINES QUECKSILBERFREIEN PRÄZISIONSTHERMOMETERS

DIPL.-ING. (FH) KARL J. DEICHMANN

Wegen der extremen Gewässergefährdung (Fischtoxizität) und der Giftigkeit vor allem der Dämpfe soll die Verbreitung von Quecksilber möglichst eingedämmt werden. Gemäß EU-REACH-Verordnung (EG Nr. 1907/2006, Anhang XVII,18a) darf Quecksilber nur noch in Messgeräten für den technischen und wissenschaftlichen Bedarf eingesetzt werden. Nach Maßgabe dieser Verordnung sollen quecksilberhaltige Messinstrumente nicht mehr zum Einsatz kommen, wann immer dies technisch und wirtschaftlich durchführbar ist. Den Mitgliedsstaaten der EU bleibt es überlassen, noch striktere Maßnahmen zu ergreifen.

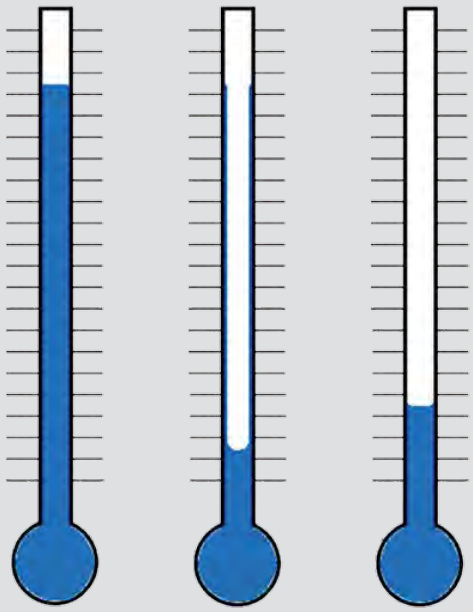
Präzisionsthermometer (eichfähig, Teilung ≤ 0,2 °) sind in Wissenschaft und Technik in vielen Bereichen im Einsatz. Als einfach zu handhabende Präzisionsthermometer kamen bisher vorwiegend Flüssigkeitsthermometer mit Quecksilberfüllung in Betracht. Außerdem werden Präzisionsflüssigkeitsthermometer (mit Quecksilberfüllung) noch für viele genormte Untersuchungen nach DIN, ISO und ASTM zwingend vorgeschrieben.

Der Ersatz von Quecksilber als Thermometerflüssigkeit bei Präzisionsthermometern scheiterte bisher vor allem daran, dass die meisten Flüssigkeiten (Ausnahme flüssige Metalle) die Glaswand benetzen und so bei Abkühlung des Thermometers einen Fehler bewirken. Die Benetzung verursacht Wartezeiten von bis zu mehreren Stunden, ehe der Rücklauf der Flüssigkeit zum Stillstand gekommen ist. Die nebenstehende Abbildung verdeutlicht dies. Das linke Thermometer befindet sich im erwärmten Zustand; es zeigt die richtige Temperatur an. Das mittlere Thermometer zeigt den Zustand unmittelbar nach der Abkühlung: durch an der Kapillarwand zurückbleibende Flüssigkeit wird eine zu niedrige Temperatur angezeigt.

Das rechte Thermometer dokumentiert den Zustand nach einigen Stunden Wartezeit. Die an der Kapillarwand anhaftende Flüssigkeit ist nach unten gelaufen, das Thermometer zeigt jetzt die richtige Temperatur an.

Ziel eines durch das BMWi über die AiF geförderten Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines neuartigen, quecksilberfreien Flüssigkeits-Präzisionsthermometers.

Probleme des Benetzungsverhalten bei Ersatz von Quecksilber als Thermometerflüssigkeit



Keine Benetzung – keine Wartezeit

Innenbeschichtung der Thermometerkapillare

Erreicht werden sollte dies durch die Kombination aus einer Thermometerkapillaroberfläche mit möglichst niedriger Oberflächenenergie und einer Füllflüssigkeit mit einer möglichst hohen Oberflächenspannung.

Vorteile gegenüber elektronischen Thermometern

Glas-Flüssigkeitsthermometer haben gegenüber elektronischen Thermometern einige Vorteile:

- Sie benötigen bei Gebrauch keine Energie, z. B. in Form von Batterien, und sind dadurch immer einsatzbereit.
- Da keine Batterien verbraucht werden, sind sie umwelt freundlich, vorausgesetzt sie sind quecksilberfrei.
- Ihre Funktionsfähigkeit lässt sich, im Gegensatz zu elektronischen Thermometern, ohne weitere Hilfsmittel leicht erkennen.
- Sie sind bei gleicher Genauigkeit wesentlich preisgünstiger.

Innenbeschichtung der Thermometerkapillaren

Für die Innenbeschichtung der Thermometerkapillaren mit einem Fluorsilan wurden eine Methode und ein Beschichtungsverfahren entwickelt, welche gewährleisten, dass die Oberflächenenergie der Kapillarinnenoberfläche als Grundvoraussetzung für eine Nichtbenetzung dauerhaft unter 10 mN/m gesenkt wird. Die Beschichtungslösung besteht aus zwei Komponenten, die einen Tag vor der Anwendung im gleichen Volumenverhältnis zu mischen sind. Eine Komponente enthält das Fluorsilan und die andere das zur Hydrolyse des Fluorsilans notwendige Wasser sowie den Hydrolysekatalysator.

Um eine einwandfreie, möglichst vollflächige Beschichtung der Kapillarinnenoberfläche zu erreichen, sollte die Glasoberfläche vorher durch Behandlung mit einer Säure aktiviert werden.

Als Lösemittel wurde Aceton gewählt wegen seiner geringen Viskosität und der damit verbundenen Möglichkeit, auch enge Thermometerkapillaren (ab ca. 60 µm) zu beschichten.

Suche nach einer geeigneten Füllflüssigkeit

Die Auswahl an Flüssigkeiten, die sich als Thermometerfüllung eignen und eine hohe Oberflächenspannung haben, ist sehr begrenzt. Einige ionische Flüssigkeiten haben einen hohen Existenzbereich der flüssigen Phase und gleichzeitig eine hohe Oberflächenspannung. Der Einsatz dieser zunächst als aussichtsreich erscheinenden Stoffklasse scheiterte jedoch an der hohen Viskosität der geeignet erscheinenden ionischen Flüssigkeiten. Beim raschen Abkühlen von damit gefüllten Thermometern kommt es sehr schnell zu Fadenabrissen, wodurch das Thermometer unbrauchbar wird.

Nach intensiver Recherche konnte schließlich Propylencarbonat als geeignete Füllflüssigkeit identifiziert werden. Mit Propylencarbonat gefüllte Thermometer, deren Kapillare mit Fluorsilan beschichtet wurde, verhalten sich ähnlich wie Quecksilberthermometer bezüglich Anzeigegenauigkeit und Ansprechzeit. Aufgrund des fehlenden Meniskus lassen sich die Thermometer sogar leichter als die Quecksilberthermometer ablesen. Der einzige Nachteil gegenüber Quecksilberthermometern ist der eingeschränkte Messtemperaturbereich. Mit einem Temperaturbereich von -30 °C bis 150 °C ist es allerdings möglich, ca. 90 % der Qecksilberthermometer zu ersetzen. Dadurch lässt sich ein großer Teil der 4,5 Tonnen Quecksilber, die jährlich in der EU für Messgeräte verbraucht werden und schließlich in die Umwelt gelangen, einsparen.

Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Karl J. Deichmann
✆ **+49 931 4100-624**
karl.deichmann@isc.fraunhofer.de

ENERGIEEINSPARUNG UND CO_2-MINDERUNG BEI DER ZEMENTPRODUKTION

DR. JÜRGEN MEINHARDT

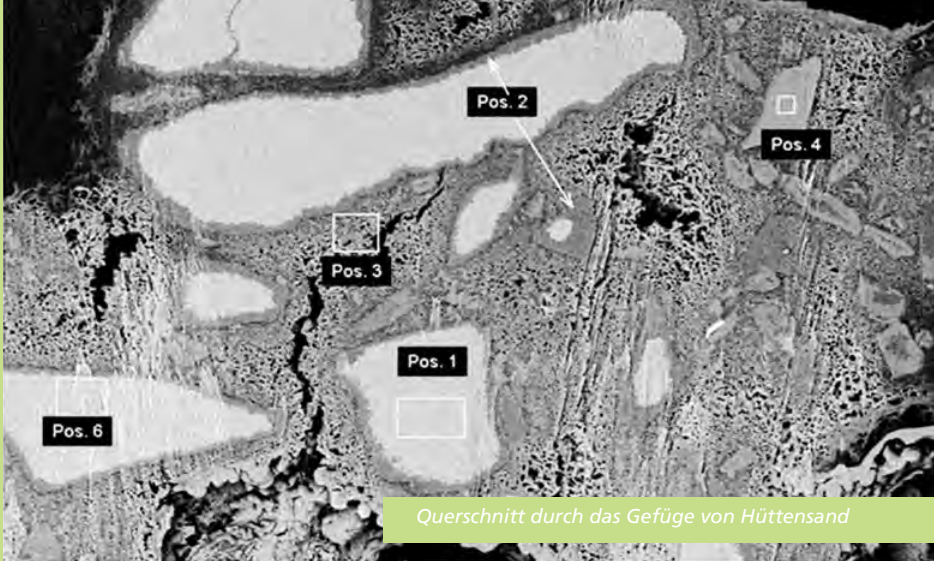
Im Sinne einer Ressourcen schonenden CO_2- und energiearmen Zementproduktion wird im laufenden Projekt »ECO-Zement« (Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi) untersucht, inwieweit die Frühfestigkeit von hüttensandreichen Zementen in einer Weise angehoben werden kann, dass der bauausführenden Firma keine Nachteile gegenüber klinkerreichen Zementen im Bauablauf bzw. in den Baukosten entstehen und somit auch im Bereich der Massenzemente hüttensandreiche Zemente einsetzbar sind. Unter der Voraussetzung einer beschleunigten Anfangserhärtung bieten diese Zemente nicht nur eine Reihe von baupraktischen Vorteilen (z. B. hoher chemischer Widerstand, geringe Hydratationswärmeentwicklung, helle Sichtbetonflächen), sondern verbessern auch die Ökoeffizienz und die Nachhaltigkeit der Betonbauweise. Daneben können natürliche Ressourcen, die ansonsten zur Zementherstellung verbraucht würden, geschont werden.

Entscheidend für die Ökoeffizienz ist der Grad der Senkung des Klinkeranteils im Beton zugunsten des Hüttensandanteils, da bei der Herstellung des Klinkers im Ofenaggregat sowohl brennstoffbedingte CO_2-Emissionen aus der Umsetzung von Brennstoffenergie in Prozesswärme wie auch rohstoffbedingte CO_2-Emissionen aus der Kalksteinentsäuerung entstehen. Hüttensand ist dagegen ein Abfallprodukt bei der Eisengewinnung und beeinflusst die Ökobilanz nicht. Der Gesamt-CO_2-Gehalt im Zement CEM I mit 0 % Hüttensand beträgt 1011 kg/t. Würde man einen CEM III/A mit 50 % Hüttensand verwenden können, so reduziert sich der CO_2-Gehalt auf 539 kg/t und beim CEM III/B mit 75 % Hüttensand gar auf 300 kg/t.

Entwicklung analytischer Verfahren

Hüttensand ist ein fast vollständig amorphes, d. h. glasiges, silicatisches Material. Das Fraunhofer ISC beschäftigt sich seit Jahrzehnten mit der Entwicklung und der Korrosion von silicatischen Materialien, u. a. mit Zementen. Innerhalb des Projekts untersucht es speziell das Hydratationsverhalten des Hüttensandes in wässriger und zementärer Umgebung. Um die Ursachen für die verringerte Frühfestigkeit von Hüttensandzementen herauszufinden, sind zunächst geeignete analytische Methoden zu evaluieren.

Die meisten veröffentlichten Analysen resultieren aus makroskopischen Untersuchungen, z. B. der chemischen Zusammensetzung der Porenlösung mittels ICP, oder aus mikroskopischen Untersuchungen mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops. Bei Letzterem sind vor allem sogenannte »Enviromental Scanning Electron Microscopes (ESEM)« oder »Variable Pressure Microscopes (VP)« zu nennen. In beiden Fällen kann in der Untersuchungskammer unter Luftdrücken von mehreren Millibar bei gleichzeitig hoher Luftfeuchtigkeit gearbeitet werden, sodass die Hydratphasen, die sich während der Hydratation des Klinkers und des Hüttensandes bilden, nicht zerstört werden. Allerdings verhindert der hohe Druck in der Kammer eine hohe Auflösung, da die Elektronen an den Gasmolekülen gestreut werden. Noch dramatischer verschlechtert sich die Möglichkeit der chemischen Elementanalyse im Rasterelektronenmikroskop, da durch die Streuung der Primärelektronen an den Gasmolekülen der sogenannte »Skirt-Effekt« entsteht, wodurch die Ortsauflösung deutlich schlechter als mehrere Mikrometer wird.



Querschnitt durch das Gefüge von Hüttensand

In den letzten Jahren ist man deshalb vermehrt zu Cryo-Methoden übergegangen, indem man Zemente unter hohen Drücken einfriert und anschließend ins Mikroskop transferiert. Die hohen Drücke sind notwendig, um die Polykristallisation des Eises zu verhindern. Idealerweise erzielt man ein amorphes Einfrieren. Dadurch bleibt das Volumen erhalten, d. h. es kommt nicht zum Aufplatzen von wasserhaltigen Strukturen während des Einfrierens. Während der sogenannten Cryo-Analyse im Rasterelektronenmikroskop kann im Hochvakuum gearbeitet werden, d. h. eine Streuung der Elektronen an Gasmolekülen tritt nicht auf und man erhält sehr hohe Auflösungen. Zudem wird im sogenannten low-kV-Modus gearbeitet, d. h. die Beschleunigungsspannung beträgt nur ein kV oder weniger. In diesem Modus können elektrische Aufladungen vermieden werden und man muss die elektrisch nicht leitfähigen Zemente nicht mit einer elektrisch leitfähigen dünnen Metallschicht besputtern, die wiederum kleinste Oberflächenstrukturen verdecken würde. So werden Auflösungen auf der Nanoskala erreicht. Ein Nachteil dieser Methodik ist jedoch der fehlende Zugang zu Materialquerschnittsanalysen, denn es werden stets Bruchflächen untersucht, d. h. eine wirkliche Analyse des inneren Aufbaus des Zementgefüges und seiner verschiedenen Phasen, insbesondere die Analyse von Diffusionsprofilen, ist so nicht möglich. Außerdem liegt trotz des Hochvakuums in der Analysenkammer immer noch keine ausreichende Ortsauflösung bei der chemischen Elementanalyse vor.

Am Fraunhofer ISC wurde deshalb in den letzten Jahren die Ionenstrahlpräparation an Zementen getestet, und es wurden Verfahren entwickelt, die zurzeit zwar noch nicht den Erhalt der Morphologie der Hydratphasen garantieren, die aber eine Querschnittspräparation ohne mechanische Zerstörung erlauben und die zu keinen Artefakten hinsichtlich der Verteilung der chemischen Elemente in der Matrix führen. Bild 1 zeigt einen Querschnitt durch das Gefüge von Hüttensand, der 30 Tage in wässriger NaOH-Lösung bei einem pH-Wert von 13 gelagert wurde. Der Querschnitt wurde mittels Argonionenstrahlen hergestellt. Das rasterelektronenmikroskopische Bild wurde mit einem speziellen hochauflösenden, materialsensitivem Detektor aufgenommen. Unterschiede im Grauwert sind auf tatsächliche Änderungen in der Materialzusammensetzung zurückzuführen. Man erkennt deutlich den dunklen Saum am Rand der Hüttensandkörner. Chemische Elementanalysen mittels EDX weisen dort einen signifikant höheren, überstöchiometrischen Sauerstoffgehalt nach. Obwohl Wasserstoff mittels EDX nicht nachgewiesen werden kann, kann hieraus auf die Anwesenheit von Wasser (H_2O) geschlossen werden, d. h. der dunkle Saum weist die Hydratationstiefe des Hüttensandes nach. Zwischen den Hüttensandkörnern hat sich eine Gelmatrix ausgebildet, die wahrscheinlich während der Präparation ihr freies Wasser abgegeben hat, sodass eine hochporöse Struktur entstanden ist.

Trotz dieses Erfolges in der Präparations- und Analysentechnik bleiben immer noch Fragen offen. Eine betrifft die ortsspezfische chemische Zusammensetzung. Die quantitative Auswertung von EDX-Spektren beruht auf mathematischen Modellen, die von einer homogenen, dichten Matrix ausgehen. Sie ist folglich auf hochporöse Matrices nicht anwendbar. Weiterhin ist die EDX-Ortsauflösung in hochporösen Matrices nicht bestimmbar. Sie kann viele Mikrometer betragen, jeweils in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung, dem zu untersuchenden Material und der Porenstruktur. Damit sind aber neben der quantitativen auch die qualitativen chemischen Analysen von großer Unsicherheit geprägt, wenn man im Mikrometer- und vor allem im Sub-Mikrometerbereich Untersuchungen durchführen möchte. Diese Überlegungen führten zur Entwicklung von geeigneten Präparationstechniken auf Basis des Focused Ion Beam (FIB)-Verfahrens, um ca. 100 Nanometer dünne Lamellen für die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) herzustellen. Hierbei wird mit einem auf wenige Nanometer fokussierten Ga-Ionenstrahl eine Lamelle aus der hochporösen Zementmatrix herausgeschnitten. Gegenüber einem Rasterelektronenmikroskop hat man in einem Transmissionselektronenmikroskop den Vorteil, dass aufgrund der nur geringen Probendicke von ca. 100 Nanometer keine massive Streuung der Elektronen an den Atomen der Probe stattfindet

und man so bei der chemischen Elementanalyse mittels EDX eine Ortsauflösung von wenigen Nanometern erreicht. Dies erlaubt die Messung von Diffusionsprofilen insbesondere über Korngrenzflächen hinweg in die Matrix und man kann so Rückschlüsse auf die Wechselwirkung der Körner mit der Porenlösung ziehen und hat zusätzlich noch den Vorteil, bei der Abbildung eine Auflösung im Sub-Nanometerbereich zu besitzen. Auch Kristallstrukturanalysen sind aufgrund der Möglichkeit der Elektronenbeugung gegeben, allerdings müssen gerade hier noch Untersuchungen bzgl. der Wechselwirkung von zementären Hydratphasen mit Ga-Ionen durchgeführt werden, um die Entstehung von Artefakten auszuschließen.

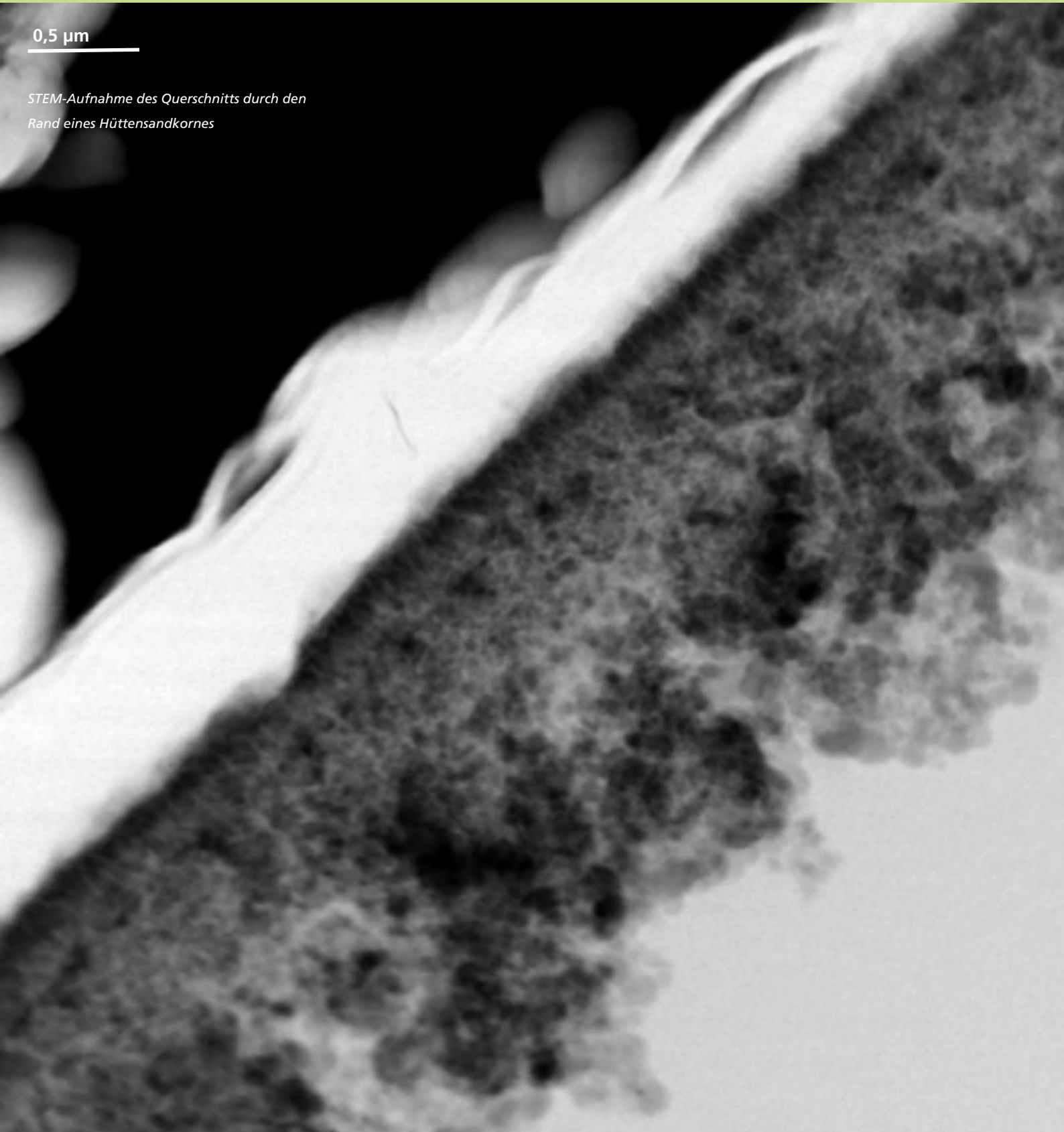
Bild 2 zeigt die STEM-Aufnahme (Scanning Transmission Electron Microscopy) des Querschnitts durch den Rand eines Hüttensandkornes, das in einem wässrigen Medium korrodiert wurde. Man erkennt die für einen wässrigen Angriff auf ein Glas typische Morphologie am Kornrand sowie die Ausbildung einer Gelschicht. Die helle Schicht auf der Gelschicht stammt von der Platinbesputterung während der Präparation der Lamelle. Um eine Schädigung der Oberfläche durch die Ga-Ionen zu verhindern, wird die Oberfläche mit einer Platinschicht geschützt.

Fazit

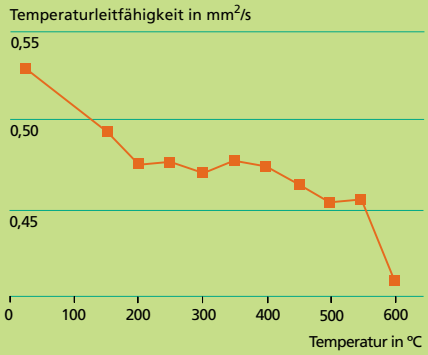
Durch die Entwicklung neuer präparativer Vorgehensweisen unter Verwendung von Ionenstrahlverfahren und dem Einsatz der Scanning-Transmissionselektronenmikroskopie können zementäre Gefüge sowohl chemisch als auch morphologisch hochaufgelöst analysiert werden. Insbesondere können hochaufgelöste Diffusionsprofile gemessen und so die Wechselwirkungen zwischen Hüttensanden, Klinkern und Porenlösungen untersucht werden. Damit wurden die Voraussetzungen für die Analyse der Ursachen der reduzierten Frühfestigkeit in Hüttensandzementen geschaffen.

Kontakt

Dr. Jürgen Meinhardt
✆ +49 931 4100-202
juergen.meinhardt@isc.fraunhofer.de



STEM-Aufnahme des Querschnitts durch den Rand eines Hüttensandkornes



2 Mittels Laser-Flash-Methode (CO_2-Laser) gemessene Temperaturleitfähigkeit von Kalk-Natron-Silicat-Flachglas in Abhängigkeit von der Temperatur.

FLEXIBLES FLACHGLASBIEGEN IN HOHER EFFIZIENZ

PD DR. MARTIN KILO

Einleitung

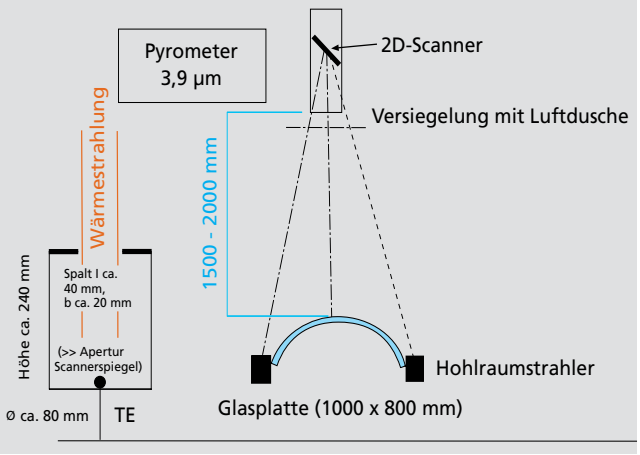
Zusammen mit Industriepartnern und dem Fraunhofer IWM führte das Fraunhofer ISC im Rahmenkonzept »Forschung für die Produktion von morgen«, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Verbundprojekt »Flexibles-Flachglas-Biegeverfahren« (FFB) durch. In diesem Verbundprojekt wurde ein neuartiges Biegeverfahren zur Herstellung gebogener Glasprodukte aus Flachglas, zum Teil auch vorgespannt, entwickelt. Die Anforderungen an dieses Verfahren ergaben sich wie folgt: hohe Automatisierbarkeit, materialgerechter Prozessablauf, energieeffizientere und schnellere Prozesszeiten im Vergleich zum Stand der Technik, hohe Produktqualität hinsichtlich Konturgenauigkeit und Oberflächengüte, permanente und detaillierte Prozesskontrolle sowie reproduzierbarer Verfahrensablauf. Der Stand der Technik beim Biegen von Flachgläsern in den im Projekt angeführten Bereichen kleiner bis mittlerer Stückzahlen und komplexen Konturen ist eher handwerklich orientiert (manufakturartig) mit hohem Aufwand, geringer Qualität und hohen Kosten.

Zielstellung und Arbeitspakete

Die Aufgaben des Fraunhofer ISC im Projekt waren die Bereitstellung von Materialdaten zum thermischen Verhalten der Gläser und die Erarbeitung von Messtechnik zur Online-Temperaturkontrolle bei der Umformung der Gläser. Bei der Bereitstellung der Materialdaten setzte das Fraunhofer ISC seine vorhandenen thermooptischen Messverfahren ein und modifizierte sie so, dass die für die Simulation des Umformprozesses am Fraunhofer IWM benötigten Daten ermittelt werden konnten. Benötigt wurden Daten zur Viskosität, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeausdehnungskoeffizient, Oberflächenspannung und Infrarotabsorption im Bereich der Umformtemperatur. Die Untersuchungen wurden exemplarisch an einem Kalk-Natron-Silicat-Floatglas durchgeführt. Weiter wurde das Klebeverhalten der Gläser zu verschiedenen für die Umformung relevanten Kontaktmaterialien temperaturabhängig untersucht.

Für die Überwachung des Biegeprozesses wurde basierend auf dem vorhandenen Know-how ein Temperaturmessverfahren entwickelt, das die Glastemperatur im umzuformenden Bereich mit einer Genauigkeit von ca. ± 1 K messen kann. Das Verfahren wurde zunächst im Labor des Fraunhofer ISC erprobt und später auf die am Fraunhofer IWM aufgebaute Pilotanlage übertragen. Die pyrometrische Temperaturmessung beruht auf einer periodischen Abtastung der Glasoberfläche

1 Schematische Darstellung der pyrometrischen Temperaturmessung beim Flachglasbiegen.



Gebogene Flachglasscheibe © Fraunhofer IWM

unter Zuhilfenahme eines Scannerspiegels und einem periodischen Temperaturabgleich mit einer Referenzstrahlungsquelle und von experimentell ermittelten Korrekturdaten (Bild 1). Zur Herstellung von gebogenem ESG wird die Scheibe in eine weitere Ofenkammer transferiert und mit kalter Luft angeblasen.

Ergebnisse und Ausblick

Die pyrometrische, ortsgenaue Temperaturmessung während des Prozesses wurde erstellt und in die Anlage integriert. Der Einfluss ortsgenauer Erwärmung (Heißluft, Laser) auf die Konturtreue konnte in der Simulation gezeigt und im Experiment verifiziert werden. Das im abgeschlossenen Vorhaben entwickelte Verfahren besitzt das Potenzial, durch technische Maßnahmen bei der Steuerung der Form die Rüstzeiten beim Wechsel des Produkts praktisch aufzuheben, da keine individuellen Formen mehr benötigt werden. Die Zeit für die Herstellung einer gebogenen Scheibe wird dadurch deutlich reduziert, da die einzelnen Prozessschritte Erwärmen, Umformen und Abkühlen räumlich getrennt werden können. Eine erhebliche Einsparung beim Energiebedarf für die Herstellung der einzelnen Scheibe ist das Ergebnis. Insgesamt betrachtet liefert das erarbeitete Verfahren einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Produktqualität, zur Verminderung des Ausschusses und zur Reduktion des Werkstoffverbrauchs sowie der damit verbunden Steigerung der Energieeffizienz. Als Ergebnis des Projekts stehen praxiserprobte und effiziente Verfahrens- und Prozesslösungen zur wirtschaftlichen Herstellung von gebogenen und bedarfsweise vorgespannten Qualitäts-Flachgläsern in kleinen Stückzahlen zur Verfügung.

Die Temperaturleitfähigkeit (TLF) des Kalknatronsilicatflachglases wurde in der thermooptischen Messanlage (TOM) des Fraunhofer ISC mittels Laser-Flash-Methoden bei unterschiedlichen Temperaturen ermittelt (Bild 2). Die Glasproben wurden dabei als freitragende Einzelscheiben, als planparallele Doppelscheiben und als Tropfen auf einer dünnen Metallfolie liegend gemessen.

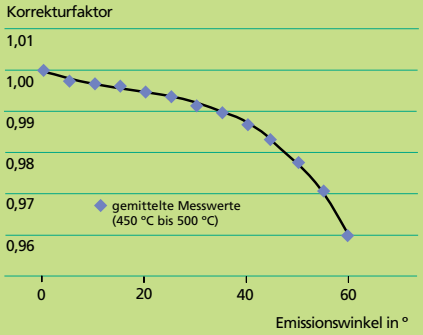
Die Messungen am Tropfen erfolgten mit einer eigens angepassten Software, die eine inverse Simulation des Wärmetransports ermöglicht.

Weiterhin wurde die spezifische Wärmekapazität c_p von Kalk-Natron-Floatglas bestimmt. Der Glasübergang der Probe konnte bei einer Temperatur von 567,1 °C mit einer Änderung der spezifischen Wärmekapazität von 0,275 J/g*K festgestellt werden.

Mit dem thermooptischen Messprinzip können Transformationstemperatur (Tg) und Viskositätsfixpunkte von Glas berührungslos bestimmt werden. Dazu werden neben der Tg-Bestimmung Fadenzieh- und Stab-Einsink-Verfahren angewendet.

Für Balkenbiegeversuche wurde ein spezieller Probenhalter für Lastexperimente entwickelt, bei dem Glasproben auf beweglichen Rollen gelagert werden. Dadurch entstehen keine transversalen Kräfte. Zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Temperaturverteilung befand sich der Glasbalken innerhalb des Ofens zusätzlich in einem separaten Behältnis aus isolierendem Fasermaterial mit Sichtfenstern. An balkenförmigen Flachglasproben aus Kalknatronsilicat-Glas wurde die viskose Verformung unter definiertem Druck ermittelt. Die Messung umfasste Viskositäten von 109 bis 1015 dPa*s. Das entspricht Messtemperaturen von etwa 900 bis 400 °C. Sowohl beim Balkenbiegeverfahren als auch beim Fadenziehversuch liegt die Reproduzierbarkeit wie bei der Bestimmung der Transformationstemperatur innerhalb von 2K. Die thermooptisch ermittelten Werte zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Werten, die mithilfe der Vogel-Fulcher-Tammann-Gleichung (VFT) berechnet wurden.

UMWELT



3 Messung der Abstands- und Winkelabhängigkeit der pyrometrisch gemessenen Temperaturen, Messwerte und Ausgleichsfunktion (Werte = normierte Mittelwerte mehrerer Messreihen (± ϕ) bei 450 °C bzw. 500 °C)

Für die Entwicklung des pyrometrischen Temperaturmessverfahrens beim Biegen wurde ein eigener Messplatz aufgebaut, an dem Modellexperimente an heißen Floatglasscheiben durchgeführt wurden.

Bild 3 zeigt, dass sich die Wärmestrahlung in einem Winkelbereich von 0° bis ±40° kaum ändert. In diesem Winkelbereich kann also die Temperaturmessung in der Biegevorrichtung erfolgen.

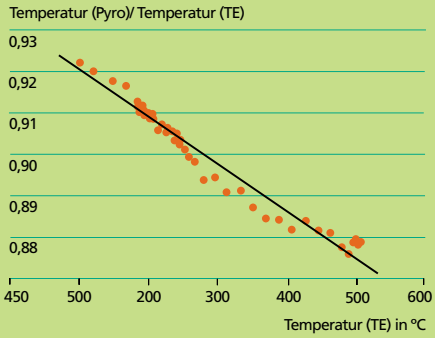
Da sich der Messabstand beim Biegevorgang ändert, wurde der Einfluss des Abstands zwischen Scannerspiegeln und Flachglasscheibe auf das Temperaturmesssignal bestimmt. ImWinkelbereich von 110° bis 130° tritt keine signifikante Temperaturänderung in Abhängigkeit vom Messabstand Glas-Pyrometer auf. Zur Bestimmung der Glastemperatur mit dem Pyrometer werden gemessene temperaturabhängige Emissivitätswerte der Gläser verwendet.

Das Fraunhofer ISC entwickelte das Programm zur berührungslosen Temperaturerfassung der Glasscheiben während des Biegevorgangs. Es steuert ein Pyrometer sowie einen Scanner direkt an. Zur Steigerung der Messgenauigkeit wird zusätzlich die Temperatur eines Schwarzen-Strahlers im Ofeninnenraum pyrometrisch sowie mithilfe eines Thermoelements gemessen. Diese Daten werden online zur Korrektur der rein pyrometrisch erfassten Glastemperaturen herangezogen und ermöglichen so die messtechnische Berücksichtigung sich dynamisch ändernder Gegebenheiten (Verschmutzungen etc.) während des Glasbiegens.

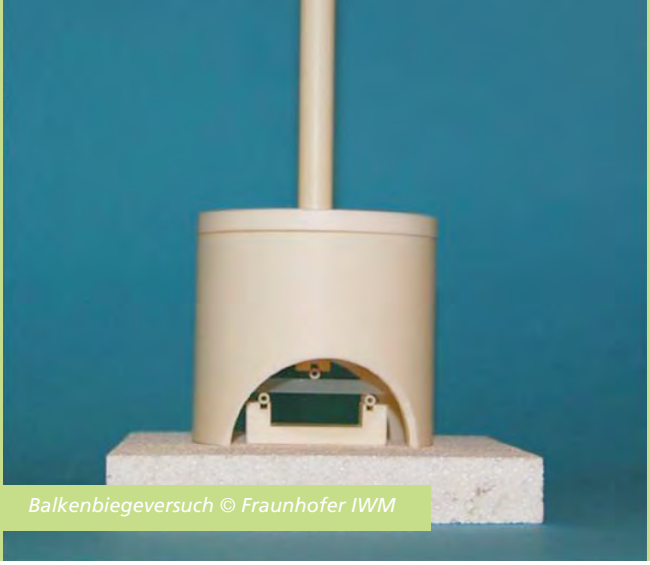
Eine weitere Korrektur berücksichtigt den Abstrahlwinkel der pyrometrisch erfassten Wärmestrahlung abhängig von der Montageposition des Scanners und den zu vermessenden Glaskoordinaten. Die hierfür benötigten temperatur- und winkelabhängigen Messdaten wurden während des Projekts am Fraunhofer ISC ermittelt und werden vom Programm verwaltet. Ein Korrekturalgorithmus sorgt für die Berichtigung der direkt erfassten Temperaturdaten.

Zur Untersuchung der Temperaturverteilung im Ofen wurden Messungen mit dem Pyrometer-Messsystem sowie mit auf der Scheibe angebrachten Thermoelementen durchgeführt (Bild 4). Bild 5 zeigt, dass zeigte sich über die Biegezone ein Temperaturgradient von ca.10 K. Im Bereich der Türe ist ebenfalls eine Temperaturabweichung erkennbar.

Die Temperaturmessung wurde in die Ofensteuerung (IPC) der Firma Eckelmann integriert und an Glasscheiben während einer Reihe von Betriebstests durchgeführt und ausgewertet. Die Messungen wurden mittels Hohlraumstrahler und Thermoelementen verifiziert. Durch Einbeziehung der flächigen In-situ-Temperaturmessungen konnte die Ofensteuerung wesentlich verbessert werden. Durch die exakte Bestimmung der Biegetemperatur wurde das ideale Verarbeitungsfenster für das jeweilige Glas gefunden, um den Biegevorgang entsprechend zu steuern.

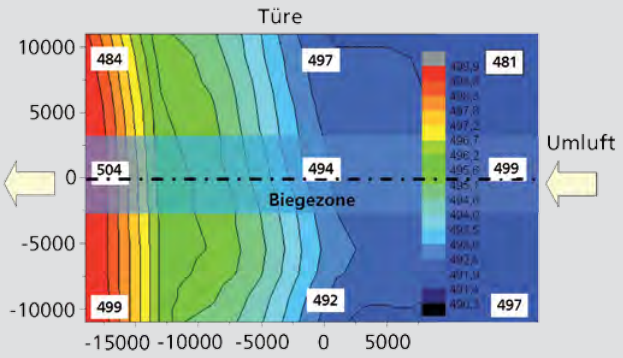


4 Temperaturabhängigkeit der Emissivität ε (T) von Floatglas



Balkenbiegeversuch © Fraunhofer IWM

Als Ergebnis des Projekts stehen praxiserprobte und effiziente Verfahrens- und Prozesslösungen zur wirtschaftlichen Herstellung von gebogenen und bedarfsweise vorgespannten Qualitäts-Flachgläsern in kleinen Stückzahlen zur Verfügung. Das Verfahren liefert somit einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion des Wertstoffverbrauchs sowie damit verbunden zur Energieeffizienz.



5 Temperaturverteilung, Farbdarstellung der Pyrometermessung, überlagert die Zahlenwerte der Thermoelementmessung

Kontakt

PD Dr. Martin Kilo
✆ +49 931 4100-234
martin.kilo@isc.fraunhofer.de

KORROSIONSSCHUTZ OHNE SECHSWERTIGES CHROM

MARIE-LUISE RIGHI, DR. JOHANNA KRON

Handlungsbedarf

Durch Korrosion an Metallen entstehen der Volkswirtschaft jedes Jahr Schäden in Milliardenhöhe. In den Industrieländern rechnet man aktuell mit circa 6 % des Bruttonationaleinkommens, wenn man alle Folgekosten mit einbezieht, die beispielsweise durch Produktionsminderung oder Betriebsausfälle entstehen. Allein in Deutschland sind dies circa 150 Mrd Euro pro Jahr. Die Verhinderung von Korrosion ist deshalb ein wichtiges Thema für eine nachhaltige Produktion. Etablierte Verfahren wie die Chromatierung – die Oberflächenbehandlung durch sechswertiges Chrom – sind aufgrund ihres gesundheitsgefährdenden Potenzials nur noch in Ausnahmefällen zugelassen, mit einem vollständigen Verbot auch dieser Ausnahmen ist zu rechnen. Durch den Druck der weltweit immer strenger werdenden Umweltverordnungen und die steigenden Qualitätsanforderungen sind die Unternehmen gezwungen, entsprechende Umstellungen beim Korrosionsschutz vorzunehmen. Weltweit wird daher nach Alternativen zu Chrom(VI) gesucht. Das Fraunhofer ISC arbeitet mit Hochdruck an verschiedenen nasschemischen Verfahren, um die guten Korrosionsschutz-Eigenschaften der Chromatierungsverfahren mit einer gesundheitlich unbedenklichen Sol-Gel-Beschichtung zu erreichen.

Eigenschaftsprofil Chromatierung

Das Verfahren der Chromatierung zur Vorbehandlung von Aluminium, Eisen oder auch Magnesium vor der Beschichtung hat lange Tradition. Das liegt unter anderem an den hervorragenden Schutzeigenschaften und der einfachen Integration in die etablierten Prozesse der Blechveredelung.

Ein Ersatzverfahren muss also diesen beiden Aspekten Rechnung tragen, um als ökonomisch und ökologisch sinnvolle Alternative anerkannt und eingesetzt zu werden.

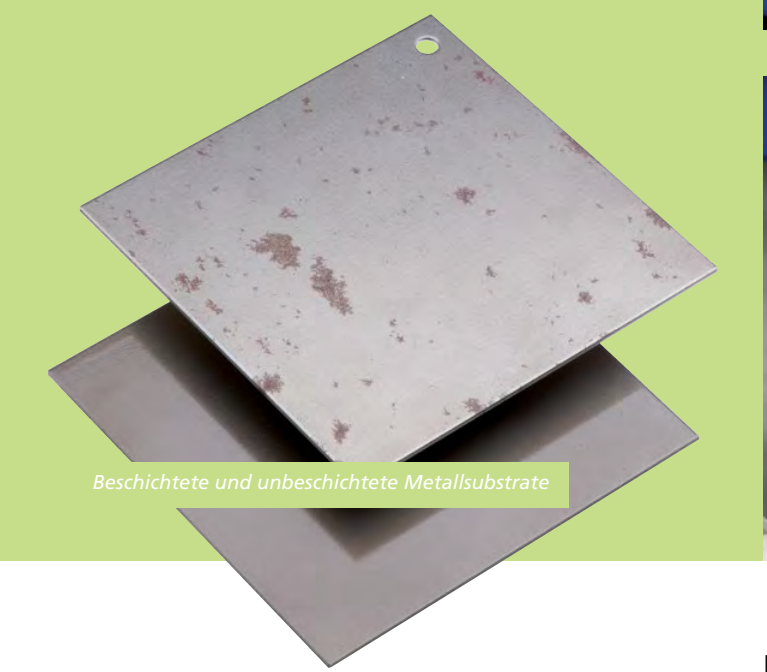
Wichtigste Eigenschaften hinsichtlich der Metallveredelung:

- Verarbeitung im Rolle-zu-Rolle-Verfahren
- Umformbeständigkeit bei den üblichen Formgebungsverfahren wie z. B. dem Tiefziehen
- Selbstheilung bei kleineren Beschädigungen – der Korrosionsschutz bleibt bestehen

Aber: Sechswertige Chrom-Verbindungen sind in der EU-Stoffrichtlinie als toxisch und krebserregend eingestuft und stehen in den USA auf der Liste der »top toxic substances« der Umweltbundesbehörde. Nach der EU-Altautorichtlinie müssen die Automobilhersteller seit 2007 ihre Produkte komplett Chrom(VI)-frei anbieten. Ebenso steuert die EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte die Wiederverwertung elektrischer und elektronischer Geräte. Seit Juli 2006 müssen die Mitgliedsstaaten der EU sicherstellen, dass neu in Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte neben anderen gefährlichen Stoffen kein sechswertiges Chrom mehr enthalten.

Passiver Korrosionsschutz auf Sol-Gel-Basis

Im Rahmen eines von der Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschung AiF geförderten Projekts wurden in Zusammenarbeit mit dem Schwesterinstitut Fraunhofer IWU und dem Institut für Korrosionsschutz in Dresden neue multimetallfähige Korrosionsschutzkonzepte als umweltfreundlicher Chromatierungsersatz entwickelt. Anwendungsgebiete sind verzinkte Stähle, Aluminium- und Magnesiumlegierungen sowie Stahl.



Beschichtete und unbeschichtete Metallsubstrate

Salzsprühnebeltest

Die Beschichtungen wurden mit am Markt verfügbaren, technischen Oberflächen sowie mit verschiedenen Deckschichtsystemen wie Polyesterpulver, EP/PUR-Flüssigbeschichtung sowie einer reinen PUR-Flüssigbeschichtung abgestimmt, um eine optimierte Haftung und Korrosionswirkung zu erreichen. Als Chrom(VI)-Ersatz wurden dabei hybridpolymere Nanokomposite eingesetzt, die am Fraunhofer ISC entwickelt wurden.

Neben den unmittelbaren Korrosionsschutzeigenschaften der Beschichtungen wurde besonderes Augenmerk auf die Umformfähigkeit der mit Nanokomposit- und Deckbeschichtung versehenen Bleche gelegt. Die Nanokompositschicht übernimmt hier auch die Aufgabe eines haftvermittelnden Primers für die Deckschicht. Nach Umformversuchen an den beschichteten Blechen – Biegen und Tiefziehen – konnte gezeigt werden, dass die Nanokompositbeschichtungen den Anforderungen an die Haftfestigkeit gerecht werden.

Die ausgewählten Nanokompositsysteme boten unter den anschließenden Korrosionsbelastungen, abhängig von der eingesetzten Deckbeschichtung, einen guten multimetallfähigen Korrosionsschutz. Damit sind die entwickelten Nanokomposite für die Anwendung als umweltfreundliche multimetallfähige Alternative zu Chrom(VI)-haltigen Oberflächenvorbehandlungsverfahren geeignet. Unterschiede im Korrosionsschutzvermögen konnten im Wesentlichen nur im Verhalten am künstlichen Defekt nach Belastung im Salzsprühnebel festgestellt werden. Nur unter dieser sehr hohen Korrosionsbelastung waren die untersuchten Nanokomposite nicht ganz so leistungsstark wie die chromatierten Vergleichsmuster.

Aktiver Korrosionsschutz mit Selbstheilungseffekt

Im Projekt ASKORR – einer Eigenforschungs-Kooperation zwischen zwei Max-Planck- und zwei Fraunhofer-Instituten, koordiniert vom Fraunhofer ISC – wird eine Sol-Gel-basierte Lösung für das Selbstheilungsvermögen einer beschichteten Oberfläche erarbeitet. Ansatzpunkt für die Forscher aus den beiden großen Forschungsinstitutionen ist ein Verbund verschiedener aktiver Schichten, die auf korrosionsgefährdete Stahloberflächen aufgebracht werden. In die Schichten sind Wirkstoffkomponenten in Form von Nanocontainern eingebracht. Bei einer mechanischen Beschädigung der Oberfläche werden die Wirkstoffkomponenten in den Schichten freigesetzt und können die Beschädigung »ausheilen«. Die Wirkung auf den Korrosionsschutz ist damit ähnlich wie bei der Chromatierung, wo sich an der mechanisch beschädigten Stelle wieder Chromat aus der Umgebung ansammelt und so den Kratzer verschließt.

Ausblick

Vorteil beider vorgestellter Verfahren ist der nasschemische Prozess, der sich einfacher in die Bandverarbeitung in der Blechveredelung integrieren lässt als z. B. vakuumgestützte Verfahren der Obrerflächenbehandlung. Während der passive Korrosionsschutz noch nicht ganz an die guten Eigenschaften in Bezug auf die Schutzwirkung bei Beschädigung der Schutzschicht heranreicht, so ist der Ansatz der aktiven Beschichtungen mit Wirkstoffcontainern sehr vielversprechend, einen vollwertigen und leicht zu verarbeitenden Chromatierungsersatz zu verwirklichen. Das Fraunhofer ISC hat damit einen großen Fortschritt hinsichtlich umweltfreundlicher und gesundheitlich unbedenklicher Beschichtungsmaterialien für den Korrosionsschutz erzielt.

Kontakt

Dr. Johanna Kron
✆ +49 931 4100-935
johanna.kron@isc.fraunhofer.de

CLIMATE FOR CULTURE

DR. JOHANNA LEISSNER, MARIE-LUISE RIGHI

Auswirkungen des Klimawandels

Der weltweit zu beobachtende Klimawandel wird in vieler Hinsicht die Entwicklung unserer Gesellschaft stark beeinflussen. Für Europa werden neben der Anhebung der Durchschnittstemperaturen Dürreperioden und eine Häufung von extremen Wind- und Niederschlagsereignissen erwartet. Durch diese Veränderungen werden viele, wenn nicht alle Bereiche unseres Lebens betroffen sein, als Beispiele seien die Erzeugung unserer Lebensmittel, Transport und Logistik, Tourismus, die produzierende oder die Bauindustrie sowie der Energiesektor genannt.

Eine spezielle Auswirkung der klimatischen Veränderungen in unseren mitteleuropäischen Breiten wird vom EU-Projekt »Climate for Culture« untersucht, das noch bis zum Jahr 2014 laufen wird. Denn auch für den Denkmalschutz stellt der Klimawandel eine ernstzunehmende Herausforderung dar. Antike oder historische Bauwerke sind der Änderung von Mikroklimata genauso ausgesetzt wie Objekte aus Sammlungen und Museen, die oft sehr empfindlich auf Änderung von Feuchte und Temperatur reagieren.

Im Rahmen von »Climate for Culture« werden durch die Verknüpfung von aktuell gebräuchlichen Klimamodellen, speziellen Datenerhebungen und Gebäudesimulationen Modelle entwickelt, anhand derer die Folgen für den Erhalt von Bauwerken und Objekten unseres kulturellen Erbes prognostiziert und entsprechend abgestimmte Rettungsmaßnahmen möglichst rechtzeitig veranlasst werden sollen. 30 Partner arbeiten EU-weit in diesem Projekt mit. Aufgabe des Fraunhofer ISC – schon seit Langem im Bereich der Forschung für den Kulturgüterschutz engagiert – ist der Einsatz und die Auswertung von am Institut entwickelten Spezialsensoren zum Umweltmonitoring.

Zuverlässige Prognosen durch validierte Modellierung und Umweltsensorik

Für das Projekt wurden zwei klimatisch und räumlich hochauflösende Klimaszenarien aus den Berichten AR4 und AR5 des Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC zugrunde gelegt. Daraus wurden von den Projektpartnern Temperatur- und Niederschlagsentwicklungen berechnet und diese Daten zusammen mit realen Messdaten in verschiedene Gebäudesimulationsprogramme eingegeben, um die Modelle zu überprüfen. In einem weiteren Schritt wurden die Modellrechnungen angewendet, um die Veränderung von Innenraumtemperatur und Feuchte in einem historischen Gebäude mit bekannten Gebäudeparametern zu berechnen.

Sensoren im Klimaschrank

Die Simulationsergebnisse für Zeiträume in Vergangenheit und Gegenwart wurden mit bereits seit Längerem erfassten Klimadaten aus dem Innen- und Außenraum des Gebäudes verglichen, um so die Simulationsgenauigkeit bewerten zu können. Es konnte nachgewiesen werden, dass die berechneten Daten der Modelle z. T. sehr gut mit den gemessenen Daten übereinstimmten und so eine hinreichende Genauigkeit angenommen werden kann. Erste Berechnungen für einen zukünftigen Zeitraum – korrespondierend mit den IPCC-Szenarien die Jahre 2085 bis 2100 – zeigten einen signifikanten Anstieg der Innenraumtemperaturen. So scheinen auch Wintertemperaturen im Innenraum des ungeheizten Gebäudes in diesem Zeitraum nicht mehr unter den Gefrierpunkt zu fallen. Weitere Schritte in der Simulation sollen auch die Parameter Luftfeuchte sowie andere Faktoren wie regelmäßige Schwankungen, z. B. Tag-/Nacht- und Frost- oder Tauzyklen mit einbeziehen.

Diese Veränderungen werden Auswirkungen auf die Bausubstanz, feste Einbauten, aber auch auf Malereien oder bewegliches Inventar haben. Hier setzt in einer weiteren Projektphase die Aufgabe des Fraunhofer ISC ein, das mit seinen Modellgläsern, Umweltsensoren und Klimasimulationen insbesondere klimatische Einflüsse auf Gemälde, Wand- und Glasmalereien oder Objekte erfasst, analysiert und nachstellt. Ziel der Untersuchungen ist es, Prognosen über potenzielle Schädigungen an den realen Gegenständen zu ermöglichen, die genauen Schadensursachen festzustellen und so wirkungsvolle Schutz- und Konservierungsstrategien zu entwickeln.

Ausblick

Die gute Korrelation zwischen gemessenen und errechneten Klimadaten zeigt, dass die Simulationsmethodik auch für Vorhersagen über die Entwicklung des Innenraumklimas einsetzbar sein wird. Zusammen mit weiteren Untersuchungen und Modellrechnungen zu den Auswirkungen dieser kleinklimatischen Veränderungen auf die Bausubstanz selbst, aber auch auf bewegliches und unbewegliches Inventar, wird eine Abschätzung ermöglicht, welchen Aufwand man in Zukunft hinsichtlich der Klimatisierung von historischen Gebäuden oder des unmittelbaren Schutzes von kulturgeschichtlich wertvollen Objekten wird betreiben müssen, um die Auswirkungen des Klimawandels zu begrenzen. Damit sind die Kulturgüterschützer Vorreiter, was die Abschätzung der Folgen des Klimawandels auf den Bausektor anbelangt. Immerhin drei Prozent des Gebäudebestands in Deutschland sind denkmalgeschützt und so in besonderem Maße betroffen.

Kontakt

Katrin Wittstadt
✆ **+49 9342 9221-704**
katrin.wittstadt@isc.fraunhofer.de

UMWELT

SENSORIK UND UMWELTMONITORING

DR. KLAUS ROSE, DR. PAUL BELLENDORF

Sensorik – ein universelles Umweltthema

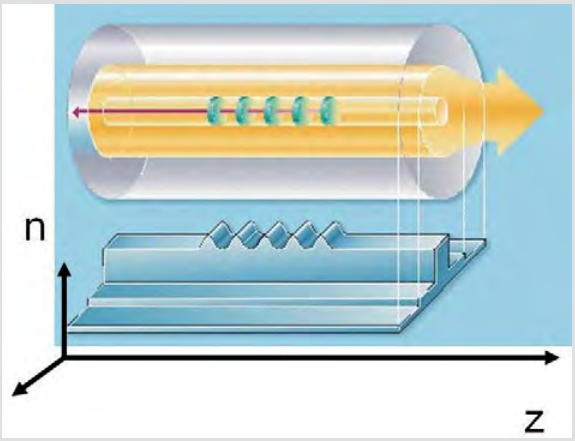
Steigende Anforderungen in den Bereichen Arbeitssicherheit und Umweltschutz bei zunehmender Komplexität der Steuerung und Regelung industrieller Produktionsprozesse sowie der Stofferkennung in der Medizin bewirkten einen deutlich höheren Bedarf an Sensoren zur Erkennung von (Schad-) Stoffkonzentrationen. Auch die Überwachung von Strukturen an Gebäuden, Produktionsanlagen, Bauteilen, Maschinen und Fahrzeugen bietet immer breitere Anwendungsfelder für Sensoren. Die rasche Entwicklung in der Miniaturisierung elektronischer Bauteile führte zunächst zum verstärkten Einsatz elektrisch arbeitender Systeme. Die Verwendung optischer Messverfahren hat in letzter Zeit deutlich an Boden gewonnen, vor allem, da sie gegenüber elektrischen Verfahren wesentliche Vorteile besitzen:

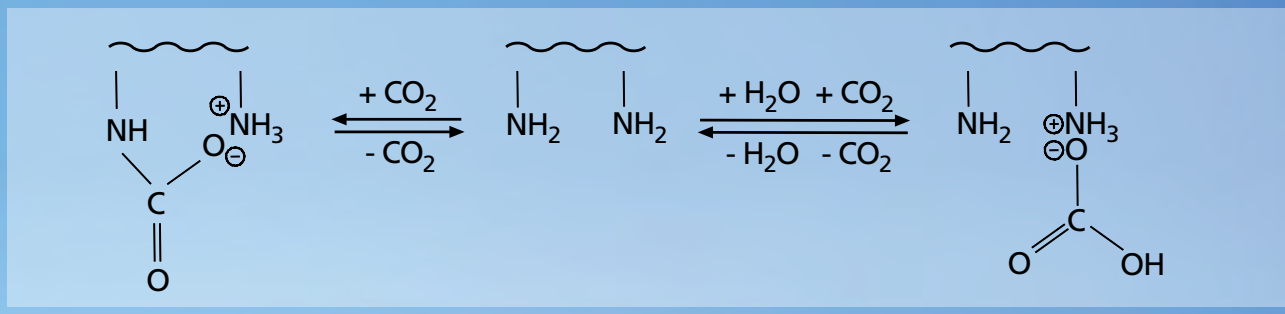
- Sie arbeiten strom- und spannungsfrei.
- Sie sind unempfindlich gegen elektromagnetische Störfelder, Hochspannung, hohe Temperaturen und sie sind chemikalienresistent.
- Es ist kein externes Referenzsignal nötig.
- Für die Detektion ist ein breiter Wellenlängenbereich verfügbar (UV bis IR).

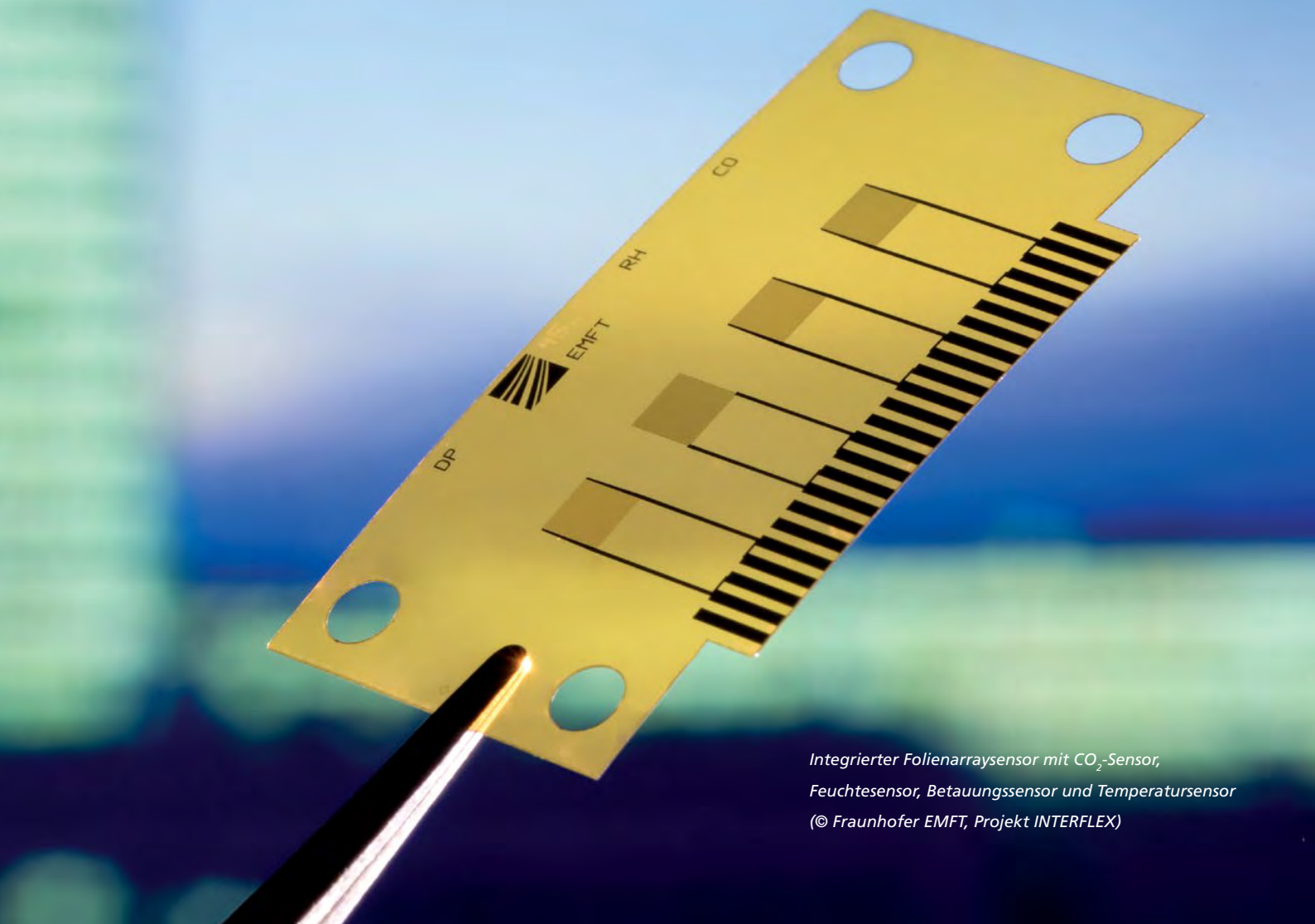
Für das Fraunhofer ISC ist das Thema Sensorik schon lange fester Bestandteil der Forschung und Entwicklung. So wurden u. a. für CO_2-Sensoren entsprechend gassensitive Schichten entwickelt, die in optischen Fasersensoren und in kapazitiv arbeitenden Interdigitalkondensatoren einsetzbar sind.

Im Bereich Biosensoren gelang die Konzeption eines optischen Glukosesensors, und für optische Dehnungsmessungen wurde eine Schicht für die dafür eingesetzten Faser-Bragg-Gitter-Sensoren entwickelt. Bei allen genannten Sensortypen kommen hybridpolymere Schichtsysteme (ORMOCER®e) zum Einsatz.

Schemazeichnung Faser-Bragg-Gitter-Sensoren (Quelle IPHT)







Integrierter Folienarraysensor mit CO_2-Sensor, Feuchtesensor, Betauungssensor und Temperatursensor (© Fraunhofer EMFT, Projekt INTERFLEX)

UMWELT

Wirkungsweisen der Sensorschichten

Die Erfassung von Mess- oder Stoffdaten erfolgt durch ein sensitives Bauelement, das die Änderung einer physikalischen Größe registriert. Diese Veränderung wird in ein elektrisches oder optisches Signal umgewandelt. Oftmals sind die Bauelemente nicht aus einem sensitiven Material gefertigt. Sie benötigen dafür ein sensitives Medium, den Transducer – die sensitive Schicht.

Mithilfe sensitiver Schichten können chemische Stoffe in der Umgebung detektiert werden, wobei funktionelle Elemente in die Schicht eingebaut werden, die mit Stoffen der Umgebung in Wechselwirkung treten oder ein neues Reaktionsprodukt bilden. Im Fall eines optischen Sensors ändert sich z. B. die Brechzahl der Schicht und über die Wechselwirkung mit dem sogenannten evaneszenten Feld des im optischen Leiter geführten Lichts ändert sich die Lichtausbreitung im Leiter, z. B. in einer Glasfaser. Bei elektrischen Sensoren führt die gleiche Reaktivität der Sensorschicht zu veränderter Leitfähigkeit, Kapazitätsänderungen oder veränderter elektrischer Austrittsarbeit. Die Sensitivität der im Fraunhofer ISC entwickelten CO_2-Sensorschicht beruht auf der reversiblen Reaktion von gasförmigem CO_2 mit Aminogruppen, die in die Schicht integriert sind.

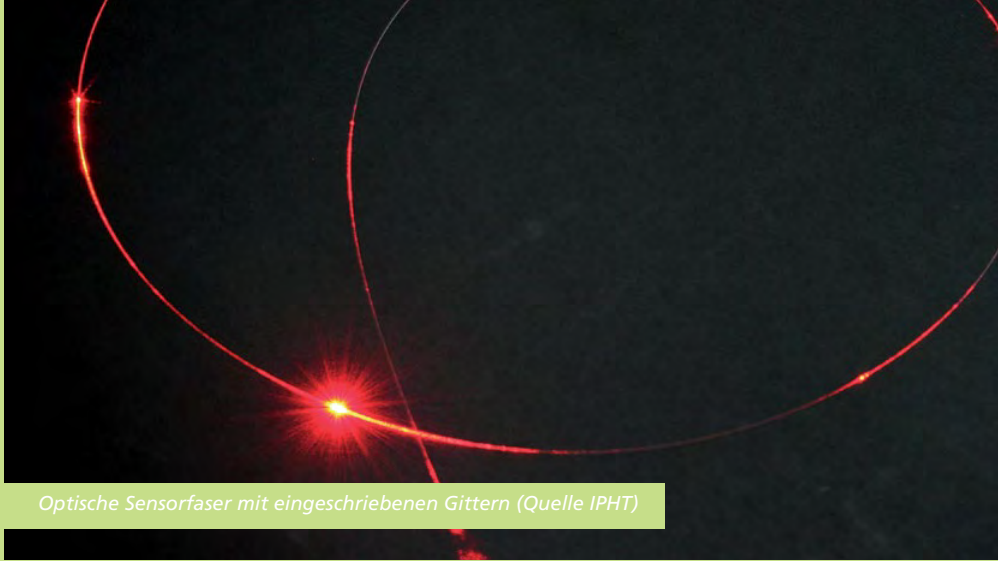
Ein völlig anderes Detektionsprinzip wird bei einem Biosensor zur optischen Bestimmung der Glukosekonzentration angewandt. Das Enzym Glucoseoxidase, das in einer Oxidationsreaktion Glukose in Gluconat überführt, ist ein Bestandteil der Sensorschicht. Ein weiterer Bestandteil ist ein metallorganischer Rutheniumkomplex, ebenfalls in die Schicht eingebaut, der als Sauerstoffsensor dient. Das Messprinzip beruht auf der Löschung des Fluoreszenzsignals des Rutheniumkomplexes in Anwesenheit von Sauerstoff. Die fluoreszenzspektroskopische Messung des Sauerstoffgehalts gibt also Auskunft über den O_2-Verbrauch bei der an der Schichtoberfläche stattfindenden enzymatischen Glukoseoxidation. Es handelt sich hierbei um eine indirekte Glukosebestimmung, die den Einbau von zwei völlig unterschiedlichen Sensorkomponenten in die aktive Schicht erfordert.

Die Glasfasertechnologie ermöglicht das Einschreiben von Bragg-Gitter-Strukturen in Glasfasern. Diese Gitterstrukturen reflektieren Licht innerhalb der Glasfaser, wobei die Reflexionswellenlängen sehr empfindlich auf äußere mechanische Einflüsse reagieren. Dies ermöglicht den Einsatz von Glasfasern z. B. als Verformungs- und Dehnungssensor bei der Überwachung von Bauteilen und Gebäuden, wobei hier die Faser selbst das sensitive Element ist. Die Aufgabe der Schicht besteht vor allem darin, die empfindliche Glasfaser zu schützen und zugleich bei entsprechender mechanischer Belastung den Kraftübertrag ohne Dämpfung auf die Faser zu gewährleisten.

Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten

Die Überwachung des Raumklimas in Gebäuden und Fahrzeugen ist ein wichtiges Umweltthema, wobei die CO_2-Konzentration ein wesentlicher Faktor ist. In diesem Zusammenhang werden entsprechende Messsysteme zunehmend miniaturisiert, im Energieverbrauch verbessert oder gar autark und in neuartige elektronische Komplettsysteme integriert. In einer Weiterentwicklung der beschriebenen CO_2-Sensorschicht erfolgte jetzt deren Anpassung von IDK-Strukturen auf Glasoberflächen hin zu Strukturen auf Polymidfolie. Hierbei ist der CO_2-Sensor Teil eines Folien-Sensorarrays.

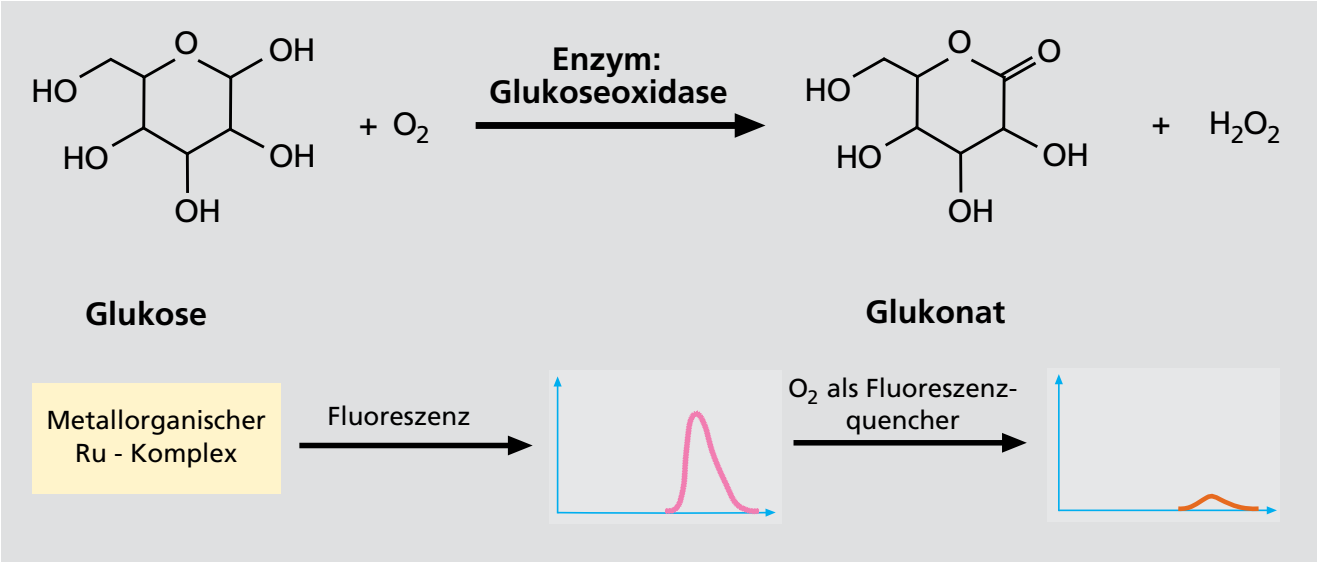
Die Überwachung biotechnologischer Prozesse bei der Herstellung von Nahrungsmitteln, Getränken, Pharmazeutika oder Biosprit wird zunehmend auch mit Biosensoren vorgenommen. Hierzu wurde es ermöglicht, empfindliche Biomoleküle wie z. B. das Enzym Glucoseoxidase in eine ORMOCER®-Sensorschicht einzubauen. Mit dem online arbeitenden optischen Glucosesensor kann die Glucosekonzentration in einem



Optische Sensorfaser mit eingeschriebenen Gittern (Quelle IPHT)

Bioreaktor permanent detektiert werden, ohne eine Probe entnehmen und aufwendig extern analysieren zu müssen. Die Zeitersparnis ist hier ein wesentlicher Faktor im Produktionsablauf.

Die Messung von Dehnung, Druck und Temperatur war bisher eine Domäne elektrischer Systeme (Dehnungsmessstreifen). Mit den Vorteilen von optischen Faser-Bragg-Gitter-Sensoren hat sich das Anwendungsspektrum dieses Sensortyps deutlich erweitert. Mit exzellenter Haftung auf der Glasfaser sowie hoher thermischer und mechanischer Beanspruchbarkeit bei stabiler Kraftübertragung auf die Gitterstruktur liefert das dazu entwickelte ORMOCER®-Fasercoating einen wesentlichen Beitrag zu dieser Technologie. Die Geometrie der Glasfaser und die chemische Variierbarkeit der Schicht ermöglichen weiterhin durch Verklebung den Einbau der Sensorfaser direkt in das Bauteil oder direkt in die Struktur eines laminierten Werkstoffs.



Kontakt

Dr. Klaus Rose
✆ +49 931 4100-626
klaus.rose@isc.fraunhofer.de

UMWELT

Neue Dosimeter zur Erfassung von Umweltschadstoffen in Museen

Die Hauptaufgabe von Museen ist die dauerhafte, sichere Bewahrung von Kunst- und Kulturgut, verbunden mit der Möglichkeit, ausgewählte Stücke der Allgemeinheit zu präsentieren. Je nach dem Material, aus dem die Sammlungsobjekte bestehen, gestaltet sich diese Aufgabe unterschiedlich komplex. Beispielsweise müssen Papier oder Textilien deutlich umsichtiger gelagert und ausgestellt werden als relativ unempfindliche Objekte aus Stein.

Es gilt, Umweltparameter wie Temperatur, relative Luftfeuchte und Licht sorgfältig auf die Empfindlichkeit der jeweiligen Objektgruppen abzustimmen und diverse Schadgase generell zu vermeiden. Die kontinuierliche Dauerüberwachung all dieser Parameter ist im Museumsalltag nicht bewältigbar, müssten doch alle genannten Faktoren jederzeit mit zum Teil aufwendiger Messtechnik nicht nur für die Raumbedingungen erfasst werden, sondern in jeder Vitrine, in jedem Aufbewahrungsschrank und in jeder Lagerkiste. Hier bietet sich der Einsatz von kleinen, kabellosen Dosimetern an, welche an besonders gefährdeten und/oder belasteten Stellen im Museum gezielt zur Umweltüberwachung eingesetzt werden können.

Warum Dosimeter?

Im Gegensatz zu den üblichen Messverfahren dokumentiert ein Dosimeter nicht den Ist-Zustand zu einem festgelegten Zeitpunkt an einem Expositionsstandort, sondern gibt Auskunft über die integrative Einwirkung eines oder mehrerer Parameter über einen längeren Messzeitraum, der mehrere Wochen bis zu einem Jahr dauern kann. Durch die lange Messzeit können mittels Dosimeter selbst Auswirkungen von geringen Schadstoffkonzentrationen detektiert werden. Dies ist vor allem beim Nachweis von schadhaften Agenzien in kleinen bis mittleren Luftvolumina wie in Verpackungsboxen oder Museumsvitrinen relevant, da durch die Installation des Messequipments, und der damit verbunden Öffnung des Innenraums, ein Luftaustausch mit der Umgebung stattfindet. Die Konzentration der schädigenden Stoffe – wie beispielsweise Formaldehyd aus Spanplatten – wird durch den Luftaustausch schlagartig signifikant verändert. Erfolgt nun direkt nach dem Öffnen eine Messung der Schadgase, dann kann dieses Ergebnis nicht repräsentativ für den Innenraum sein, da die Schadstoffe sich erst wieder im Innenraum akkumulieren müssen. Dosimeterstudien sind aus diesem Grund auf einen längeren Expositionszeitraum ausgelegt, sodass sich erneut Schadstoffe aus Baumaterialien (Spanplatten, Kleber, Fugenmasse, Lacke usw.), aus Dekorationselementen (Stoffverspannungen, Stützkonstruktionen usw.), aber auch aus den ausgestellten Kunstwerken (Konservierungsmittel, Pestizide usw.) im Innenraum ansammeln und zu einer Reaktion auf den Dosimetern führen können.

Das MEMORI-Dosimeter

Das MEMORI-Dosimeter wird zwei bestehende, am Markt bereits etablierte Museumsdosimeter (Fraunhofer Glasdosimeter und Early Warning Organic Dosimeter von NILU) vereinen und sie um eine einfach zu bedienende, mobile Ausleseeinheit erweitern. Durch das neue System lassen sich die Stärken der beiden einzelnen Produkte kombinieren, denn es reagiert sowohl empfindlich auf VOCs (volatile organic compounds) als auch auf anorganische und oxidierende Säuren. Die Auswertung der MEMORI-Dosimeter kann vom Anwender selbst vor Ort mit einem neu entwickelten Lesegerät durchgeführt werden. Das Zurücksenden der einzelnen Dosimeter für die Auswertung im Labor, wie es bisher bei beiden Systemen notwendig ist, wird künftig entfallen.

Objektbeispiel aus dem Projekt MEMORI (University of Arts »George Enescu« Iași, Romania)

Auf einer speziellen Webseite wird dem Anwender die Möglichkeit gegeben, seine individuellen Ergebnisse mit denen von anderen Dosimeternutzern zu vergleichen, optional auch in anonymisierter Form. Zusätzlich werden Hintergrundinformationen zu den unterschiedlichen Schadensparametern aufgeführt, sodass dem Nutzer die Möglichkeit gegeben wird, sich direkt über mögliche Schadstoffverursacher zu informieren.

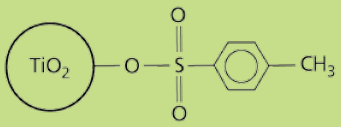
Begleitet wird die Entwicklung des MEMORI-Dosimeters durch umfangreiche naturwissenschaftliche Untersuchungen zum Schädigungspotenzial organischer Säuren und anderer Schadstoffe auf Kunstobjekte (z. B. auf Gemäldefirnisse, Pigmente, Leder und Pergament, Zellulosematerial und Textil). Letztlich sollen Grenzwerte für die Expositionsbedingungen der unterschiedlichen Materialgruppen ermittelt werden.

Die neuen Dosimeter und die Forschungen zur Empfindlichkeit der unterschiedlichen Materialien auf Umweltbelastungen werden helfen, mobile Kunst- und Kulturgüter in Zukunft noch besser vor Schaden zu bewahren.

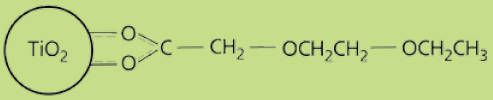
Kontakt

Fraunhofer ISC
Außenstelle Bronnbach
Bronnbach 28
97877 Wertheim

Katrin Wittstadt
✆ +49 9342 9221-704
katrin.wittstadt@isc.fraunhofer.de



aromatisch stabilisiert



aliphatisch stabilisiert

LUFTREINHALTUNG UND SCHADSTOFFABBAU

DR. KLAUS ROSE

Reinigung – ein Zeit- und Kostenfaktor

Verschiedene industrielle und öffentliche Sektoren sehen sich derzeit ständig wachsenden Anforderungen an Produktreinheit, Hygiene oder Arbeits- und Umweltschutz gegenüber, die vielfach auch durch immer aufwendigere Vermeidungsstrategien bzw. Reinigungs- und Dekontaminationsverfahren nicht mehr erfüllt werden können.

Die Bereitstellung von Oberflächen mit reinigungserleichternder, selbstreinigender und antimikrobieller Wirkung gewinnt zunehmend an Bedeutung für Anwendungen in der Medizin, Hygiene und Umwelt und somit für alle Belange von Arbeitsplatz und Wohnraum. Bei herkömmlichen antimikrobiellen Schichten lässt die Wirkung häufig im Laufe der Zeit aufgrund von Verschmutzungseffekten und Oberflächenveränderungen nach oder sie enthalten biozide Bestandteile, die von der Oberfläche sukzessive freigesetzt werden. In vielen Bereichen ist eine derartige Freisetzung in die Umgebung bzw. in das Produkt jedoch nicht akzeptabel. Geräte und Instrumente im Bereich Pharmazie und Medizin müssen zur Reinigung und vor Neugebrauch aufwendig sterilisiert werden und die dafür notwendigen Bedingungen sind oft ein die Lebensdauer bestimmender Faktor.

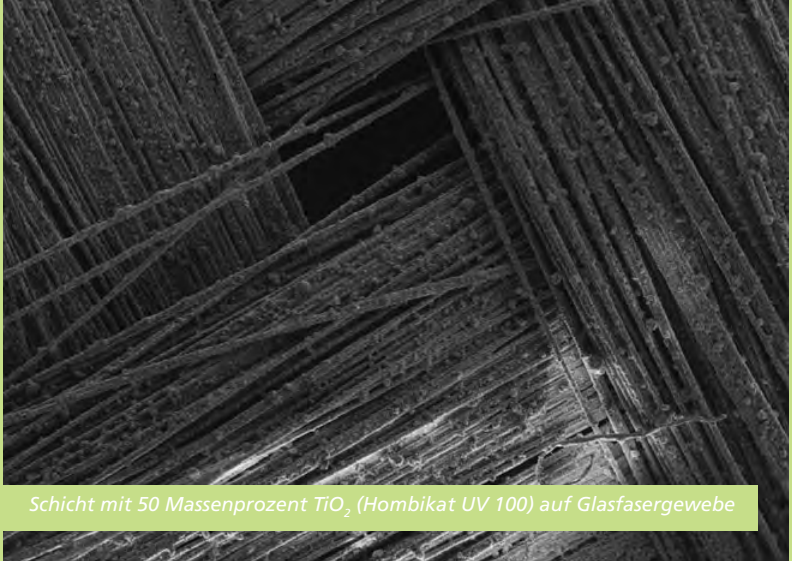
Weiterhin ist bei der Herstellung und dem Umgang mit störenden oder gefährlichen Substanzen der Schutz des Menschen und der Umwelt durch entsprechende Behandlung der Abluft zu gewährleisten. Die Optimierung der Filtration und Luftreinigung in Gebäuden und Fahrzeugen spielt im Zuge der zunehmenden Abdichtung durch Isolierung und der Reduzierung des dafür notwendigen energetischen Aufwands eine immer größere Rolle. Als problematisch stellt sich der Abbau von gasförmigen Luftbestandteilen dar, da diese durch Filter nicht erfasst werden. Eine Möglichkeit besteht in der Ab- oder Adsorption an entsprechenden Oberflächen. Allerdings bestimmt hier die endliche Aufnahmekapazität den Wirkungsgrad. Ein permanenter Schadstoffabbau direkt in den Filteranlagen hilft hierbei die Situation deutlich zu verbessern.

Nach Umfrageergebnissen gehören die selbstreinigenden Eigenschaften auch in Deutschland gegenwärtig zu den am meisten nachgefragten Funktionen für die Oberflächenbeschichtung.

Photokatalyse - Reinigung durch Licht und TiO_2

Durch Photokatalyse werden organische Substanzen von kristallinem Titandioxid in der Anatas-Modifikation mithilfe von UV-A-Licht zersetzt. Entsprechend eignen sich titandioxidhaltige photokatalytisch aktive Schichten zur Beseitigung mikrobieller und chemischer Kontaminationen auf der Oberfläche, sie verbessern somit das Raumklima und erhöhen die Arbeitsplatzsicherheit, die Einsatzbereitschaft und die Reinheit von technischen und medizinischen Geräten.

Das bisherige Spektrum eingesetzter Verfahren zur Herstellung photokatalytischer Schichten umfasst die Erzeugung kristalliner TiO_2-Schichten durch Plasmaspray-, CVD-, PVD- oder Sol-Gel-Beschichtungsverfahren. Um kristallines Schichtwachstum zu erzielen, sind Temperaturen über 500 °C Stand der Technik, sodass der Einsatz auf temperaturstabile Substrate begrenzt ist. Hierbei handelt es sich also um aufwendige Verfahren, die auf wenige Anwendungsbereiche und Substrate beschränkt sind.



Schicht mit 50 Massenprozent TiO_2 (Hombikat UV 100) auf Glasfasergewebe

Die zweite Möglichkeit besteht in der Immobilisierung von TiO_2-Partikeln durch Einbettung in eine Matrix. Photokatalytische TiO_2-Partikel werden z. B. bei Fassadenfarben schon eingesetzt. Bei entsprechenden Schichten auf Basis rein organischer Bindemittel wurde die photokatalytische Zersetzung des Bindemittels und auf organischen, polymeren Substraten die Zersetzung der Substratoberfläche beobachtet, was eine Schichtablösung zur Folge hatte. Die eingesetzten kommerziell erhältlichen Partikel sind, auch wenn sie aus nanoskaligen Primärpartikeln bestehen, nicht agglomeratfrei verarbeitbar. Ein Einsatz auf Substraten unter Erhalt der Transparenz ist damit nicht möglich.

Im Fraunhofer ISC wurde der Weg beschritten, das photokatalytische Titandioxid in eine hybride ORMOCER®-Matrix einzubauen, die aufgrund ihrer anorganischen Grundstruktur selbst eine deutlich höhere Stabilität gegen den photokatalytischen Abbau aufweist als rein organische Bindemittel. Gleichzeitig wurden speziell oberflächenmodifizierte und somit agglomerationsfreie TiO_2-Nanopartikel der Anatasmodifikation entwickelt und eingesetzt, die also auch auf transparenten Substraten verwendet werden können. Die Bindemittel auf ORMOCER®-Basis sind bei niedrigen Temperaturen oder UV-härtbar, was zusätzlich einen Einsatz auf temperaturempfindlichen Substraten ermöglicht.

TiO_2-Partikel für den Einbau in Schichten

Die Herstellung von photokatalytischen TiO_2-Nanopartikeln erfolgt nach einem mehrstufigen Verfahren mit resultierenden Partikelgrößen im Bereich von 10 nm. Zur Erzielung einer monomodalen Größenverteilung und für den Erhalt der agglomeratfreien Dispergierbarkeit wurden die Nanopartikel mit organischen Komplexliganden stabilisiert. Die Partikelverteilung in hybriden Schichtmatrices war bei allen Partikel-/Schichtkombinationen sehr homogen und gleichmäßig. Insgesamt wurden Partikelkonzentrationen bis zu 50 Massenprozent im Bindemittel realisiert.

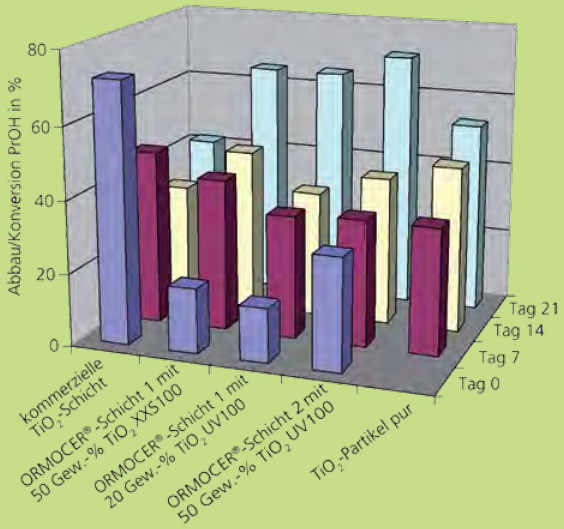
Ab einem Anteil von 20 Massenprozent an Nano-TiO_2 wird signifikante photokatalytische Aktivität erzielt.

Der photokatalytische Effekt beruht auf dem direkten Kontakt des aktiven TiO_2 mit dem abzubauenden Stoff. Im Falle der eingebauten Partikel bedecken zunächst immer ein dünner Hybridpolymerfilm bzw. die Komplexliganden die Partikel, die den direkten Kontakt zum abzubauenden Stoff verhindern. Im Verlauf der photokatalytischen Reaktion werden zunächst unter Einfluss von UV-Licht sowohl der Film als auch die Oberflächenmodifizierung langsam abgebaut, sodass sich die Wirksamkeit erst mit der Zeit voll entfaltet. In vielen Fällen wird deshalb diese Aktivierung mittels intensiver UV-Bestrahlung vorab durchgeführt. Zur Überprüfung des Effektes wird die zunehmende Hydrophilie der Schichtoberfläche gemessen, was sich im optimalen Fall durch Erzielung der Superhydrophilie, d. h. Randwinkel ca. 0° gegen Wasser widerspiegelt. Durch Bestrahlung im UV-B/C-Bereich mit einer Dosis von 170 - 340 J/cm² (30 min - 60 min) wurde bei behandelten Schichten schon nach 30 min Superhydrophilie festgestellt (Tabelle). Für weitere Photokatalyseuntersuchungen wurde diese Aktivierungsmethode gewählt.

Schicht	*Anteil Nano-TiO_2*	*Randwinkeländerung*
Ak_Q	20%	49° → ~ 0°
	50%	55° → ~ 0°
G_PA_Al	20%	72° → ~ 0°
	50%	74° → ~ 0°
G_PAF_Al	20%	104° → ~ 0°
	50%	104° → ~ 0°

Superhydrophilie von TiO_2-haltigen Schichten nach 60 min UV-Aktivierung

UMWELT



Für Anwendungen ohne Anspruch an Transparenz der Schicht wurden auch kommerzielle TiO_2-Pulver eingesetzt. Die verwendeten Partikel hatten Primärpartikelgrößen von 10 nm (Hombikat® UV 100) bzw. 25 nm (Aeroxid® TiO_2 P25), waren aber nicht agglomeratfrei einsetzbar und führten deshalb zu rauen, nicht transparenten Schichten. Die Wirkungsweise bei der Aktivierung/Hydrophilierung und bei der photokatalytischen Aktivität sind jedoch mit denen der Nanopartikel vergleichbar.

Schadstoffabbau

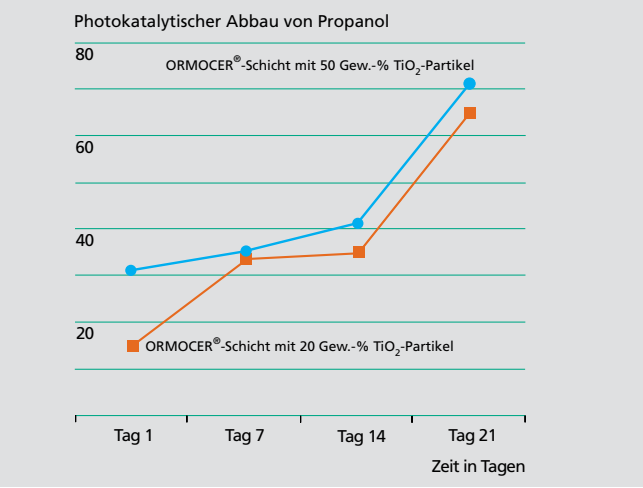
Als Vortest und ergänzend zu Untersuchungen mit anwendungsspezifischen Substanzen und Kontaminanten wurde an TiO_2-haltigen Schichten der Abbau des Farbstoffs Methylenblau untersucht. Hierbei gibt die Entfärbung des Farbstoffs entweder gelöst in Form einer wässrigen Lösung oder als getrocknete Schicht auf der TiO_2-haltigen Oberfläche erste Hinweise auf die photokatalytische Wirksamkeit. In verschiedenen Projekten wurden je nach geplanter Anwendung der photokatalytischen Schicht der Abbau von praxisrelevanten Substanzen untersucht.

In dem vom BMBF geförderten Projekt »PlasKat« wurde vom Partnerinstitut IUTA (Institut für Energie- und Umwelttechnik, Duisburg) eine Auswahl pharmazeutischer Wirkstoffe bestehend aus Antibiotika und Zytostatika getroffen, die einen weiten Bereich an relevanten physikalischen und chemischen Eigenschaften abdecken. Im Ergebnis zeigte sich, dass unterschiedliche Substanztypen in unterschiedlicher Weise durch Photokatalyse auf Nano-TiO_2-haltigen ORMOCER®-Schichten abbaubar sind, was den teilweise komplexen Strukturen biochemischer Moleküle zuzuschreiben ist. Trotzdem werden zumindest einzelne Substanzen wie z. B. Methotrexat (MTX), Cyclophosphamid und Etoposid nahezu vollständig abgebaut. Tendenziell wurden insbesondere für die etwas polareren Substanzen bessere Abbauraten erzielt.

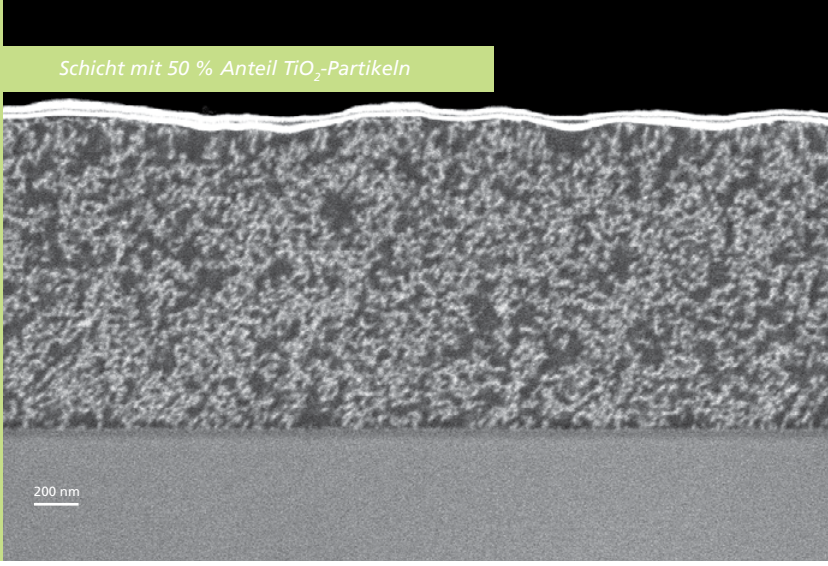
Neben dem Abbau von Substanzen auf TiO_2-haltigen Schichten ist durch photokatalytische Aktivität auch die Besiedlung mit Bakterien deutlich vermindert. In Untersuchungen des Projektpartners iba Heiligenstadt wurde heraus gefunden, dass bei Schichten mit 20 % Nano-TiO_2-Gehalt die Besiedlung mit Staphylococcus aureus und Staphylococcus epidermis um 80 % reduziert ist.

In weiteren Arbeiten wurde am Fraunhofer ISC auch eine ORMOCER®-Sprühlackierung konzipiert, die kommerziell verfügbare, photokatalytisch aktive Titandioxid-Nanopartikel (Aeroxid® TiO_2 P25) enthält und auf herkömmlichen Flugzeuglacken aufgebracht werden kann. Die photokatalytische Wirksamkeit der neuen Lackierung wurde durch den Abbau von Chitosan, einem Derivat des Chitins, nachgewiesen.

In dem BMBF-Förderprojekt »Oxifilter« werden Beschichtungen zur photokatalytischen Luftreinhaltung entwickelt. Als erste Modellreaktion wurde hierzu der Abbau von Propanol und die Bildung des Abbauproduktes Aceton bestimmt (Projektpartner IUTA). Hierbei zeigten die TiO_2-haltigen Hybridschichten auf Filtergeweben zunächst eine geringere photokatalytische Aktivität, die jedoch im Laufe der Zeit immer mehr zunimmt und nach 21 Tagen einen Höchststand erreicht.



Laborarbeitsplatz
© Berner



Schicht mit 50 % Anteil TiO_2-Partikeln

Am Tag 21 ist die photokatalytische Aktivität der Hybridschichten sogar deutlich höher als die der Vergleichsproben, z. B. auch Schichten bestehend aus reinen TiO_2-Partikeln, und dies, obwohl die Hybridschichten mit eingelagertem TiO_2 pro Flächeneinheit weniger TiO_2 enthalten. Dieses Verhalten ist darauf zurückzuführen, dass die Proben, wie bereits in früheren Untersuchungen festgestellt wurde, unter UV-Strahlung zunächst eine Aktivierungsphase durchlaufen, bis sie eine ausreichende photokatalytische Wirkung zeigen.

Projekte und Anwendungsbeispiele

Transparente Nano-TiO_2-haltige Schichten sind vorwiegend für den Einsatz auf äußeren und sichtbaren Oberflächen gedacht, wie z. B. Oberflächen in Arbeitsbereichen. Für Flächen im nicht sichtbaren Bereich, z. B. im Inneren von Anlagen, kann auf größere Partikel zurückgegriffen werden, wenn die optische Qualität der Schicht von untergeordneter Bedeutung ist.

Eine Sonderstellung nehmen photokatalytisch aktive Oberflächen ein, wie sie in den beschriebenen Arbeiten des PlasKat-Projekts entwickelt wurden. Hier ist keine Freisetzung von Wirkstoffen erforderlich, und die Wirksamkeit der Schicht bleibt erhalten. Es konnte gezeigt werden, dass photokatalytisch aktive Schichten zur Beseitigung chemischer und mikrobieller Kontamination geeignet sind. Sie verbessern somit das Raumklima und erhöhen die Arbeitsplatzsicherheit, die Einsatzbereitschaft und die Reinheit von technischen und medizinischen Geräten.

Direkt anvisierte Anwendungsbereiche sind

- Bauelemente und Arbeitsflächen in Laborräumen
- medizinische Implantate und Komponenten, die zeitweilig in den Körper eingeführt werden, wie z. B. Trachealkatheter

Die Filtration der Zu- bzw. Abluft zur Entfernung von Verunreinigungen insbesondere von gasförmigen Luftbestandteilen ist in vielen industriell bzw. gewerblich genutzten, öffentlichen oder privaten Gebäuden und Fahrzeugen ein zunehmend wichtiger Faktor, da diese von herkömmlichen Partikelfiltern nicht erfasst werden. Neben den nicht eliminierbaren gasförmigen Schadstoffen stellen auch die auf dem Schwebstofffilter partikulär abgeschiedenen Substanzen aufgrund von Anreicherung und Wiederfreisetzung ein Problem dar.

Der dann erforderliche aufwendige Austausch, die Zerlegung und der Transport der belasteten Filterelemente ist ein kostentreibender Faktor. Im Projekt »Oxifilter« wird durch spezielle mit TiO_2-Partikeln ausgerüstete ORMOCER®-Bindemittel auf Glasfasergeweben ein wichtiger Beitrag erarbeitet, zukünftig auch flüchtige Komponenten aus dem Luftstrom zu entfernen und photokatalytisch abzubauen.

In der Luftfahrt stellen Verschmutzungen der Außenhaut von Flugzeugen nicht nur ein ästhetisches, sondern u. U. auch ein sicherheitsrelevantes Problem dar. Für die turnusgemäße Reinigung wird deshalb erheblicher Aufwand betrieben. Verschmutzungen durch Chitinreste von Insekten erweisen sich dabei als besonders hartnäckig. Eine Lackierung, die solche organischen Rückstände selbsttätig abbaut, könnte den Reinigungsaufwand drastisch vermindern. Im Rahmen des Projekts »NanoBase« wurde für diese Aufgabe der Lösungsansatz verfolgt, Titandioxid-Nanopartikel in ORMOCER®-Lacke einzuarbeiten und für die Außenlackierung von Flugzeugen zu formulieren. Bisher eingesetzte Flugzeuglacke enthalten keine photokatalytisch aktiven Bestandteile.

Kontakt

Dr. Klaus Rose
✆ **+49 931 4100-626**
klaus.rose@isc.fraunhofer.de

SELEKTIVE MAGNETPARTIKEL FÜR ABWASSERREINIGUNG UND RECYCLING VON WERTSTOFFEN

KARL-SEBASTIAN MANDEL, DR. FRANK HUTTER,
DR. CARSTEN GELLERMANN, DR. PAUL BELLENDORF

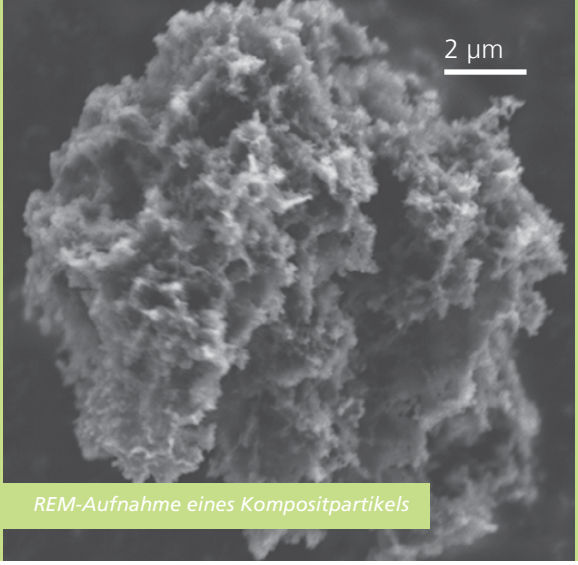
Mit immer weiter ansteigendem Rohstoffbedarf, gerade bei Ressourcen von industrieller Bedeutung, wird Recycling immer wichtiger. Bei einem Großteil der von der Industrie benötigten Rohstoffe handelt es sich um nicht-regenerative Stoffe. Es wird zunehmend schwieriger, neue Lagerstätten für die entsprechenden Rohstoffe zu finden, welche sich ohne zu hohen Aufwand ausbeuten lassen können. Dies kann kurz- bis mittelfristig zu Lieferengpässen aufgrund von technischen Bereitstellungsschwierigkeiten führen. Dazu kommt ein steigender Bedarf an Rohstoffen durch die aufstrebenden Schwellenländer wie China oder Indien. Mit Blick auf Europa lässt sich sagen, dass die Zukunft der europäischen Industrieländer vor allem auch von der langfristigen Verfügbarkeit von »Schlüssel«-Rohstoffen abhängt. Waren es 1980 gerade mal 12 (chemische) Elemente, die zur Produktion von sogenannten »High-Tech«-Materialien benötigt wurden, brauchte man im Jahr 2000 zur Herstellung von multifunktionellen Materialien schon ca. 60 Elemente. Da insbesondere Deutschland arm an Rohstoffen ist, müssen Methoden und Verfahren entwickelt werden, um die verfügbaren Rohstoffe möglichst ohne große Verluste im Kreislauf »Produktion - Anwendung - Aufarbeitung« halten zu können (verbesserte Nutzung von Sekundärrohstoffen).

Einen weiterer Aspekt ist die Vorstellung der Nachhaltigkeit und des Recyclings auf Wasser als Ressource anzuwenden. Natürliche, geologische sowie anthropogene Einträge können u. a. zu Schwermetallbelastung in Wässern führen. Das hoch toxische Arsen ist beispielsweise in vielen asiatischen Ländern eine bedrohliche Verunreinigung des Trinkwassers für Millionen von Menschen. Mit dem Ziel einer innovativen Materiallösung im Hinblick auf das Recyceln von verdünnten Rohstoffen aus Abwässern und der Wasserreinigung an sich beschäftigt sich das Fraunhofer ISC in Zusammenarbeit mit seiner Projektgruppe IWKS aktuell mit einem Ansatz, der sich die Nanotechnologie zu Nutze macht.

Zunächst werden magnetische Nanopartikel von ca. 10 nm Durchmesser in einem einfachen und kostengünstigen Verfahren hergestellt. Das Eisenoxid Magnetit (Fe_3O_4) ist als makroskopisches Material ein relativ guter Permanentmagnet; aus dieser Eigenschaft leitet sich auch der Name des Minerals ab. Werden sehr kleine Partikel des Materials hergestellt, so »vergessen« diese ihren Magnetismus nach Entfernen eines externen Magnetfeldes (Superparamagnetismus). Die thermische Energie bei Raumtemperatur reicht hier aus, um die magnetischen Momente der Partikel präzedieren zu lassen, d. h. im Mittel kann keine verbleibende Magnetisierung der Partikel gemessen werden. Anders als Permanentmagneten ziehen sich die Partikel somit gegenseitig nicht magnetisch an, d. h. man kann sie in einem Fluid dispergieren, ohne magnetische Agglomerate vorliegen zu haben. Wenn man solche superparamagnetischen Partikel in ein stabiles Sol überführt, so erhält man ein Ferrofluid, das sich mit einem Magneten bewegen läßt. Die Partikel selbst lassen sich aus dem Ferrofluid magnetisch nicht abtrennen.

Herstellung der magnetischen Nanopartikel

UMWELT



REM-Aufnahme eines Kompositpartikels

Aufgrund der Brown`schen Teilchenbewegung würde sich ein Konzentrationsgradient der Partikel wieder ausgleichen.

Die Flüssigkeit kann aber als ganze magnetisch »verbogen« werden. Werden viele superparamagnetische Nanopartikel mit einer festen, selbst unmagnetischen Matrix zu über 10 µm großen Teilchen zusammengebunden, spielt die Brown`sche Teilchenbewegung keine Rolle mehr. Die Kompositpartikel lassen sich sehr gut magnetisch aus einem Fluid abtrennen. Sie bleiben aber superparamagnetisch, d. h. ohne Magnetfeld verhalten sie sich wieder wie ganz normale, nicht magnetische Schwebstoffe im Wasser. Wenn nun die Oberflächen dieser Kompositpartikel so modifiziert werden, dass sie selektiv und reversibel bestimmte in Wasser gelöste Stoffe binden können, steht erstmals ein Verfahren für die Wasserreinigung und das Wertstoffrecycling zur Verfügung. Prinzipiell können die Partikel magnetisch abgetrennt werden, ihre Fracht ist ablösbar und kann beseitigt bzw. wiederverwendet werden. Die Magnetpartikel selbst sind erneut einsetzbar.

In einem von der Baden-Württemberg-Stiftung finanzierten Projekt wird momentan daran gearbeitet, das Verfahren am Beispiel des Phosphat-Recyclings zu etablieren. Phosphat ist ein industriell relevanter Rohstoff, bei dem die bekannten Lagerstätten voraussichtlich innerhalb der nächsten Jahrzehnte erschöpft sein werden. 80 - 85 % des gewonnen Phosphates wird als nicht substituierbarer Bestandteil von Düngemitteln verbraucht. Der Preis pro Tonne Phosphorerz ist im Jahr 2007 von 50 auf 350 USD/t gestiegen. Zudem finden sich mehr und mehr Schwermetallverunreinigungen (wie z. B. Cadmium) in gewonnenem Phosphat, da vermehrt auf minderwertigere Lagerstätten zurückgegriffen werden muss. Es ist deshalb von wirtschaftlichem Interesse, dass dieser Rohstoff, wenn er beispielsweise ins Abwasser gelangt, zurückgewonnen werden kann. Zudem ist die Einschwemmung von Phosphat in Gewässer unerwünscht, da dies zur Eutrophierung führt, was eine Sauerstoffzehrung in stehenden Gewässern wie Seen zur Folge hat.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart ist es bereits gelungen, aus realen Abwässern, welche künstlich mit einer erhöhten Phosphatfracht versetzt wurden, durch spezielle Funktionalisierung der Magnetpartikel Phosphat aus dem Wasser »magnetisch abzutrennen« und rückzugewinnen. Die Oberflächenmodifikation wird aktuell optimiert um ideale Recyclingraten zu erzielen.

Des Weiteren sind Untersuchungen in Richtung einer selektiven Schadstoffentfernung vielversprechend, die mit geringen Prozessmodifikationen unter Einsatz der neuartigen Partikel eine gute magnetische Abtrennung u. a. von toxischem Arsenat (AsO_4^{3-}) erscheinen lassen, wobei die Partikel sehr einfach von der Arsenfracht regeneriert und erneut eingesetzt werden können.

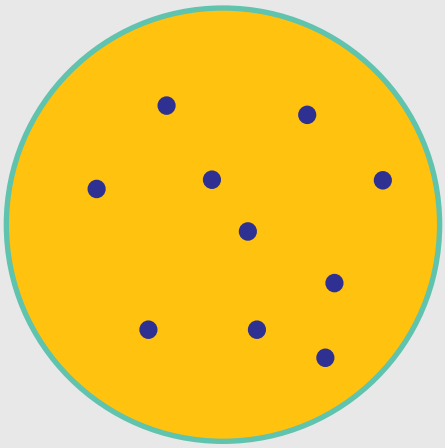
Magnetische Abtrennung der Kompositpartikel

Schemazeichnung des Magnetkompositpartikels

SUPERPARAMAGNETISCHE NANOPARTIKEL

MIKROPARTIKELMATRIX

SELEKTIVE HÜLLE



Kontakt

Karl-Sebastian Mandel
✆ +49 931 4100-945
karl-sebastian.mandel@isc.fraunhofer.de

PROZESSKOSTENREDUKTION UND RESSOURCENEINSPARUNG DURCH MULTIFUNKTIONALITÄT

DR. RUTH HOUBERTZ

Herausforderungen – Integration und Miniaturisierung

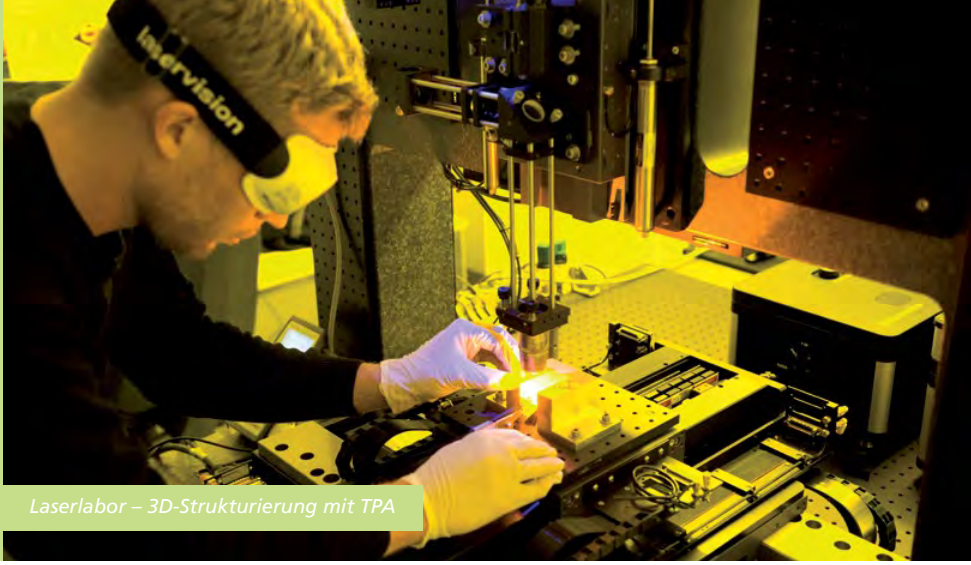
Integrierte passive und aktive Elemente stellen Schlüsselkomponenten in derzeitiger und auch zukünftiger Informationstechnologie dar. Der Aufbau elektronischer, optischer oder mechanischer Bauteile auf Mikro- und Nanometermaßstab wird seit mehr als einer Dekade für unterschiedliche Anwendungen verfolgt. Um der Anforderung einer hohen Integrationsdichte bei zusätzlich immer größer werdender Komplexität und Funktionalität gerecht zu werden, werden in der Regel viele verschiedene Materialien und Prozesse in einem Bauelement eingesetzt.

Komplementär zum Aufbau von Bauelementen auf Mikro- und Nanometermaßstab durch geeignete Prozessierungsverfahren (top-down) ist das Verwenden von nanoskaligen Materialien (bottom-up). Beiden Ansätzen ist gemeinsam, dass neben den oben genannten Forderungen gleichzeitig eine Kostenersparnis erreichbar ist. Diese wird jedoch nicht nur durch die Umsetzung in miniaturisierte Bauteile mit erhöhter Integrationsdichte, sondern auch durch kostengünstig zu führende und umweltschonende Prozesse erreicht. Für beide Ansätze wird oftmals nach neuen Werkstoffen verlangt, die in einem weiten Bereich an die Prozesse angepasst werden können und/oder eine Multifunktionalität beinhalten.

Die Multifunktionalität von Materialien gestattet einerseits, dass die Anzahl von in einem Bauelement eingesetzten Materialien unter Umständen signifikant reduziert werden kann. Aus dieser Reduktion der kritischen Grenzflächen in den Bauelementen folgt unmittelbar eine geringere Fehleranfälligkeit, eine verbesserte Ausbeute und eine erhöhte Zuverlässigkeit. Andererseits können dadurch auch signifikante Einsparungen von Ressourcen, wie zum Beispiel Lösemittel und Energie (in der Materialsynthese und/oder bei der Prozessierung von Bauelementen), oder auch die Substitution von Materialien in Bauelementen erreicht werden. Dies senkt die Herstellungskosten und schont gleichzeitig die Umwelt.

ORMOCER®e – eine Materialklasse für sich

Mit der Materialklasse der anorganisch-organischen Hybridpolymere (ORMOCER®e) können diese Herausforderungen angenommen werden, wobei sie für verschiedene Fragestellungen in der Mikro- und Nanotechnologie, z. B. in der Mikrosystemtechnik allgemein, aber auch für die Medizintechnik, ausgezeichnete Alternativmaterialien zu den bisherigen, z. T. sehr aufwendig erreichten Lösungen darstellen. ORMOCER®e bieten die Möglichkeit, durch geeignet geführte chemische Syntheseverfahren eine intrinsische Multifunktionalität zu implementieren – ein großer Vorteil gegenüber herkömmlichen Materialien. Dadurch lassen sich mit einem spezifisch auf die Bedürfnisse des Kunden angepassten Material verschiedene Funktionen in einem Bauelement erfüllen. Gleichzeitig können kostengünstige und massentaugliche Herstellungsprozesse verwendet werden.



Laserlabor – 3D-Strukturierung mit TPA

Durch Niedertemperatursynthesen (Raumtemperatur bis 80 °C), verbunden mit niedrigen Prozesstemperaturen (bis 150 °C), können auch empfindliche Substrate oder Bauelemente zerstörungsfrei prozessiert werden.

Anwendungsbeispiel – Optische Interconnects

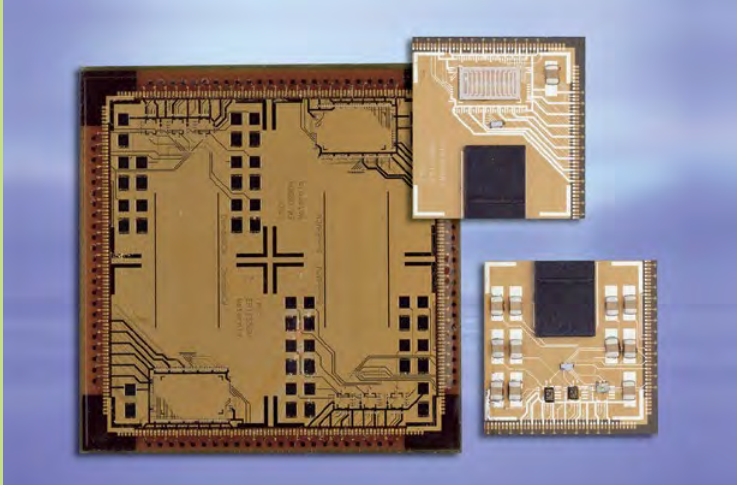
Während Mikroprozessoren heute schon sehr weit entwickelt sind und intern mit sehr hohen Taktfrequenzen arbeiten, sollen zukünftig Datenübertragungsraten von bis 10 Gbit/s bei Übertragungsstrecken von 2 bis 20 cm ohne großen Abschirmungsaufwand erreicht werden. Die elektrische Datenübertragung leidet jedoch unter Limitierungen wie wechselhafter Übertragungsqualität, niedrigeren Datenraten und zu geringer Bandbreite. In den letzten Jahren haben optische Datenübertragungstechnologien die Informations- und Kommunikationstechnik revolutioniert. Extrem hohe Datenübertragungsraten bei ständig sinkenden Kosten, eine geringe optische Dämpfung und hohe Störsicherheit sowie hohe Flexibilität im Design und der Integration optischer Übertragungspfade machen derartige optische Datenübertragungstechnologien für eine Vielzahl von Anwendungen attraktiv, angefangen beim Datenaustausch in Fahrzeugen über den in Zugangsnetzen bis hin zur Anwendung in Datencentern und Supercomputern.

Optische Interconnects stellen damit eine Schlüsseltechnologie für zukünftige Kommunikationstechnologien dar. Der hohe Bandbreitenbedarf von komplexen Applikationen wird optische Datenverbindungen auf unterschiedlichen Packaging-Ebenen (Chip zu Chip, Chip zu Board, Board zu Board) erforderlich machen, da bei hohen Datenraten Kupferverbindungen durch z. B. frequenzabhängige Signallaufzeiten und Übersprechen an ihr Limit stoßen. Auch um eine Vielzahl an Kupferleitungen zu ersetzen und damit Ressourcen zu sparen, können optische Verbindungen ohne aufwendige Abschirmungsdesigns eingesetzt werden: Die optische Signalübertragung ist konkurrenzlos hinsichtlich Datenrate, Reichweite, Störsicherheit und Energieverbrauch im Vergleich zu den derzeit gebräuchlichen elektrischen Datenverbindungen. Darüber hinaus lässt sich mit einer optischen Aufbau- und Verbindungstechnik durch ihre Störunempfindlichkeit eine sehr hohe Integration erreichen, was einer steten Miniaturisierung Rechnung trägt.

Seit mehr als 15 Jahren werden von vielen internationalen Forschungsinstituten und Firmen verschiedene Konzepte untersucht, um optische Wellenleiter auf Board-Level zu integrieren. Allen Konzepten ist gemeinsam, dass der zu integrierende Wellenleiter aus mindestens zwei Materialien mit unterschiedlichen Brechungsindizes besteht. Diese bilden den Wellenleiterkern (Core) und den Wellenleitermantel (Cladding), wobei sich die Brechzahlen der beiden Materialien unterscheiden müssen. Darüber hinaus werden zumeist auch noch zusätzliche Planarisierungsmaterialien und Dielektrika benötigt, wodurch die Anzahl an Materialien zur Herstellung von optischen Interconnects bis zu vier betragen kann. Bei Verwendung von ORMOCER®en für diese Applikation werden jedoch nur zwei Materialien benötigt, da sie neben sehr guten optischen Eigenschaften im Daten- und Telekommunikationswellenlängenbereich (850, 1310 und 1550 nm) anpassbare dielektrische und auch exzellente Planarisierungseigenschaften besitzen. Die Anzahl an Prozessschritten zur Herstellung der Bauelemente liegt typischerweise zwischen 9 bis 13 (für ORMOCER®-Wellenleiter) und mehr als 17 (für andere Materialien).

Die Integration von optischen Verbindungen auf Board-Ebene kann auf verschiedenen Wegen realisiert werden. Optische Backplanes, die auf integrierten Glas- oder Polymerfasern basieren, sind bereits kommerziell erhältlich, aber extrem teuer. Polymere Wellenleiter können z. B. integriert werden, indem aus den optischen Polymeren Lichtwellenleiter mit verschiedensten Verfahren wie Photolithographie, Laserablation, Prägen oder Standard-Laser-Direktschreiben strukturiert werden.

UMWELT

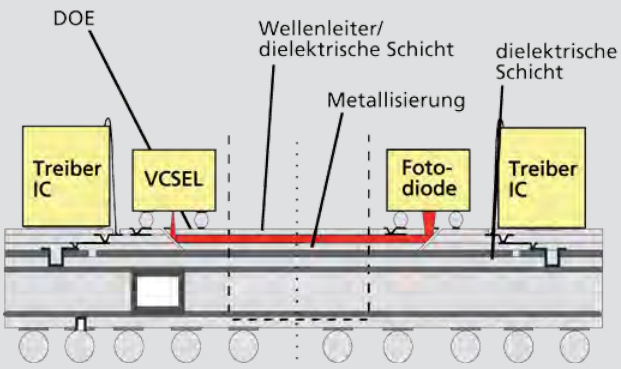


o/e MCM-L/D-Substrat: 2 x Transmitter/Receiver, unbestückt und bestückt

Alle genannten Herstellungsverfahren zeichnen sich durch die Verwendung einer Vielzahl unterschiedlicher Prozesse aus, die Ressourcen wie Energie (Temperatur), Prozesschemikalien und Zeit verbrauchen.

Sowohl im Hinblick auf die Materialien, die Herstellungsverfahren als auch auf die Ein- und Auskoppellösungen sind die Varianten für die Integration der Wellenleiter so vielfältig wie aufwendig. Während die Realisierung der eigentlichen optischen Wellenleiterstrukturen durch die Verfügbarkeit unterschiedlicher Herstellverfahren keine wesentliche Herausforderung mehr darstellt, sind im internationalen Umfeld zwei entscheidende Herausforderungen noch nicht zufriedenstellend gelöst: einerseits die Leistungsfähigkeit der verwendeten Materialien im Falle der bisher nahezu ausschließlich eingesetzten Polymerwellenleiter und andererseits auch die Justage der optoelektronischen Komponenten für die Ein- und Auskopplung von Licht in und aus den Wellenleitern. Die Justage, also die exakte aktive oder passive Positionierung der Wellenleiterenden an die Lichtemissions-Fläche des Lichtemitters bzw. an die Detektionsfläche des Lichtempfängers, stellt nach wie vor ein großes technisches Problem dar. Herkömmliche Ansätze benötigen Spiegel, Prismen, Gitter oder Linsensysteme, welche die Wellenleiter mit den optoelektronischen Bauteilen, die sich an der Leiterplattenoberfläche befinden, verbinden sollen. In all diesen Fällen wird eine aufwendige aktive Justage der Interface-Systeme benötigt, wenn nicht hohe Kopplungsverluste in Kauf genommen werden sollen.

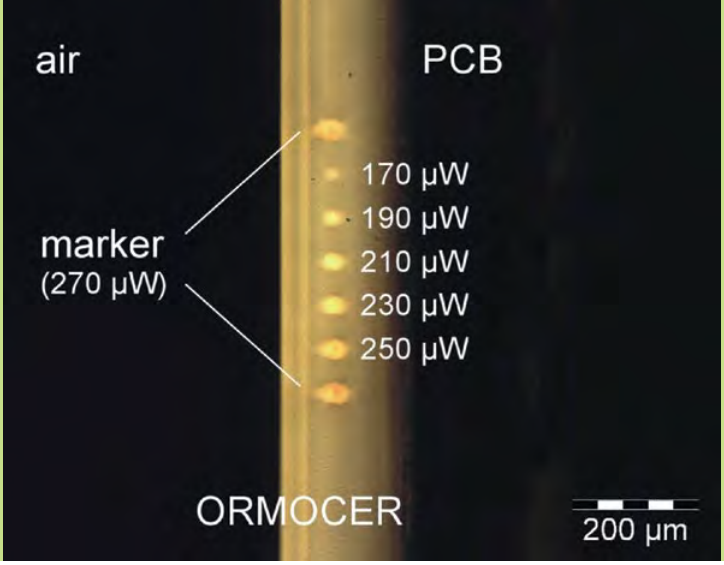
Schema eines opto-elektrischen Demonstrator-Boards



Robertsson, M.E., Hagel, O.-J., Gustafsson, G., Dabek, A., Popall, M., Cergel, L., Wennekers, P, Kiely, P., Lebby, M. and Lindahl, T.: O/e-MCM packaging with new, patternable dielectric and optical materials. Proc. 48th Electronic Components and Technology Conference, Seattle, WA, 1998.

Demgegenüber steht die vergleichsweise einfache Herstellung optischer Wellenleiter aus ORMOCER® auf Board-Ebene durch ein echtes 3D-Strukturierungsverfahren mittels Femtosekundenlasern unter Ausnutzung der Zwei-Photonen-Absorption (TPA). Dabei wird das Laserlicht in das zu strukturierende Material fokussiert, wobei der Fokus computergesteuert in alle Raumrichtungen bewegt werden kann. Nur im Bereich des Fokus ist die Intensität hoch genug, um eine Zwei-Photonen-Absorption zu initiieren, wodurch das ORMOCER® dann photochemisch organisch vernetzt wird (Zwei-Photonen-Polymerisation oder 2PP). Dadurch lassen sich z. B. Multimode-Wellenleiter auf mit optoelektronischen Bauelementen vorkonfektionierte Boards schreiben.

Dazu sind lediglich drei Prozessschritte notwendig, wobei der letzte Prozessschritt schon ein notwendiger und etablierter Prozessschritt in der Leiterplattenproduktion ist. Dabei wurde demonstriert, dass sich optische Interconnects in nur einem einzigen ORMOCER®-System auf Board-Ebene realisieren lassen, deren Datenrate abhängig von den eingesetzten optoelektronischen Elementen bei bis zu 7 Gbit/s mit einem BER (bit error ratio) von ca. 10^{-9} betrug.



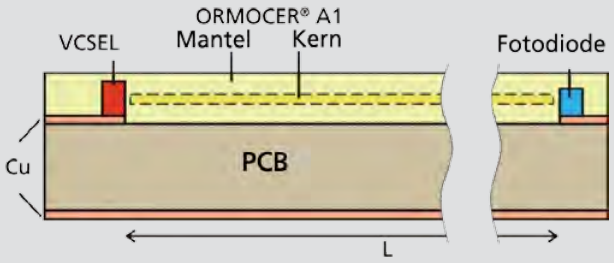
Querschnitt durch mittels TPA geschriebenem Multimode-Wellenleiter in ein und demselben ORMOCER® auf einem o/e Board

Die Vorteile dieses Verfahrens zur Herstellung optischer Interconnects liegen klar auf der Hand, nämlich

- keine aufwendige Justage der optischen Komponenten zu den Wellenleitern
- hohe Designfreiheit und Integrationsdichte zur Realisierung von dreidimensional arrangierten optischen Interconnects
- Verwendung von nur einem multifunktionalen Material für Wellenleiterkern und -cladding, zur Planarisierung und als elektrisches Dielektrikum
- Herstellung mit nur drei Prozessschritten
- lösemittelfreies Prozessieren

Aus der Aufzählung wird deutlich, dass durch die Verwendung eines multifunktionalen Materials sowohl die Zahl der Prozessschritte als auch die Zahl der Materialien deutlich verringert werden kann. Hierdurch werden beträchtliche Mengen an Ressourcen eingespart, wodurch auch eine signifikante Reduktion der Prozesskosten resultiert. Die grundsätzlichen Untersuchungen zur Prozessführung lassen eine Anwendung im industriellen Maßstab möglich erscheinen.

Schema eines opto-elektrischen (o/e) Boards



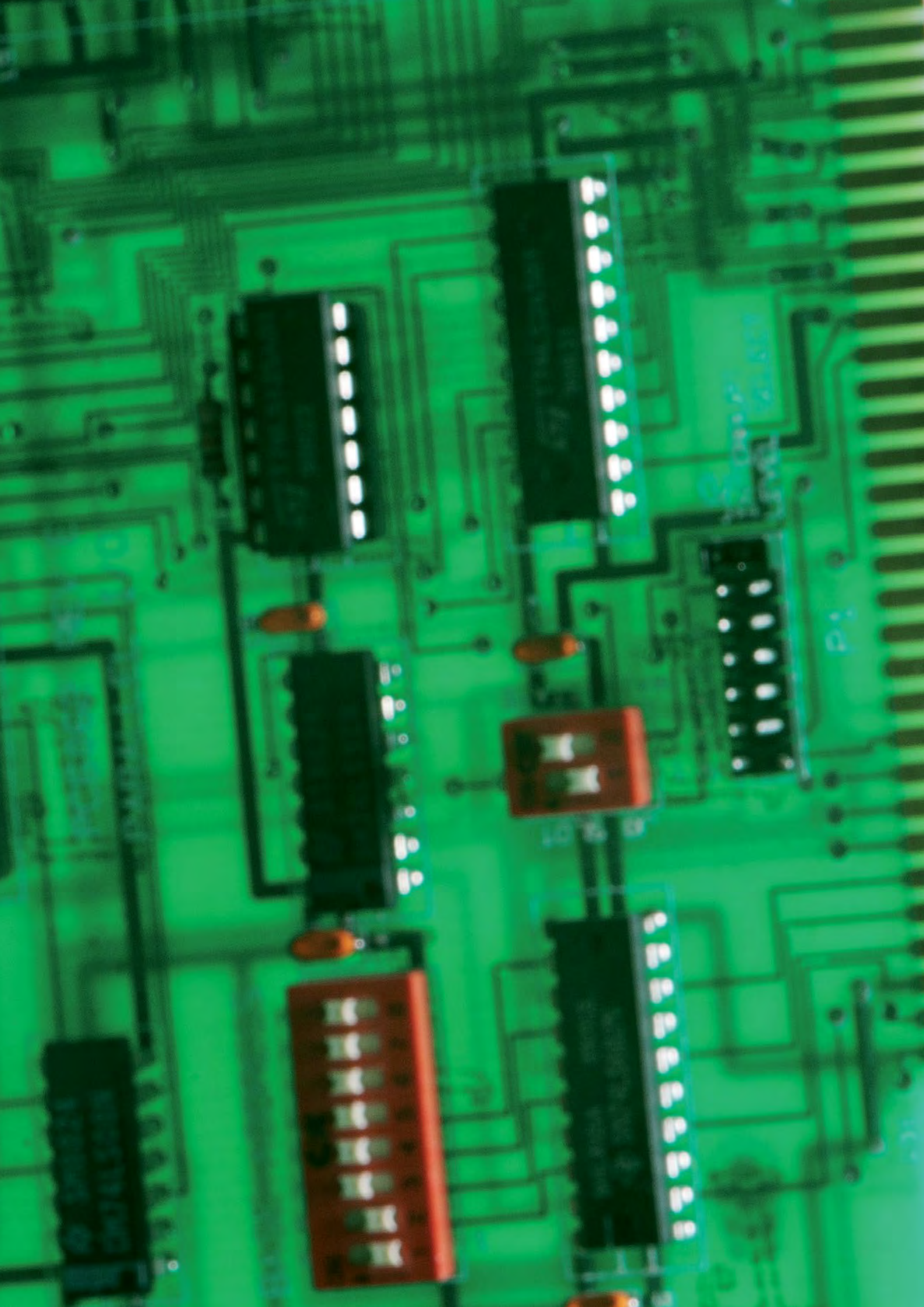
Quelle AT&S AG

Danksagungen

Wir danken allen Partnern des DONDODEM-Konsortiums (Project Reference BRPR980638) und denen des TPAINTEG-Konsortiums, besonders unseren Partnern bei der AT&S AG, Leoben, Joanneum Research MATERIALS, Weiz und Dr. Markus Riester, Graz, für die gute Kooperation.

Kontakt

Dr. Ruth Houbertz
✆ +49 931 4100-520
ruth.houbertz@isc.fraunhofer.de



FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE IWKS

- ZUR GRÜNDUNG DER NEUEN PROJEKTGRUPPE
- HINTERGRÜNDE UND MEILENSTEINE
- »MOLECULAR SORTING« – EIN ÜBERMORGEN-PROJEKT DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE IWKS

ZUR GRÜNDUNG DER NEUEN PROJEKTGRUPPE

MARIE-LUISE RIGHI

Nicht nur die Nachfrage für Rohstoffe wie Kupfer, Nickel, Eisen, Öl, Kohle und Co. steigt kontinuierlich, auch die Preise klettern nach oben. 2010 schoss der Rohstoffpreisindex des Weltwirtschaftsinstituts – in Euro berechnet – um mehr als 30 Prozent nach oben. Denn trotz aller Krisen, die Wachstumsdynamik in den Schwellen- und Entwicklungsländer wird die Nachfrage nach Rohstoffen langfristig vervielfachen.

Besonders schnell wächst der Bedarf an raren Metallen und Seltenen Erden. Vielfach stecken die Stoffe schon in vorhandenen Produkten, aber sie lassen sich nur schwer wieder in den Stoffkreislauf zurückholen. »Genau hier beginnt die Aufgabe der Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS«, erklärt Prof. Gerhard Sextl, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC,der gemeinsam mit Partnerfirmen des Materials Valley e.V. die Gründung maßgeblich initiierte. »Zunächst sollen dort valide Daten zu den globalen Stoffkreisläufen zusammengetragen und analysiert werden, um Ressourcenstrategien erstellen zu können. Parallel dazu werden neue Verfahren zum Recycling von kritischen Wertstoffen unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten entwickelt«.

Das umschreibt in knappen Worten zwei der drei Bereiche, auf denen das IWKS arbeiten wird: Unter der Überschrift »Wertstoffkreisläufe und Resourcenstrategien«, geht es darum, Wertstoffströme zu analysieren und Ressourcenstrategien zu erstellen, so dass sich aufkommende Engpässe voraussehen, vermeiden oder ausgleichen lassen. Im Bereich »Recycling-Technologien« ist das Ziel der Wissenschaftler, möglichst viele Wertstoffe unter strengen wirtschaftlichen Kriterien zurückzugewinnen.

Am besten ist es da, direkt beim Produktdesign anzusetzen und schon Entwurf und Konstruktion so anzulegen, dass sich die Wertstoffe erneut oder weiter nutzen lassen. Enormes Potential sieht Prof. Dr. Armin Reller, einer der Leiter der Projektgruppe, auch im Bereich der erneuerbaren Energien: »Betrachtet man den Boom bei den neuen Energietechnologien – Solar- und Windkraftwerke – muss man eigentlich heute schon an den Re-Use, das Re-Manufacturing oder das Recycling der eingesetzten Funktionsmaterialien denken. Denn für viele dieser Wertstoffe ist es lohnenswert, sie wiederzugewinnen und weiterzuverwenden«.

Im dritten Themengebiet der Fraunhofer-Projektgruppe IWKS geht es um die Substitution von Rohstoffen. Die Wissenschaftler werden Werkstoffe, Prozesse und Produkte identifizieren und entwickeln, die zum einen die Rohstoffeffizienz erhöhen und zum anderen kritische Rohstoffe ersetzen können. Kritisch bedeutet in diesem Zusammenhang, Stoffe die knapp sind oder werden, weil die Quellen endlich sind oder weil ihr Abbau in Krisengebieten erfolgt. Die Projektgruppe soll ökonomisch und ökologisch sinnvolle Werkstoffalternativen entwickeln, für eine langfristig gesicherte Rohstoffversorgung der verarbeitenden Industrie.

www.iwks.fraunhofer.de

Offizieller Start der Projektgruppe am Standort Alzenau war der 5. September 2011. Ganz im Sinne des Programms »Aufbruch Bayern« ließ Wirtschaftsminister Martin Zeil es sich nicht nehmen, den Bewilligungsbescheid für die Anschubfinanzierung in Höhe von 5 Mio Euro persönlich zu überbringen und damit die Wichtigkeit des Themas auf politischer Ebene zu unterstreichen. Im Rahmen der Eröffnungsfeier schilderten die Festredner stellvertretend für alle an der Gründung Beteiligten noch einmal aus eigener Sicht den von Entschlossenheit geprägten Weg von der Idee zur Umsetzung – trotz hoher Motivation auf allen Seiten kein Kinderspiel, in solcher Rekordzeit das Fundament zu schaffen für ein künftiges Fraunhofer-Institut.

FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE IWKS

HINTERGRÜNDE UND MEILENSTEINE

EIN GESPRÄCH MIT DEN GRÜNDUNGSVÄTERN

Im September 2011 wurde die Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau gegründet. Die sowohl von politischer als auch von industrieller Seite mit hohen Erwartungen bedachte Keimzelle für ein neues Fraunhofer-Institut wurde vom Fraunhofer ISC mit großer Intensität in kürzester Zeit aufgebaut. Ziel der neuen Einrichtung ist die Sicherung ökologisch wie ökonomisch sinnvoller Rohstoffquellen für die heimische Produktion. Im Gespräch mit Institutsleiter Prof. Dr. Gerhard Sextl, Dr. Wulf Brämer von der Industrie-Vereinigung Materials Valley e. V., Hanau – einem der Initiatoren des Projekts – und Prof. Dr. Armin Reller, dem Inhaber des Lehrstuhls für Ressourcenstrategie in Augsburg, werden die Hintergründe für diese neue Einrichtung beleuchtet.

REDAKTION

Welche Vorgeschichte führte zu der Idee, eine Fraunhofer-Einrichtung zu gründen, die sich mit der Sicherung von Ressourcen beschäftigt?

DR. BRÄMER

Der aus meiner Sicht entscheidende Punkt war, das von der Industrie inzwischen als Defizit empfundene Fehlen von Fraunhofer-Instituten im Rhein-Main-Gebiet. Wir haben es in den 70er, 80er und 90er Jahren versäumt, Fraunhofer-Institute hierher zu holen, ich meine nicht unbedingt nur auf dem Gebiet Recycling, sondern Fraunhofer überhaupt rund um unsere Industrien anzuordnen, die eine enorme Bandbreite vom Polymer bis zum Metall haben.

PROF. SEXTL

Bis in die 90er Jahre hinein haben die großen Industriefirmen dort hauptsächlich Eigenforschung betrieben, und zwar sehr intensiv mit großen FuE-Abteilungen.

DR. BRÄMER

Man brauchte das ja zu der Zeit auch nicht, weil man diese Entwicklungen selbst machen wollte. An dieser Sichtweise hat sich viel geändert, vor allem vor dem Hintergrund des Wettbewerbs mit anderen Standorten, die sich schon früher um die Ansiedlung von Fraunhofer gekümmert haben, beispielsweise in Sachsen – das wird auch von politischer Seite mit Aufmerksamkeit

beobachtet. Im Zuge der seit ein, zwei Jahren immer drängenderen Rohstoffdiskussion stellte sich die Frage, ob man hier in unterschiedlichen Werkstoffgruppen Lösungen erarbeiten kann. Wir haben im Verein Materials Valley diese Fragen diskutiert, um Dringlichkeit und Bedarf von Seiten der Industrie zu prüfen. Als Partner kam dafür von allen Forschungsorganisationen eigentlich nur die anwendungsorientierte Fraunhofer-Gesellschaft in Frage.

PROF. RELLER

Ich glaube, es ist auch wichtig zu erwähnen, dass eben durch die Tatsache, dass eine Vielzahl an Materialien vom Kunststoff- bis zum Metallbereich für das Thema Recycling interessant sind, es immer klarer wurde, dass hier große Herausforderungen warten, gerade weil man für so viele unterschiedliche Materialien neue Technologien braucht.

REDAKTION

Den Stein brachte also der Verein Materials Valley ins Rollen. Wie haben Sie die richtigen Partner gefunden und zusammengebracht?

DR. BRÄMER

Das Fraunhofer ISC war bereits Mitglied im Verein. Von seiner materialwissenschaftlichen Ausrichtung und auch aufgrund der guten Kontakte dorthin war das ISC für unsere konkrete Fragestellung von Anfang an der ideale Partner innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

PROF. SEXTL

So kam Herr Brämer auf mich zu und wir haben uns mit der Idee an den Vorstand gewandt, der das Thema ebenso wichtig einschätzte und mir für die weiteren Aktivitäten hinsichtlich der Gründung einer Projektgruppe freie Hand gab. Es blieb die Frage, wer die Mitarbeit an der Konzeption der Gruppe und die spätere Leitung übernehmen könnte. Hier kam Herr Professor Reller ins Spiel. Wir lernten uns im Februar 2010 auf einer ATC-Tagung der Dechema kennen, deren Fachausschuss »Anorganisch-technische Chemie« ich leite.

PROF. RELLER

Ich habe damals über Funktionsmaterialien für regenerative Energiethemen referiert, und nach dem Vortrag ist Gerhard Sextl auf mich zugekommen und hat mich zu einem weiteren Vortrag ins Fraunhofer ISC eingeladen, der dann auch im Mai 2010 stattfand. So kam auch der Kontakt zu Materials Valley zustande.

REDAKTION

Herr Professor Reller, in Ihrem Lehrstuhl beschäftigen Sie sich ja schon lange mit den Themen Ressourcenströme und Ressourcenstrategie, was können Sie jetzt bei Fraunhofer mit einbringen und wo sehen Sie die Chancen?

FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE IWKS

PROF. RELLER

Ich habe mich in meiner Forschung viel mit Festkörperchemie beschäftigt, und da fiel mir auf, dass sehr viele Metalle ins Spiel kommen, die teilweise sehr selten sind. Dem bin ich dann nachgegangen und wir haben erste Landkarten entwickelt, wo die Metalle herkommen. Es geht eigentlich darum, das ganze Life Cycle-Assessment dieser Werkstoffe und Materialien, auch über die Metalle hinaus, wie Herr Brämer gerade gesagt hat, in Raum und Zeit abzubilden. Wir interessieren uns also nicht nur bis zur Nutzungsphase, sondern darüber hinaus. Was passiert mit den Gerätschaften und mit den Materialien nach der Nutzungsphase? Können wir sie zurückgewinnen oder gehen sie für uns verloren? Können wir kritische Materialien substituieren?

REDAKTION

Was verstehen Sie in diesem Zusammenhang unter Substitution?

DR. BRÄMER

Unter Substitution verstehen wir nicht nur den materialtechnischen Ersatz von Werkstoffen, sondern – Herr Sextl nennt an dieser Stelle immer ein sehr gutes Beispiel, nämlich das des Films und der digitalen Fotografie – dass im Grunde gänzlich neue Technologien alte ablösen können, die zu teuer oder umweltschädlich geworden sind.

PROF. RELLER

Darüber hinaus kommt es darauf an, dass wir uns klar machen, welche Systeme und Technologien wir für die Zukunft brauchen. Bei den Ressourcen ist Eile geboten, denn wenn wir uns den Verbrauch und die Verteilung der Rohstoffe jetzt ansehen, können wir schon einigermaßen klar entscheiden, welche Ressourcen wir brauchen, welche knapp werden in absehbarer Zeit und wo wir substituieren oder neue Werkstofffunktionen generieren müssen.

REDAKTION

Gibt es da ein griffiges Beispiel?

PROF. RELLER

Aktuell viel diskutiertes Beispiel ist die Elektromobilität. Hier werden gerade die Metalle und die Funktionsmaterialien definiert, die wir in großem Rahmen brauchen werden. Die Automobilindustrie ist hier relativ zurückhaltend in der Entwicklung. Es ist ja auch ein Zeitproblem, wir können nicht von heute auf morgen genügend Lithium, Cobalt oder Seltenerd-Metalle bereitstellen. Hier werden ebenfalls Herausforderungen auf die Projektgruppe IWKS zukommen.

DR. BRÄMER

Und da sind wir uns auch darüber einig, dass im Grunde Politik und öffentliche Meinung die Komplexität gerne übersehen und vieles sofort als gelöst darstellen, sobald sich die öffentliche Aufmerksamkeit dem Thema zuwendet. Soweit sind wir noch gar nicht.

REDAKTION

Eine Frage ist dabei sicher auch die Schnelligkeit. Das war bei der Gründung der Projektgruppe ein großes Thema. Wie sind Sie vorgegangen?

PROF. SEXTL

Die Hanauer Industrie war auf alle Fälle schnell. Nach den ersten Gesprächen im Dezember 2009 lag bereits im Januar 2010 eine Interessensmatrix von sechs großen Unternehmen vor, verbunden mit einer Unterstützungserklärung.

DR. BRÄMER

Im Februar 2010 wurde das hessische Wissenschaftsministerium angeschrieben, um für unsere Absicht zu werben, ein Fraunhofer-Institut in Hanau zu gründen. Der Brief war von einer Reihe von Vorstandsmitgliedern namhafter Firmen unterzeichnet. Das Wissensschaftsministerium begrüßte die Initiative und verwies auf die wissenschaftliche Projektförderung. Um schnell handlungsfähig zu werden, beschlossen wir mit Herrn Sextl, auch in Bayern aktiv zu werden.

PROF. SEXTL

Im September 2010 haben wir dann den unterfränkischen Regierungspräsidenten, Dr. Beinhofer, angesprochen, der uns den Kontakt zum Aschaffenburger Landrat Dr. Reuter empfahl. Dr. Reuter hat sich sofort mit einem Brief an die bayerische Staatsregierung gewandt und bereits im Dezember 2010 gab es, initiiert vom Staatsminister Martin Zeil, einen Kabinettsbeschluss zu einer Anschubfinanzierung für die Gründung unserer Projektgruppe und den Aufbau der ersten Arbeitsgruppen. Parallel dazu waren wir weiter mit dem hessischen Wirtschaftsministerium im Gespräch und erhielten dort auch großzügige Unterstützung für unser Vorhaben, sodass wir nun alle vorgesehenen Arbeitsbereiche verwirklichen können.

DR. BRÄMER

Nachdem die Politik und die Fraunhofer-Gesellschaft hier grünes Licht gegeben hatten, organisierten wir vom Materials Valley aus zwei Veranstaltungen »Industrie trifft Fraunhofer«, um im Raum Rhein-Main und Bayerischer Untermain den Bedarf der Industrie breiter als bisher abzufragen und so ganz industriebezogen die Konzeption voranzutreiben. Aus den 70 daraus hervorgegangenen Projektvorschlägen wurden einige thematisch geclustert und für den Start der Projektgruppe bereits inhaltlich vorbereitet, z. B. aus den Themenbereichen Spezialglas, Polyurethan und Magnetmaterialien.

FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE IWKS

REDAKTION

Herr Reller, Herr Brämer hat gerade das Thema Stoffströme gestreift. Was haben Sie am Lehrstuhl hier schon für Erfahrungen sammeln können?

PROF. RELLER

Eines der großen Probleme ist, dass man es mit Stoffgemischen zu tun hat. Zurzeit wird nur das herausgeholt, was heute ökonomisch wieder verwertet werden kann, wie beispielsweise Gold und Silber, für die die Firmen UMICORE und HERAEUS ein effizientes Edelmetallrecycling betreiben. Außerdem gehen in die Produktion sehr viele zugelieferte Komponenten ein, sodass die Unternehmen oft selbst nicht wissen, welche Stoffe im Endprodukt enthalten sind. Die Funktionselemente werden nach Spezifikation beschafft, die stoffliche Zusammensetzung ist am Ende gar nicht bekannt. Das ist für das Recycling natürlich sehr schwierig, insbesondere wenn es sich um Kleinstmengen handelt, wie in der Dünnschichttechnologie oder Mikroelektronik. Diese Milligramm-Mengen von beispielsweise Palladium oder Silber gelangen bei der Entsorgung feinstverteilt in die Biosphäre. Dafür Lösungsansätze zu erarbeiten, das sehe ich als eine der wichtigsten Aufgaben für uns in Zukunft.

DR. BRÄMER

Der zentrale Punkt für die Industrie ist dabei die Wirtschaftlichkeit der Prozesse. Egal um welches Recyclingthema es sich handelt, wir müssen kalkulieren, was unter dem Strich dabei herauskommt. Die Wirtschaftlichkeit ist nun einmal ein ganz wichtiger Gesichtspunkt für dieses Institut, und wenn sie nicht gegeben ist, dann werden wir nicht erfolgreich sein.

PROF. RELLER

Diesen Gedanken muss man weiterdenken. Es ist relativ klar, dass gewisse Metalle sich in den nächsten Jahren extrem verteuern werden. Wir haben uns auch schon in der Schweiz überlegt, ob es nicht sinnvoll wäre, Schlacken zu deponieren, bis man bestimmte Metalle überhaupt lohnend zurückgewinnen kann. Völlig ferne Variante, die jetzt schon Vorsorge trifft und erst in 10 Jahren zum Tragen kommt.

DR. BRÄMER

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt für das erfolgreiche Recycling ist das Einsammeln. Dies ist eine politische Frage und eine der Gesetzgebung. Sie sehen das bei PET-Flaschen, wie wunderbar ein Pfandmodell funktioniert. So ein Modell brauchen wir für die Consumer-Elektronik usw.: Der Endkunde zahlt eine Art Pfand und erhält dieses Pfand dann wieder, wenn er das Gerät dem Recycling zuführt. Hier ist auch eine der Aufgaben des IWKS, durch Beratung entsprechende Entscheidungsprozesse in der Legislative zu unterstützen.

REDAKTION

Bezogen auf diese Aspekte, d. h. die politischen Rahmenbedingungen und die kurzfristige Wirtschaftlichkeit, wo lohnt sich denn Recycling, wo können wir denn auch im IWKS die meiste Hilfestellung geben?

PROF. RELLER

Ganz klar bei der Toxizität. Die ökologische Last spielt eine große Rolle. Wir müssen den Stoffkreislauf schließen, gerade im Bereich Schwermetalle. Beispielsweise die Energiesparlampen mit den Leuchtstoffen auf Basis von Seltenerdmetallen und ihrem Quecksilbergehalt, das muss im Recycling technisch gelöst werden. Mittelfristig müssen die Photovoltaikanlagen, die jetzt weltweit in Betrieb sind, betrachtet werden. Da kommen ganz spezielle Verbindungen auf uns zu, z. B. Cadmium-Tellurid. Hier muss man Wege finden, damit das nicht feinverteilt in die Umwelt gelangt, sondern werkstoffgerecht rezykliert wird.

DR. BRÄMER

Alle Photovoltaikhersteller sind mittlerweile gesetzlich verpflichtet, ihre Produkte auch wieder zu recyceln. Das betrifft natürlich die gesamte deutsche Solarindustrie.

PROF. RELLER

Und da kommt eigentlich der Gesetzgeber den transparent produzierenden Firmen entgegen. Das Problem ist aber in vielen Bereichen, dass die Gesetze auf dem Billigproduktionssektor nicht greifen. In diesem Sinne ist eine vernünftige gesetzliche Verordnung notwendig, die regelt, nach welchen Grundsätzen das alles produziert werden soll.

PROF. SEXTL

Hier müssen wir das IWKS politisch vernetzen und auch die Unternehmen auf die anstehenden Probleme immer wieder aufmerksam machen. Die Wertstoffketten sind ja häufig gar nicht transparent. Gesellschaftlicher Wandel und politisches Umdenken kann aber nur auf breiter Ebene und gemeinsam mit der Industrie vorangetrieben werden.

Wirtschaftlichkeit ist ein wichtiges Ziel, aber der Break-Even-Punkt für verschiedene Technologien wird sich je nach Verfügbarkeit der Rohstoffe ändern. Was heute vielleicht noch unrentabel ist, kann in einigen Jahren sehr wohl rentabel sein. Damit wir dann rechtzeitig geeignete Verfahren anbieten können, müssen wir jetzt im Aufbau der Projektgruppe einfach schnell sein.

REDAKTION

Was für eine Rolle spielt Phosphat bei den Planungen des IWKS?

FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE IWKS

PROF. RELLER

Phosphat ist für die Nahrungsmittelproduktion absolut essentiell. Darüber hinaus ist dieser Stoff auch ein Zuschlagstoff in ganz vielen modernen Materialien. Bei den natürlichen Phosphatvorkommen gibt es meist Belastungen mit Schwermetallen. Also müssen wir die Schwermetalle aus dem Phosphat rausholen, deshalb ist das Recycling und die Aufbereitung von Phosphat ein wichtiges Thema auch für uns. Wir sind hier eingebunden in ein weltweites Forschungsnetz.

REDAKTION

Wo sehen sie die Zusammenarbeit und das Zusammenspiel zwischen IWKS und ISC?

PROF. RELLER

Einerseits auf der materiellen Seite. Gerade im Bereich der Silicatmaterialien wird es viele Anknüpfungspunkte geben. Dazu kommt, dass jetzt am ISC die Elektrochemie verstärkt wird, das betrifft eine Menge Stoffe, die wir direkt brauchen können im Recycling- und Substitutionsgeschäft. Das ISC in Würzburg ist gut ausgerüstet und wir haben die Analytik schon sehr erfolgreich einsetzen können.

PROF. SEXTL

Ich kann mir vorstellen, dass wir als Mutterinstitut in Würzburg Analytik und nasschemische Verfahren im Labormaßstab auch in Zukunft für das IWKS betreiben. Damit spart das IWKS eigene Investmittel für die aufwendige Ausstattung. Wenn es jedoch um den Aufbau chemischer Separationsverfahren in größerem Maßstab geht, möchte ich das lieber am zukünftigen Standort Hanau-Wolfgang ansiedeln, wo eine produktionsgerechte chemische Infrastruktur vorliegt.

REDAKTION

Es waren einige mögliche Standorte in der Diskussion, was war entscheidend?

PROF. SEXTL

Von vornherein war klar, dass wir einen Standort am bayerischen Untermain bzw. im Rhein-Main-Gebiet suchen, aufgrund der Kontakte zu den Unternehmen. Mit Unterstützung des Landratsamts in Aschaffenburg konnten wir einige mögliche Standorte identifizieren und bewerten. Danach stellte sich sehr schnell Alzenau als der für uns am besten geeignete bayerische Standort heraus. Im September 2011 überreichte der Bayerische Wirtschaftsminister Martin Zeil persönlich den Bewilligungsbescheid über die Anschubfinanzierung des Landes. Mit Unterstützung des hessischen Wissenschaftsministeriums kam die Anbindung an den Chemie-Standort Hanau-Wolfgang, sodass schon in diesem Jahr die Projektgruppe ihre drei Arbeitsgruppen »Ressourcenstrategien«, »Recyclingtechnologien« und »Werkstoffsubstitution« an zwei Standorten haben wird.

REDAKTION

Wenn wir auf die nächsten beiden Jahre blicken, wo steht das IWKS dann?

PROF. SEXTL

Wir haben jetzt eine Kopfstärke von 10 Mitarbeitern erreicht. Als nächstes steht der Bau einer Halle für unsere recyclingtechnischen Anlagen in Zusammenarbeit mit der Stadt Alzenau auf dem Plan. Parallel dazu haben wir im Juni 2012 Labors in Hanau-Wolfgang in Betrieb genommen, unter dem Dach unseres Kooperationspartners UMICORE. Damit können wir den Wachstumskurs fortschreiben und planen mit einer Personalstärke von ca. 15 Mitarbeitern je Standort bis Ende 2013. Mit der Hochschule Aschaffenburg werden wir ein Fraunhofer-Anwenderzentrum mit dem Schwerpunkt »Recyclinggerechtes Design« schaffen, der Antrag hierzu ist bereits vom Bayerischen Wirtschaftsministerium genehmigt.

REDAKTION

Außer der Hochschule Aschaffenburg, welche Kontakte gibt es noch zu Hochschulen und Universitäten, wie vernetzt sich die Projektgruppe auf wissenschaftlicher Ebene?

PROF. SEXTL

Für die drei Arbeitsgruppen haben wir neben Prof. Reller von der Universität Augsburg weitere namhafte Wissenschaftler gewinnen können: Prof. Oliver Gutfleisch von der TU Darmstadt und Prof. Stefan Gäth von der Universität Gießen.

DR. BRÄMER

Ein leistungsstarkes Führungstrio, motivierte Mitarbeiter, die geografische Nähe zu den interessierten Industriepartnern, finanzielle Unterstützung von politischer Seite – also, bessere Startbedingungen kann es eigentlich kaum geben. Jetzt sind wir an der Reihe, das mit Leben zu füllen.

REDAKTION

Ein schönes Schlusswort - vielen Dank für das Gespräch!

FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE IWKS

»MOLECULAR SORTING« – EIN ÜBERMORGEN-PROJEKT DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

DR. JÜRGEN MEINHARDT

»Wir müssen handeln, damit die Versorgung unserer Industrie mit Rohstoffen nicht ins Stocken gerät … Wir brauchen faire Bedingungen auf außereuropäischen Märkten, Rahmenbedingungen, die die langfristige Nutzung europäischer Rohstoffquellen ermöglichen, mehr Ressourceneffizienz und mehr Recycling.« (EU-Kommissionsvizepräsident Günter Verheugen).

Moderne Produkte weisen eine zunehmende Stoffvielfalt bei gleichzeitig sinkenden Stoffmengen auf. Aus technischer Sicht ergeben sich bisher ungelöste Herausforderungen der Kreislaufführung aus der verminderten Verfügbarkeit großer, hochwertiger Stoffströme, sodass Materialien aus stärker vermischten und/oder verschmutzten Stoffströme einzusetzen sind. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Verwertungsquoten.

Daher zielt das Kooperationsprojekt »Molecular Sorting«, in dem sich sechs verschiedene Fraunhofer-Institute zu einem Forschungsverbund zusammengeschlossen haben, auf die Entwicklung und beispielhafte Anwendung von Verfahren zur Stofftrennung in einer bisher nicht adressierten geometrischen Größenordnung: »Molecular Sorting« ist definiert als Trennung auf kleinster erforderlicher Ebene, um eine Wiederverwertung zu ermöglichen. Durch diesen innovativen Ansatz soll der veraltete Standard »Bulk Sorting« abgelöst werden. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, durch eine Kombination von Identifikations- und Analyseverfahren, Aufbereitungsprozessen für Sekundär-Stoffströme und Modifikationen der Herstellungsverfahren hochwertige Stoffströme zu schließen. So kann die Wieder- und Weiterverwertung von Werkstoffen durch Trennprozesse bis auf molekulare Ebene nach der Herstellung bzw. Nutzung ermöglicht werden.

Der Grundansatz des Vorhabens liegt in der beispielhaften Untersuchung von volkswirtschaftlich relevanten Stoffströmen aus den Bereichen Mineralien (silicatische Rohstoffe), Metalle sowie biogener (Holz) und anderer organischer Rohstoffe (Polymere), die durch eine Kombination von analytischen und verfahrenstechnischen Ansätzen so aufbereitet werden sollen, dass ein erneuter stofflicher Einsatz in gleicher Weise wie der Einsatz von Primär-Rohstoffen möglich wird.

Dem Vorhaben liegt ein erweiterter Begriff des »Urban Mining« zugrunde, der neben der Rohstoffrückgewinnung u. a. aus Halden, Abfalldeponien oder bestehenden Infrastrukturen ebenfalls anthropogene feste, flüssige und gasförmige Stoffstöme wie z. B. Abfallströme (Zielwerkstoffe: Holz, Metalle, Polymere, Mineralien) oder Abwasserströme (Zielwerkstoffe: Metalle, Mineralien) adressiert. Das Vorhaben stellt Methoden und Technologien bereit, die für Urban-Mining-Ansätze nutzbar sind. Beispielhaft wird die Anwendbarkeit in sechs Demonstratorprojekten gezeigt.

Demonstrator Weißglas:
Aus Alt-Flachglas wird hochtransparentes Glas

Aus Alt-Flachglas wird hochtransparentes Glas

Wie eine Stofftrennung auf molekularer Ebene aussehen kann, wollen das Fraunhofer ISC und die Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS am Beispiel von Glas zeigen. Für Zukunftstechnologien wie Photovoltaik und Solarthermie sind Gläser erforderlich, die höchste Transparenz aufweisen und deshalb möglichst rein sein sollten.

Die am meisten verbreitete Verunreinigung bildet Eisen, das schon in geringen Mengen die Lichtdurchlässigkeit von Glas erheblich senkt. Die Wachstumsdynamik dieser Zukunftstechnologien ist jedoch so groß, dass weder die natürlichen eisenfreien Rohstoffquellen noch die Recyclingmenge z. B. von »ausgedienten« PV-Modulen mit hochtransparenten Gläsern ausreichen, um den Bedarf der nächsten Jahrzehnte an hochtransparentem Flachglas zu decken. Hier bietet sich konventionelles Flachglas als Rohstoffquelle an, das bisher vor allem zu billigem Behälterglas oder Mineralwolle »downcycelt« wird. Ein Problem hierbei ist aber der zu hohe Eisengehalt.

Das Fraunhofer ISC in Würzburg und seine Fraunhofer-Projektgruppe IWKS in Alzenau entwickeln gemeinsam Verfahren, die das Eisen auf molekularer Ebene vom Glas trennen bzw. verbleibende geringste Eisengehalte in eine Spezies umwandeln, die die Transmission nicht mehr beeinträchtigt. Die Stofftrennung erfolgt bei rund 1 500 °C in der Glasschmelze. Vorteil beim Recycling von günstigem Flachglas sind die im Vergleich zu teuren und kaum noch verfügbaren eisenfreien Rohstoffen für die eisenarmen Gläser geringeren Kosten und die gute Verfügbarkeit.

Die Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS hat sich die Sicherung der langfristigen Verfügbarkeit von Rohstoffen für die verarbeitende Industrie zum Ziel gesetzt. Die dafür notwendigen Arbeiten fokussieren sich auf drei wesentliche Aktivitätsschwerpunkte – Grundlagen der Stoffkreisläufe und Entwicklung von Rohstoffstrategien für Industrie und Politik, Technologien der Rohstoffgewinnung und des Recyclings wie auch des recyclinggerechten Produktdesigns sowie die Substitution von kritischen Rohstoffen durch Entwicklung von Werkstoffalternativen.

Diese drei Säulen bilden die Grundlage für den Aufbau des geplanten Fraunhofer-Instituts für Wertstoffrecycling und Werkstoff-Substitution, das im September 2011 im Rahmen einer Projektgruppe mit organisatorischer Anbindung an das Fraunhofer ISC gestartet ist. Die Leitung der Projektgruppe IWKS wurde Prof. Dr. Armin Reller, Lehrstuhl für Ressourcenstrategie vom Wissenschaftszentrum Umwelt (WZU) an der Universität Augsburg, Prof. Dr. Stefan Gäth, Lehrstuhl für Abfall- und Ressourcenmanagement an der Justus-Liebig-Universität Gießen und Prof. Dr. Oliver Gutfleisch vom Institut für Materialwissenschaft (FG Funktionale Materialien) der Technischen Universität Darmstadt übertragen. Für das Projekt »Molecular Sorting« hat die Projektgruppe schwerpunktmäßig die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung übernommen. Auch wird sie bei der Technolgieentwicklung eine wesentliche Rolle spielen.

www.molecular-sorting.fraunhofer.de

Kontakt

Dr. Jürgen Meinhardt
✆ **+49 931 4100-202**
juergen.meinhardt@isc.fraunhofer.de

FRAUNHOFER

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 20 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,8 Milliarden Euro. Davon fallen 1,5 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

IMPRESSUM

Redaktion
Marie-Luise Righi
Katrin Selsam-Geißler
Martina Hofmann
Prof. Dr. Gerhard Sextl

Grafiken und Diagramme
Winfried Müller
Katrin Selsam-Geißler

Layout und Produktion
Katrin Selsam-Geißler
Frank-Wolf Zürn, Profil G.b.R., Reichenberg

Übersetzung
Burton, Van Iersel & Whitney GmbH, München

Bildquellen
Titelbild: Philip Zürn; Seiten 4 und 50: Marie-Luise Dörffel;
Seite 45: Lutz Stahlknecht, pixelio.de;
wie angegeben, alle anderen Abbildungen Fraunhofer ISC,
Katrin Heyer für Fraunhofer ISC und Knud Dobberke für
Fraunhofer ISC

Gedruckt auf FSC-zertifizierten Papier.
Das Kopieren und Weiterverwenden von Inhalten ohne
Genehmigung der Redaktion ist nicht gestattet.

© Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, Würzburg 2012

Anschrift der Redaktion
Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Neunerplatz 2
97082 Würzburg
✆ +49 931 4100 0
marie-luise.righi@isc.fraunhofer.de
www.isc.fraunhofer.de

Anschriften weiterer Standorte
Fraunhofer ISC - Außenstelle Bronnbach
Bronnbach 28
97877 Wertheim-Bronnbach
✆ +49 9342 9221-702

Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL
Gottlieb-Keim-Str. 60
95448 Bayreuth
✆ +49 921 786931-20
htl.info@isc.fraunhofer.de
www.htl.fraunhofer.de

Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und
Ressourcenstrategie IWKS
Brentanostraße 2, 63755 Alzenau
sowie im Industriepark Hanau-Wolfgang, 63457 Hanau
✆ +49 6023 32039-801
iwks.info@isc.fraunhofer.de
www.iwks.fraunhofer.de

INHALTSVERZEICHNIS – ANHANG
CONTENTS – APPENDIX

Informationen zu den genannten Projekten 2
Information on presented projects

Projektübersicht 6
Project overview

Wissenschaftliche Vorträge 12
Scientific presentations

Wissenschaftliche Veröffentlichungen 20
Scientific publications

Patente 28
Patents

Wissenschaftliche Kooperationen 32
Scientific cooperations

Veranstaltungen des Fraunhofer ISC 42
Events at the Fraunhofer ISC

Messen und Ausstellungen 44
Fairs and Exhibitions

Lehrtätigkeit 46
Teaching activities

Allianzen und Netzwerke 48
Alliances and networks

INFORMATIONEN ZU DEN GENANNTEN PROJEKTEN

Geschäftsbereich Gesundheit

EAP mit magnetisch steuerbarer Elastizität zur Interaktion mit Bindegewebszellen (MagElan) – Teilvorhaben: Etablierung bindegewebskompatibler magnetoaktiver Polymere
BMBF gefördertes Projekt
FKZ 13N10573
Partner: Universitätsklinikum Würzburg, Augenklinik und Poliklinik; Fachhochschule Regensburg, Fakultät Elektro- und Informationstechnik
Laufzeit: 1.7.2009 – 30.09.2011

Photostimulierbare Nanopartikel für die operationsbegleitende Diagnostik bei der Resektion von Mammakarzinomen (ResCare)
Ein mittelstandsorientiertes Eigenforschungsprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft
Partner: Fraunhofer IGB
Laufzeit 1.7.2011 – 30.6.2013

Entwicklung und Evalulierung neuer Therapieformen für chronische Hauterkrankungen (SkinHeal)
Ein »Märkte von übermorgen«-Projekt der Fraunhofer-Gesellschaft
Partner: Fraunhofer IGB; Fraunhofer IME; Fraunhofer MEVIS; Fraunhofer EMFT
Laufzeit: 1.5.2011 – 30.4.2013

Geschäftsbereich Energie

Entwicklung und Charakteristik nanoskaliger Elektroden-Komposite für EnergyCap: Hochleistungsspeicher für Anwendungen im Bereich der erneuerbaren Energieversorgung, mobiler Bordnetze und Traktionsanwendungen (EnergyCap)
BMWi gefördertes Projekt
FKZ AZ0327822B
Partner: BMW Forschung und Technik GmbH, München; Freudenberg Vliesstoffe KG, Weinheim; Liebherr-Werk Biberach GmbH; Merck KGaA, Darmstadt; RWTH Aachen; Siemens AG, München; SGL Carbon GmbH, Meitingen; WIMA Kondensatoren GmbH & Co. KG, Berlin, ZSW, Ulm
Assoziierter Partner ohne Förderung: ENERCON GmbH, Aurich
Laufzeit 1.7.2009 – 31.3.2012

INFORMATIONEN ON PRESENTED PROJECTS

Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität (FSEM), Schwerpunkt 3 – Energiespeichertechnik, Teilprojekt Materialentwicklung für Li-Ionen-Batterie (MALION)
BMBF gefördertes Projekt im Konjunkturprogramm II
Laufzeit: 1.5.2009 – 30.6.2011

Konzeptstudien für neuartige Lithium-Ionen-Zellen auf der Basis von Werkstoff-Innovationen »KoLiWIN« Teilvorhaben: Elektrodenbeschichtung, hybride Elektrolyte und elektrochemische Charakterisierung
BMBF gefördertes Projekt
FKZ 03SF0343A
Laufzeit: 1.7.2009 – 30.6.2012

Geschäftsbereich UMWELT

Das Forschungsvorhaben 14413 N »Untersuchungen zur Entwicklung eines quecksilberfreien Präzisionsthermometers« sowie das Fortsetzungsforschungsvorhaben 16197 N »Fortführung der Untersuchungen zur Entwicklung eines quecksilberfreien Präzisionsthermometers« der Forschungsgemeinschaft Technik und Glas e. V. Bronnbach wurde im Programm zur Förderung der »Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)« vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi über die AiF »Otto-von-Guericke« e. V. gefördert.

Energieeinsparung und CO_2-Minderung bei der Zementproduktion durch die Herstellung hüttensandreicher Hochofenzemente mit verbesserter Anfangsfestigkeit (ECO-Zement)
BMWI gefördertes Projekt
FKZ 0327477B
Partner: SCHWENK Zement KG Karlstadt; BASF Bauchemie, Trostberg; Bergakademie Freiberg
Laufzeit: 1.1.2009 – 31.12.2011

Flexibles Flachglas-Biegeverfahren (FBB) – Teilvorhaben: Thermooptisches Messverfahren
BMBF gefördertes Projekt
FKZ 02PU2295
Partner: Glaser FMB GmbH & Co. KG; Fraunhofer IWM; ELINO; Eckelmann AG
Laufzeit: 1.3.2008 – 31.12.2011

PROJEKTINFORMATIONEN ZU DEN GENANNTEN PROJEKTEN

Aktive Schichten für den Korrosionsschutz (ASKORR)
Ein Kooperationsprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft
Partner: Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung, Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Max-Planck-Institut für Eisenforschung
Laufzeit: 2010 – 2013

Climate for Culture
EU-Förderprojekt
FKZ 226973
Laufzeit: 2009 – 2014
www.climateforculture.eu

MEMORI – Measurement, Effect Assessment and Mitigation of Pollutant Impact on Movable Cultural Assets
EU-Förderprojekt
FKZ 265132
Laufzeit: 1.11.2010 – 31.10.2013
www.memori-project.eu

Innovative Plasmatechnik zur Erzeugung photokatalytisch aktiver, hybrider Schichten (PlasKat)
BMBF gefördertes Projekt
FKZ 13N9313
Partner: Unitec Helmsdorf GmbH; Pfleiderer Holzwerkstoffe GmbH; Primed Halberstadt Medizintechnik GmbH; Berner International GmbH; 4H Jena; iba e.V. Heiligenstadt; Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA); FH Anhalt; FEP; [MAT PlasmaTec, Bayer Material Science – während der Laufzeit aus dem Projekt ausgeschieden]
Laufzeit: 1.9.2007 – 28.2.2011

Untersuchungen zur Beschichtung von Glasfasergeweben mit photoaktiven Nanomaterialien zur Realisierung gaszersetzender Eigenschaften von Filtersystemen (OXIFILTER)
FKZ 03X0065D
Partner: Likusta Umwelttechnik GmbH; Sachtleben Chemie GmbH; Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)
Laufzeit: 1.3.2009 – 31.8.2012

INFORMATIONEN ON PRESENTED PROJECTS

Neuartige Schutzschichten und katalytisch aktive Oberflächen auf Basis funktionalisierter Nanopartikel für die Elektro- und Verkehrstechnik (NanoBase)
BMBF gefördertes Projekt
FKZ 03X0023F
Partner: ALTANA Pharma AG, Singen; Aucoteam-Ingenieursgesellschaft für Automatisierungs- und Computertechnik mbH, Berlin; EADS Deutschland GmbH, Ottobrunn; Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich; ItN Nanovation GmbH, Saarbrücken; Siemens AG, Fürth; Süd-Chemie, Moosburg; Rockwood Clay Additives GmbH, Moosburg
Laufzeit: 1.6.2006 – 31.5.2009

Biomimetisch hergestellte superparamagnetische Partikel für das Wertstoffrecycling (BioSuPaWert)
Förderung im Rahmen des Programms »Umwelttechnologieforschung« der Baden-Württemberg-Stiftung
Laufzeit: 1.11.2010 – 30.10.2013

Molecular Sorting for Resource Efficiency
Ein »Märkte von übermorgen«-Projekt der Fraunhofer-Gesellschaft
Laufzeit: 1.7.2011 – 30.6.2014

PROJEKTÜBERSICHT

Aktuelle Forschungsschwerpunkte
Current Frontline Research Topics

Anlagen- und Geräteentwicklung
Device development

MUHOPF – Aufbau eines multiplen Hochtemperatur-Prüffeldes für Materialuntersuchungen unter kontrolliertem Sauerstoffeinfluss (Innovationscluster Metall, Keramik, Kunststoff und Oberflächentechnik des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau und des Europäischen Feuerfestzentrum ECREF)

Untersuchung zur Entwicklung eines quecksilberfreien Präzisionsthermometers (AiF)

Ofenbau im Bereich Sonderanlagen

Prototypen-Anlagenbau

Robotik

Softwareentwicklung im Bereich Mess-, Steuerungs- und Automatisierungstechnik

Volumenmesstechnik

Zertifizierter Standardgerätebau im Bereich Volumendosierung, Laborglasjustierung und thermooptischer Messverfahren

Energiespeicherung und mobile Energieversorgung
Energy storage and mobile energy supply

EnergyCap – Hochleistungsspeicher für Anwendungen im Bereich der erneuerbaren Energieversorgung, mobilen Bordnetzen und Traktionsanwendungen; Teilvorhaben: Entwicklung und Charakterisierung nanoskaliger Hybridelektroden und dafür abgestimmte Elektrolytsysteme für (BMBF)

Konzeptstudien für neuartige Lithium-Ionen-Zellen auf der Basis von Werkstoff-Innovationen – Koordination und Teilvorhaben: Elektrodenbeschichtung, hybride Elektrolyte und elektrochemische Charakterisierung (BMBF)

Verbundprojekt Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität – Schwerpunkt 3: Energiespeichertechnik – Koordination und Teilvorhaben: Materialentwicklung für Li-Ionen Batterien (BMBF)

Autarke Energieversorgung über intelligente Piezogenerator/Polymer-Supercap/Lithium-Polymerakku-Mikrosysteme (BMBF)

Forschungen zur nachhaltigen Sicherung von mittelalterlicher Kirchenverglasung
Sustainable conservation of medieval church windows

Conservation materials for stained glass windows – assessment of treatments, studies on reversibility and performance of innovative restoration strategies and products (EU)

Craquelée Schäden: Anwendung innovativer Restaurierungsmaterialien und -methoden zur Sicherung und Konservierung craquelierter Glasmalereien, modellhaft angewendet an Glasfenstern des 19. Jahrhunderts im Kölner Dom (Weltkulturerbe) (DBU)

Bau
Building and construction

Multi-source energy storage systems integrated in buildings (EU)

PROJECT OVERVIEW

Kalthärtende Keramik durch nanotechnologische Gefügeoptimierung (BMBF)

Baustoffe auf Basis von porösen Glasflakes für das Klimamanagement (Bayer. Forschungsstiftung)

Zeolithe mit absorberkatalytischer Wirkung für Formaldehyd in Holzwerkstoffen (FhG)

Smart Materials

Einsetzbare adaptronische Module zur Kompensation von Echtzeitfehlern (thermisch und Schwingungen) und zur supergenauen Positionierung in rekonfigurierbaren Hochpräzisions-Werkzeugmaschinen (EU)

Entwicklung von Hochtemperatur-Ultraschallwandlern zur On-line-Strukturüberwachung heißer Dampfleitungsrohre (EU)

Hierarchical and Adaptive smaRT COmponents for precision production systems application (EU)

The integrated safe- and smart-built concept (EU)

Erforschung betriebsfester und langlebiger Materialsysteme von dielektrischen Elastomeraktoren – Teilvorhaben: Organisch modifizierte Silikonmaterialien für dielektrische Elastomeraktoren (BMBF)

Innovatives Condition Monitoring System zur nachhaltigen Überwachung sicherheitsrelevanter Komponenten (BMBF)

Integration neuartiger Funktions- und Konstruktionswerkstoffe und deren Anwendung in einem miniaturisierten Ventilsystem (BMBF)

Modellgestütztes Structural Health Monitoring für Rotorblätter von Windenergieanlagen (BMBF)

Smart Windows auf Basis von Metallo-Polyelektrolyten (BMBF)

Verbundprojekt Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität (FSEM) - Schwerpunkt 4, Teilprojekt B: Technische Systemintegration, gesellschaftspolitische Fragestellungen und Projektmanagement, AP 5: Magnetorheologische Motor-Generator-Kupplung (BMBF)

Entwicklung von multifunktionellen Sensoren zum Nachweis der Glasbruchentstehung und zur Ansteuerung von Facility-Management-Systemen (BMWA)

GESUNDHEIT
HEALTH

Diagnostik
Diagnostics

Untersuchungen zur Speicherung von Ladungsträgern in Nanopartikeln und Entwicklung von Infrarotlicht-stimulierten Markern für die Bioanalytik und Diagnostik (DFG)

BioDots für biomedizinische Anwendungen (FhG)

Nanopartikelbasiertes multimodale In-vivo-Diagnostik (FhG)

Verfahrensentwicklung zur schonenden Kapselung von Wirkstoffen (FhG)

Regenerative Medizin
Regenerative medicine

EAP mit magnetisch steuerbarer Elastizität zur Interaktion mit Bindegewebszellen (BMBF)

PROJEKTÜBERSICHT

Mikroverkapselung von Wirkstoffen (ZIM)
Physiologisch degradierbare, mittels Zwei-Photonen-Absorption (TPA) strukturierte Hybridwerkstoffe für die Regenerative Medizin (FhG)

Dentalmedizin
Dental medicine

Entwicklung einer innovativen Werkstofflösung für Zahnkronen (ZIM)

Innovatives dentales Füllungskonzept (ZIM)

Chairside-Kronen (FhG)

Dentale Glaskeramiken

Neuer Halt für Zähne – einfach applizierbare regenerative Paradontalmaterialien (FhG)

Keramische Fasern und inhärent sichere Keramikherstellung
Ceramic fibers and intrinsically safe ceramics production

SiBNC-Werkstoffe für Produktions-, Energie- und Verkehrstechnik (BMBF)

Simulationsbasiertes Prozessdesign für die Entwicklung innovativer Keramik-Hochleistungsfasern (BMBF)

Entwicklung und Upscaling von Chemie und Technologie für SiC-Fasern (STMWIVT)

Oxidische Ceramic Matrix Composites (BMWi)

C/SiC-Kupplung – Kupplung mit Keramikreibpaarung (StmWIVT)

Herstellung großformatiger Bauteile aus Nichtoxidkeramik durch Einsatz optimierter Formgebungsverfahren und Mikrostruktur-Eigenschaftssimulation (StmWIVT)

Thermoschockbeständiges Keramik-Kompositmaterial für die Wärmetechnik; Materialentwicklung des Keramik-Matrixmaterials (BMWi)

Mikrostrukturentwicklung und Sintern bei Co-Firing von keramischen Mehrschichtsystemen (DFG)

Kontinuierliche Silizierung von Bremsscheiben (Bayerische Forschungsstiftung)

Kundenspezifisches Spezialglas
Customized special glasses

Flexibles Flachglas-Biegeverfahren (BMBF)

Laserstrahl-Glasfrit-Bonden zum Packaging temperaturempfindlicher Glas- und Siliziumbauteile (BMBF)

Entwicklung der Prozesskette zum thermischen Wiederziehen komplexer Mikrokomponenten aus hochbrechenden Glaswerkstoffen (BMWi)

Entwicklung von Schmelzscreening-Verfahren (Bayerische Forschungsstiftung)

Mikro- und Polymerelektronik
Micro and polymer electronics

Entwicklung der Grundlagen für eine polymere Low-Cost-Elektronik (FhG)

Nanoparticles and layers of semiconductors and dielectrics, ferroelectrics, piezoelectrics of AIST in and on multifunctional

PROJECT OVERVIEW

OC-matrices and layers including relevant thin-film and microtechnology of ISC (FhG)

Photoinitiierte Mikrostrukturierung von piezoelektrischen Werkstoffen für die Medizintechnik und die Mikrosystemtechnik (FhG)

NANOTECHNOLOGIE
NANOTECHNOLOGY

Economic foresight study on industrial trends and the research needs to support the competitiveness of European industries around 2025

NANORUCER – Mapping the Nanotechnology innovation system of Russia for preparing future cooperations between EU and Russia

(Nano)poröse Materialien
(Nano)porous materials

Entwicklung einer Technologieplattform für die Herstellung multifunktionaler Hybridschäume (FhG)

Optische Aufbau- und Verbindungstechnik
Optical packaging

Functionalized Advanced Materials Engineering of Hybrids and Ceramics (EU)

Nanochemistry and self-assembly routes to nanomaterials (EU)

Optische Tranceiver-Module mit in-situ definierbaren spektralen Eigenschaften für optische Zugangsnetze (BMBF)

Optisch erzeugte Sub-100 nm-Strukturen für biomedizinische und technische Applikaltionen: Materialien und Technologien zur Erzeugung kleinster Sturkturen mittels Femtosekundenlaser- induzierter Mehrphotonenpolymerisation (DFG-SPP)

Thermop – Maßgeschneiderte Einstellung thermo-optischer Koeffizienten in anorganisch-organischen Hybridmaterialien für energieeffiziente optische Bauelemente

Ressourcenschonung
Sustainable consumption and production

Effiziente Entbinderungs- und Sintertechnik in der Keramikherstellung; Teilprojekt: Entwicklung effizienter Optimierungsmethoden für die Entbinderungs- und Sintertechnik (BMBF)

ECO-Zement – Energieeinsparung und CO_2-Minderung bei der Zementproduktion durch die Herstellung hüttensandreicher Hochofenzemente mit verbesserter Anfangsfestigkeit (BMWi)

SCHICHTEN
COATINGS

Oxide Materials towards a matured post-silicon electronics era (EU)

MEM-OXYCAL Membranen für die Kraftwerkstechnologie – Teilvorhaben: Entwicklung, Charakterisierung und Test nanoskaliger, dichter Membranschichten für die Sauerstoffabtrennung (BMWi)

Aktive, schaltende Schichten
Active switchable coatings

Innovative switchable shading appliances based on nanomaterials and hybrid electrochromic device configurations (EU)

Entwicklung von Klebstoffen mit Hochbarriereeigenschaften auf Basis nanoskaliger Hybridpolymere (BMBF)

PROJEKTÜBERSICHT

Flexibles Energieversorgungssystem für energieautarke Mikrosysteme (BMBF)

Innovative Gradientenschichten mit nanoskaligen Hybridpolymeren (BMBF)

Funktionalisierung von Vliesstoffen für die Tiefenfiltration mit wasserbasierten anorganisch-organischen Beschichtungssolen (AiF/BMBF)

Korrosionsschutz durch hybride Nanomaterialien zur Substitution Chrom(VI)-haltiger Systeme (AiF/BMBF)

Aktive Schichten für den Korrosionsschutz (MGG/FhG)

Entwicklung, Erprobung und inline-Qualitätssicherung von flexiblen Ultrabarrierefolien im Pilotmaßstab für die Anwendung in fotoelektronischen Systemen (FhG)

Saubere / leicht zu reinigende Schichten
Self-cleaning / easy-to-clean surfaces

Atmospheric Plasmas for Nanoscale Industrial Surface Processing (EU)

Erhöhung der aktiven und passiven Sicherheit von Fahrzeugen durch neuartige multifunktionelle Nanobeschichtungen (BMBF)

Herstellung von organisch-anorganischen Nanokompositbeschichtungen für Bildschirm- und Mobiltelefonoberflächen zur Selbstreinigung von Fingerabdrücken (BMBF)

Permanente Trennmittelbeschichtung auf Basis hybrider Nanokomposite (BMBF)

Innovative Plasmatechnik zur Erzeugung aktiver, hybrider Schichten (VDI/BMBF)

Hybride Nanokomposite für die elektrolytische Abscheidung (FhG)

Optisch-funktionale Schichten
Optical functional coatings

Entwicklung abriebbeständiger Antireflexschichten für hochtransparente Verglasungen im Baubereich (BMBF)

Innovative Beschichtungssysteme für optische Spezialfasern (BMBF)

T-Rex – Transparente, kratzfeste Schichten mit niedrigem refraktivem Index sowie hoher Transmission im sichtbaren, UV- und IR-Bereich (BMWI)

UV-härtbare Digitaldruckfarbe auf Hybridpolymerbasis zur Bedruckung von Glas (FhG)

Barriereschichten
Barrier coatings

Development and integration of processes and technologies for the production of organic low cost and large-area flexible Electronics (EU)

Plasmaaktivierung und plasma-unterstützte Beschichtung von Kunststoff-Folien für Anwendungen in der Elektrotechnik (BMBF)

Entwicklung der Grundlagen für eine polymere Low-Cost-Elektronik im Rahmen der marktorientierten Vorlaufforschung (FhG)

Multifunktionale Membrankissenkonstruktionen (FhG)

PROJECT OVERVIEW

Umweltmonitoring und präventive Konservierung
Environmental monitoring and preventive conservation

Climate for Culture: Damage risk assessment, macroeconomic impact and mitigation strategies for sustainable preservation of cultural heritage in the times of climate change (EU)

MEMORI: Measurement, Effect Assessment and Mitigation of Pollutant Impact on Movable Cultural Assets.

Dom zu Merseburg – Konzept der konservatorischen und restauratorischen Maßnahmen an Metallsarkophagen in der Fürstengruft des Domes zu Merseburg (KUR)

Entwicklung und modellhafte Erprobung von energetisch optimierten Schutzverglasungen für anthropogen umweltgeschädigte historische Verglasungen am Beispiel des Xantener Domes (DBU)

Wege in die Moderne – Schadenspotential von Licht auf Museumsartefakte (SAW)

Plasmatechnologie Kulturerbe: Plasmatechnologie - eine innovative Technologie zur Konservierung und Restaurierung von Kulturgütern und öffentliche Präsentation der Forschungsallianz Kulturerbe (FhG)

Entwicklung transparenter Lacke zur Konservierung von Glas, Metall, Industriedenkmälern etc.

Klimamessungen im Innen- und Außenraum (Industrie und Denkmalpflege)

Klimasimulation und Schadensanalytik für Industriekunden

Lichtdosimeter zur Bestimmung der Gesamtmenge Licht, die auf ein Objekt/Exponat fällt, z.B. während einer Museumsausstellung

Umweltmonitoring: Umweltwirkungsmessungen, »preventive conservation«, Glassensoren

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

Wissenschaftliche Vorträge

Amberg-Schwab, S.:
Nanoscale Transparent Barrier Layers.
25th OE-A Working Group Meeting,
Lohr, 8. – 9.11.2011

Bellendorf, P., Leissner, J.:
Die Erhaltung unseres kulturellen Erbes in Zeiten des SUPER GAUs, globalen Wandels und der Finanzkrise - Luxus oder Notwendigkeit?
Das grüne Museum Wien,
Wien, 7.4.2011

Bellendorf, P.:
Naturwissenschaftliche Analysen und Methoden – unnötiger Luxus oder notwendige Maßnahmen?
30. Mitteldeutsches Bau-Reko-Kolloquium »Kirchenkunst - sakrale Bauwerke und ihre Ausstattung«,
Mühlhausen, 13.4.2011

Bellendorf, P., Rota, S.:
Der Einsatz von naturwissenschaftlichen Verfahren zur Sicherung von Archivgut.
71. Südwestdeutscher Archivtag,
Kloster Bronnbach, 21.5.2011

Bellendorf, P.:
Einsatz von 3D-Scannern in der Restaurierung.
Werkstattgespräch FH Erfurt,
Erfurt, 7.12.2011

Bokelmann, K.:
Characterisation of zeolites designed for improving indoor air quality.
Deutsche Zeolith-Tagung,
Erlangen, 2. – 4.3.2011

Böse, H.:
Smart Materials und Anwendungen - Neue Möglichkeiten für die Mikrotechnik?,
Institutskolloquium, IMM,
Mainz, 24.1.2011

Böse, H.:
Electrorheological (ER) and magnetorheological (MR) fluids for suspension systems.
IQPC Fahrwerkstagung,
Düsseldorf, 15. – 16.3.2011

Böse, H.:
CeSMa - Neue Entwicklungen und Ergebnisse.
CeSMa-Workshop Smart Materials für Automobile,
Würzburg, 4.5.2011

Böse, H.:
Silicone elastomers with increased permittivity for dielectric elastomer actuators with enhanced performance.
EuroEAP - International conference on Electromechanically Active Polymer (EAP) transducers and artificial muscles,
Pisa (IT), 8. – 9.6.2011

Böse, H.:
Novel Concepts of Magnetorheological Damping.
5th ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials SMART 11,
Saarbrücken, 6. – 8.7.2011

Böse, H.:
Smart Materials zur gezielten Beeinflussung mechanischer Systeme.
Vortragsreihe am Lehrstuhl für Technische Mechanik der Universität Erlangen,
Erlangen, 12.7.2011

SCIENTIFIC PRESENTATIONS

Brunner, B.:
Intelligente Materialien für adaptronische Anwendungen.
Cluster-Treff bei pro-micron GmbH Kaufbeuren,
Kaufbeuren, 16.5.2011

Brunner, B.:
Hochtemperatur-Ultraschallwandler zur kontinuierlichen Strukturüberwachung von Dampfleitungen.
10. Dresdner Sensor Symposium,
Dresden, 5. – 7.12.2011

Dembski, S.:
Multifunctional Nanoparticles for Biomedical Applications.
Deutsch-Brasilianisches Medizin-Technik Forum,
Sankt Augustin, 11.2.2011

Dembski, S.:
Biocompatible luminescent nanoparticles on the basis of calcium phosphate.
MRS-Spring Meeting,
San Francisco, CA (USA), 25. – 29.4.2011

Dembski, S.:
Neue Wege in der Krebsforschung.
Vortragsreihe zur Gesundheitsforschung in Würzburg »Die Medizin von morgen«,
Würzburg, 8.6.2011

Dembski, S.:
Multifunctional Nanoparticles for an Integrated Microfluidic Diagnosis System.
Lab-on-a-Chip European Congress,
Hamburg, 30.6.– 1.7.2011

Domann, G.:
Sol-Gel-Materialien: Hybridpolymere und anorganische Systeme.
OTTI-Fachforum Gedruckte Elektronik,
Regensburg, 7. – 8.2.2011

Domann, G.:
Multifunktionelle hybride Barrierematerialien.
OTTI-Seminar Schutzmaßnahmen zur Klimasicherheit elektronischer Baugruppen,
Regensburg, 30. – 31.3.2011

Dörffel, M.-L.:
Werkstoff Glas.
Sitzung des Kuratoriums Kloster Steinfeld,
Steinfeld, 10.12.2011

Flegler, R.:
Glasoberfläche/Glasgrenzfläche - Spezifische Analytik-Fragestellungen.
Cluster-Treff Oberflächenanalytik von Glas,
Bayreuth, 19.7.2011

Gellermann, C.:
Verkapselung auf Basis nanoskaliger Struktureinheiten.
Chemische Nanotechnologien,
Würzburg, 14. – 15.4.2011

Günthner, M.:
Polysilazane-based environmental barrier coating system.
Engineering Ceramic.2011,
Smolenice (SK), 9.5.2011

Günthner, M.:
Composite polymer derived ceramic coating system on steel.
Euromat 2011,
Montpellier (F), 15.9.2011

Günthner, M.:
Nanokeramische Funktionsschichten auf Precursorbasis als Korrosionsschutzsystem in Müllverbrennungsanlagen.
KW21 Workshop,
Garching, 11.10.2011

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

Haas, K.-H.:
Bautenschutz – Innovative Ansätze durch Nanotechnologie.
Bau 2011,
München, 17. – 18.1.2011

Haas, K.-H.:
Hybrid inorganic-organic polymers for permeation control.
Hybrid Materials 2011,
Straßburg (F), 6. – 10.3.2011

Haas, K.-H.:
Anorganisch-organische Nanokomposite: Ex-situ- und In-situ-Verfahren.
PTS-Seminar Nanotechnologie zur funktionellen Oberflächengestaltung von Papier,
München, 12. – 13.4.2011

Haas, K.-H.:
Oberflächenveredelung durch chemische Nanotechnologien: Etablierte Anwendungen und zukünftige Möglichkeiten.
Clustermeeting Oberflächen, Nanoinitiative Bayern,
Würzburg, 25.5.2011

Haas, K.-H.:
Value chain analysis for selected nanotech applications – is Nano really special?
EuroNanoForum 2011,
Budapest (HU), 29.5. – 2.6.2011

Haas, K.-H.:
Applied R&D at Fraunhofer: Examples for commercializing chemical nanotechnologies.
NanoMaterials 2011,
London (UK), 7. – 9.6.2011

Haas, K.-H.:
Ormocere - Nanotechnologie in der Anwendung.
Bürgerdialog »Alles Nano«
Deutsches Museum, München, 20.7.2011

Haas, K.-H.:
Applied R&D at Fraunhofer: Commercializing nanotechnologies.
1st German-Turkish Workshop Commercialization of Future Nanotechnologies,
Istanbul (TR), 8.9.2011

Haas, K.-H.:
Hybrid inorganic-organic polymers as precursors for microporous inorganic hollow fiber membranes.
DFG-Abschlusskolloquium SPP 1181,
Darmstadt, 27. – 28.9.2011

Haas, K.-H.:
NANOCERAMICS Relevant Topics for EU-RUS Cooperation.
Nano-RuCer Workshop,
Brüssel (B), 25.10.2011

Haas, K.-H.:
ORMOCER®e – Nanotechnologie in der Anwendung.
Fraunhofer-Talent School,
München, 5.11.2011

Haas, K.-H.:
Polymere Nanokomposite.
IIR-Seminar,
Stuttgart, 1. – 2.12.2011

Helbig, U.:
Verkapselung von Latentwärmespeichern für Bauanwendungen.
PolymerTherm – hot & cold,
Rudolstadt, 6. – 7.9.2011

Houbertz, R.:
Tailored hybrid materials for sub-100 nm two-photon lithography and micro optical applications.
Photonics West 2011,
San Francisco (USA), 22. – 27.1.2011

SCIENTIFIC PRESENTATIONS

Houbertz, R.:
Ultra-short Laser Pulses for 3D Patterning of Hybrid Materials - a Scalable Technology for Optical and Life Science Applications.
MRS Spring Meeting 2011,
San Francisco (USA), 25. – 29.4.2011

Houbertz, R.:
Inorganic-organic hybrid materials for advanced packaging technology.
INTERREG IV B Workshop (Atlantic Area Project, Uni Aveiro),
Aveiro (PT), 24. – 25.11.2011

Kilo, M.:
On the use of a purely inorganic sealant for low-temperature sealing of ancient glass.
3. Glassac Conference,
Bronnbach, 10. – 12.5.2011

Kilo, M.:
Fügen mit Glas – Spezialglasentwicklung und Glaseigenschaften.
29. DKD/DAkkS,
Würzburg, 27.5.2011

Kilo, M.:
Neue Methoden zur Bestimmung der Viskosität von Glasschmelzen in situ.
85. Glastechnische Tagung,
Saarbrücken, 30.5. – 1.6.2011

Kilo, M.:
Herstellung und Wasseraufnahme von porösem Glaspulver.
110. Bunsentagung (Annual German Conference on Physical Chemistry),
Berlin, 2. – 4.6.2011

Kilo, M.:
Optische Materialien am Fraunhofer ISC.
DFG-Kolloquium FA-Glasforum/FA-I,
Erlangen, 4. – 6.10.2011

Kleine, M., Heidrich, C., Bellendorf, P.:
Zur Problematik korrodierter Mattweißbeschichtungen an Glasfenstern bedeutender Künstler des 20. Jahrhundert.
Stained Glass After 1920: Technology and Conservation.
Forum for the Conservation of Stained-Glass Windows,
Lissabon (PT), 26. – 28.9.2011

Konschak, A.:
Schnellsilizierung von C/C-Preformen via LSI-Verfahren.
18. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde,
Chemnitz, 30.3. – 1.4.2011

Krauß, M.:
Farbige Innenmarkierung von Glas durch Laserbestrahlung.
2. Workshop Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen,
Erlangen, 12.4.2011

Krenkel, W.:
Rapid Siliconization of C/C-Preforms.
35th International Conference on Advanced Ceramics and Composites,
Daytona Beach, FL (USA), 23. – 28.1.2011

Krenkel, W.:
Entwicklungstrends bei faserverstärkten Keramiken.
Mitgliederversammlung des Carbon Composites e.V., SGL Group Forum,
Meitingen, 11.3.2011

Krenkel, W.:
Keramische Verbundwerkstoffe – Herstellung, Einsatz und Perspektiven.
ITCF-Kolloquium,
Denkendorf, 17.5.2011

Krenkel, W.:
Design and Manufacture of Ceramic Safety Components.
4. World Materials Research Institutes Forum (WMRIF-4),
Shenyang (RC), 22. – 26.5.2011

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

Krenkel, W.:
Hochtemperatur-Leichtbau mit keramischen Werkstoffen,
Ingenieurkolloquium der Materialprüfungsanstalt MPA.
Stuttgart, 29.6.2011

Krenkel, W.:
Reactive Melt Infiltration of Carbon Fiber Preforms: Processing, Properties and Applications.
PacRim 9,
Cairns (AUS), 10. – 14.7.2011

Krenkel, W.:
Einführung in die keramischen Verbundwerkstoffe,
DGM-Fortbildungsseminar Keramische Verbundwerkstoffe,
Bayreuth, 27. – 28.9.2011

Krenkel, W.:
Hybrid Ceramic-Metal Tubes for Steam Power Plants.
Int. Symp. on Adv. Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications (ACTSEA),
Kenting (TW), 30.10. – 2.11.2011

Krenkel, W.:
Ceramic and Carbon Fiber Composites for High Performance Applications.
CICC-7 Conference,
Xiamen (RC), 4. – 7.11.2011

Langhof, N.:
Der Einfluss von freiem Silizium auf den Verschleiß keramischer C/SiC Reibbeläge.
8. Symposium: Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde,
Chemnitz, 30.3. – 1.4.2011

Langhof, N.:
Steigerung der Effizienz durch hochtemperaturbeständige keramische Beschichtungen und Verbundwerkstoffe.
VDI Fachkonferenz, Werkstoffe in der Kraftwerkstechnik,
Mannheim 6. – 7.9.2011

Leissner, J.:
The Green Museum - A Roadshow On Sustainability And Energy Efficiency In Museum, Archives And Historic Buildings.
Cultural Heritage 2011 – Science & Technologie,
Istanbul (TR), 22. – 25.11.2011

Löbmann, P.:
Innovative (multi-)functional products based on silicon precursors.
Frontiers in Silicon Chemistry 2011 – 1st Munich Forum of Functional Materials,
München, 14. – 15.4.2011

Löbmann, P.:
Antireflective coatings prepared by sol-gel processing: Principles and applications.
ECerSXII 12th Conference of the European Ceramic Society,
Stockholm (S), 19. – 23.6.2011

Löbmann, P.:
Characterization of solution derived oxide films by Ellipsometric Porosimetry (EP).
E-MRS 2011, Fall Meeting,
Warsaw (PL), 19. – 23.9.2011

Löbmann, P.:
Rolle der Viskosität bei der Herstellung von hochwertigen funktionellen Schichten.
DECHEMA-Veranstaltung »Handhabung hochviskoser Systeme«,
Eisenach, 8. – 10.11.2011

Löbmann, P.:
Grundlagen der Herstellung und Prozesse von TCOs.
5. Fachtagung mit Ausstellung: Transparent leitfähige Schichten (TCO) mit Grundlagen TCO,
Neu-Ulm, 28. – 30.11.2011

SCIENTIFIC PRESENTATIONS

Meinhardt, J.:
Kinetik der Flüssig-Silizium-Infiltration (LSI) von C/C-Preformen.
18. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde,
Chemnitz, 30.3. – 1.4.2011

Möller, K.-C.:
Hybrid Capacitors: The way to enhance the energy of Supercaps.
Battery Japan,
Tokyo (JP), 2. – 4.3.2011

Möller, K.-C.:
Batterietechnologie-Roadmap 2030.
4. Entwicklerforum Akkutechnologien der Battery University EU,
Aschaffenburg, 23. – 24.3.2011

Möller, K.-C.:
Nanomaterials and Nanocoatings for Energy Storage Applications.
MRS Spring Meeting 2011,
San Francisco (USA), 25. – 29.4.2011

Möller, K.-C.:
Technology-Roadmap for Automotive Batteries.
4th International Congress on Automotive Battery Technology,
Wiesbaden, 9. – 11.5.2011

Möller, K.-C.:
Grundlagenvortrag: Lithiumakkumulatoren.
OTTI-Fachforum »Wiederaufladbare Batteriesysteme«,
Ulm, 11. – 12.5.2011

Möller, K.-C.:
Konzeptstudien für neuartige Lithium-Ionen-Zellen auf der Basis von Werkstoff-Innovationen.
LIB2015 BMBF Innovationsallianz,
Ulm, 11. – 13.5.2011

Möller, K.-C.:
Novel Material concepts for Electrochemical Energy Storage Systems – A Roadmap for Lithium-Ion Batteries until 2030.
5. Statusmeeting der DFG Forschungsinitiative »Funktionsmaterialien und Materialanalytik zu Lithium-Hochleistungsbatterien«,
Münster, 5. – 7.9.2011

Möller, K.-C.:
Batteries 2030: A Roadmap.
Batteries 2011,
Cannes Mandelieu (F), 28. – 30.9.2011

Möller, K.-C.:
Batterien für die Elektromobilität.
Mobilität der Zukunft – Die Rolle der Kunststoffe,
Würzburg, 16. – 17.11.2011

Nöth, A.:
Development of precursor-derived ceramic fibers.
50th Dornbirn Man-Made Fibers Congress,
Dornbirn, 14. – 16.9.2011

Ostertag, R.:
Sustainable Use of Resources.
Fraunhofer-Symposium Tokyo: Green Technology made in Germany: Efficient Use of Energy and Resources,
Tokyo (JP), 9.11.2011

Popall, M.:
Inorganic-Organic Hybrids – ORMOCER®s – multifunctional materials for cost reduction and better performance of processing.
Hybrid Materials 2011,
Straßburg (F), 6. – 10.3.2011

Popall, M.:
Inorganic-Organic Class II Sol-Gel Hybrids – ORMOCER®s – Multifunctionality for Tuning of Properties and Better Processing.
EUROMAT 2011,
Montpellier (F), 12. – 15.9.2011

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

Popall, M.:
Japan im Netz: Nanoskalige Hybridmaterialien für Mikrosysteme und Photonik.
Fraunhofer-Symposium Netzwerk 2011,
München, 28. – 29.11.2011

Probst, J.:
Luminescent nanoparticles in medical diagnostics.
Molecular Diagnostics Europe,
London (UK), 18. – 19.5.2011

Probst, J.:
Regenerative Medizin – neue Therapieformen mit neuen Werkstoffen.
Vortragsreihe zur Gesundheitsforschung in Würzburg »Die Medizin von morgen«,
Würzburg, 29.9.2011

Raether, F.:
Energie- und Kostenreduktion bei Wärmebehandlung von Keramiken.
DKG Jahrestagung,
Saarbrücken, 28. – 30.3.2011

Raether, F., Diegeler, A.:
Messung von Glaseigenschaften bei hohen Temperaturen mit thermooptischen Methoden.
85. Glastechnische Tagung,
Saarbrücken, 30.5. – 1.6.2011

Raether, F.:
Progress in modelling of microstructure.
OPTIMAC Meeting,
Risøe (DK), 7. – 8.11.2011

Römer, M.:
Querschnitte mit einem breiten Ar-Ionenstrahl für REM-Analysen-Artefakte an porösen, inhomogenen und temperaturempfindlichen Materialien.
45. Metallographie-Tagung,
Karlsruhe, 14. – 16.9.2011

Rota, S.:
Impulsvortrag Forschungsinstitut.
85. Glastechnische Tagung,
Saarbrücken, 30.5. – 1.6.2011

Rota, S.:
Das IZKK.
Kulturtouristische Netzwerke -Chancen für Regionalentwicklung und weibliches Unternehmertum,
Bronnbach, 14.10.2011

Rota, S.:
The International Convention Centre for Cultural Heritage Preservation - A Competence Centre to Revitalise the Bronnbach Monastery, an Utilisation Concept.
Congress: Cultural Heritage 2011 - Science & Technology,
Istanbul (TR), 22. – 25.11.2011

Schmitt, V., Staab, T.:
Influence of Co and Cu Doping on the Lead-free Piezoceramic Bismuth Sodium Titanate.
International Conference on Electroceramics,
Sydney (AUS), 12. – 16.12.2011

Schottner, G.:
Surface Modifications via Sol-Gel Technology.
Workshop Hygiene von Geräteoberflächen,
Lübeck, 26.1.2011

Schottner, G.:
Sol-Gel Technology and Corrosion Protection.
Material Expert Circle,
Augsburg, 2.3.2011

SCIENTIFIC PRESENTATIONS

Schottner, G.:
Nachweis und Bedingungen einer prozesssicheren Silanisierung von Schleifkorn.
Jahrestagung der Forschungsgemeinschaft Schleiftechnik,
Würzburg, 24.3.2011

Schottner, G.:
CO_2 – Paradigmenwechsel vom Treibhausgas zum Rohstoff.
Kraftwerksforum Staudinger,
Hanau, 16.9.2011

Schottner, G.:
Multifunktionsschichten.
Materialforum Materials Valley e.V.,
Hanau, 17.10.2011

Sextl, G.:
Gehen uns die Rohstoffe aus? Wie knapp sind die Hightech-Rohstoffe wirklich?
BME-Forum Rohstoffe und Hightech-Metalle,
Frankfurt, 6. – 7.10.2011

Sextl, G.:
Wie können Chemie und Edelmetalle Ressourcen schonen und erneuerbare Energien effizienter machen?
Heraeus-Technologieforum 2011,
Hanau, 30.11.2011

Somorowsky, F.:
Herstellung und Wasseraufnahme von nanoporösem Glas.
85. Glastechnische Tagung,
Saarbrücken, 30.5. – 1.6.2011

Sporn, D.:
Smart Materials.
FMF-Kolloquium 2011,
Freiburger Materialforschungszentrum,
Freiburg, 17. – 18.10.2011

Staab, T.:
The Effect of Mg-Doping on the Sintering of Al_2O_3 Ceramics.
12th Conference of the European Ceramic Society ECerS XII,
Stockholm (S), 19. – 23.6.2011

Staab, T.:
Applications of Positron Micro-Beams for the Prediction of Fatigue Failure.
Positron Studies of Defects 2011,
Delft (NL), 28.8. – 2.9.2011

Staab, T., A., Müller, J., Winkler, D., Diegeler, A.:
New Development in Thermo-Optical-Measurement Devices.
EURO PM2011 Congress & Exhibition,
Barcelona (E), 9. – 12.10.2011

Wittstadt, K.:
The corrosion phenomenon of internal fractures on stained glass windows - An analysis and conservation study.
3rd GLASSAC-Conference »Glass Science in Art and Conservation 2011«,
Bronnbach, 10. – 12.5.2011

Wolter, H.:
Forschung mit Biss: Bezahlbare und hochwertige zahnmedizinische Versorgung für jedes Alter.
Vortragsreihe zur Gesundheitsforschung in Würzburg »Die Medizin von morgen«,
Würzburg, 13.10.2011

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN

Poster

Andersen, H.:
Quaternary lithium metallate as a new class of anode materials for lithium-ion batteries.
E-MRS Bilateral Conference on Energy,
Nizza (F), 9. – 13.5.2011

Bellendorf, P.:
Between glass and science: Interdisciplinary projects for preserving our vitreous cultural heritage.
3rd GLASSAC-Conference »Glass Science in Art and Conservation 2011«,
Bronnbach, 10. – 12.5.2011

Beyer, M.:
A novel photo-curable biodegradable hybrid polymer.
DGM Euro BioMat,
Jena, 13. – 14.4.2011

Bokelmann, K., Glaubitt, W., Halbhuber, A, Sextl, G., Gunschera, J., Markewitz, D., Fuhrmann, F., Salthammer, T.:
Zeolites in building products for improving indoor air quality.
9th International Symposium on Characterization of Porous Solids (IX COPS 2011),
Dresden, 5. – 9.6.2011

Böse, H.:
Dielectric elastomer actuator with enhanced permittivity and strain.
SPIE Smart Structures/NDE,
San Diego (USA), 6. – 10.3.2011

Dembski, S.:
ORMOBEAD® – New Generation of Multifunctional Particle Systems for Diagnostics and Therapy.
Life Science Forum 2011,
Garching b. München, 23. – 24.3.2011

Dembski, S.:
New Generation of Multifunctional Particle Systems for Diagnostics and Therapy.
Molecular Diagnostics Europe Conference,
London (UK), 18. – 19.5.2011

Gunschera, J., Markewitz, D., Fuhrmann, F., Salthammer, T., Bokelmann, K., Glaubitt, W., Halbhuber, A, Sextl, G.:
Zeolites as additives to building products for improving indoor air quality.
9th International Symposium on Characterization of Porous Solids (IX COPS 2011),
Dresden, 5. – 9.6.2011

Gunschera, J., Salthammer, T., Markewitz, D., Thole, V., Bokelmann, K., Halbhuber, A., and Sextl, G.:
Application of Zeolites for the Removal of Indoor Air Pollutants.
Indoor Air 2011,
Austin, Texas (USA), 5. – 10.6.2011

Langhof, N.:
The Potential of C-Short Fibre Reinforced Ceramics for Emergency Brake Applications.
European Symposium on Friction, Wear, Wear Protection and Related Areas,
Karlsruhe, 26. – 28.10.2011

Milde, M.:
Preparation of luminescent inorganic core/shell structured nanoparticles.
MRS-Spring Meeting,
San Francisco, CA (USA), 25. – 29.4.2011

Obel, K., Beyer, M., Stichel, T. Houbertz, R., Sextl, G.:
Application of anhydrides in biodegradable hybrid polymers for biomedical purposes.
DGM Euro BioMat (European Symposium on Biomaterials and Related Areas),
Jena, 13. – 14.4.2011

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Oertel, T.:
Spray Drying of Silica Nanoparticles for Ultra-High Performance Concrete.
Produktgestaltung in der Partikeltechnologie,
Pfinztal, 19. – 20.5.2011

Probst, J.:
Präsentation zum Verbundprojekt MagElan.
WING-Konferenz 2011,
Berlin, 4. – 5.10.2011

Rupp, S.:
Functionalized Nanoparticles for Ferroelectric and Piezoelectric Devices.
Second International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials,
Straßburg (F), 6. – 10.3.2011

Seyfried, M., Wolter, H., Nique, S., Häusler, F., Maletz, R., Krumm, W.:
Novel Acid Functionalized Inorganic-Organic Hybrid Polymers (ORMOCER®s) as Self-Etching Adhesive for Dental Applications.
Hybrid Materials 2011,
Straßburg (F), 6. – 10.3.2011

Staab, T.:
Natural Ageing of Al-Cu-Mg – Revisited from a Local Perspective.
ECAA 2011,
Bremen, 5. – 7.10.2011

Stichel, T.:
Fabrication of large-scale scaffolds for the regenerative medicine by two-photon polymerization.
Photonics West 2011,
San Francisco (USA), 22. – 27.1.2011

Troetschel, D.:
Photopatternable Piezoelectric 0-3 Composites for Microsystems Technology.
Hybrid Materials 2011,
Straßburg (F), 6. – 10.3.2011

Tagungsbände
Proceedings

Bellendorf, P.:
Naturwissenschaftliche Analysen und Methoden – Unnötiger Luxus oder notwendige Maßnahmen?.
Tagungsband: 30. Mitteldeutsche Baureko-Kolloquium,
Mühlhausen

Bokelmann, K., Glaubitt, W., Halbhuber, A, Sextl, G., Gunschera, J., Markewitz, D., Fuhrmann, F., Salthammer, T.:
Zeolites in building products for improving indoor air quality.
Tagungsband 9th Int. Symp. on Characterization of Porous Solids (IX COPS 2011), Dresden

Bokelmann, K., Glaubitt, W., Halbhuber, A., Sextl, G., Gunschera, J., Markewitz, D., Fuhrmann, F., Salthammer, T.:
Characterisation of zeolites designed for improving indoor air quality.
Tagungsband 23. Deutsche Zeolith-Tagung, Erlangen

Brunner, B.:
Hochtemperatur-Ultraschallwandler zur kontinuierlichen Strukturüberwachung von Dampfleitungen.
Tagungsband 10. Dresdner Sensor Symposium (2011)

Dahlin, E., Grontoft, T., Lopez-Aparicio, S., Bellendorf, P., Schieweck, A., Drda-Kühn, K., Colombini, M.P., Bonaduce, I., Vandenabeele, P., Larsen, R., Potthast, A., Marincas, O., Thickett, D., Odlyha, M., Andrade, G., Hackney, S., McDonagh, C.:
The Memori technology for movable cultural assets.
European Workshop on Cultural Heritage Preservation EWCHP 2011, ISBN 978-8167-8560-6 (2011) 34-39

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN

Glaubitt, W., Löbmann, P.:
Antireflective coatings prepared by sol-gel processing: Principles and applications.
J. Eur.Cer.Soc. Extended Proceedings ECerSXII 12th Conference of the European Ceramic Society
Gunschera, J., Markewitz, D., Thole, V., Salthammer, T., Bokelmann, K., Glaubitt, W., Halbhuber, A., Sextl, G.:
Zeolites as additives to building products for improving the indoor air quality.
Tagungsband 9th Int. Symp. on Characterization of Porous Solids (IX COPS 2011), Dresden

Gunschera, J., Salthammer, T., Markewitz, D., Thole, V., Bokelmann, K., Halbhuber, A., and Sextl, G.:
Application of Zeolites for the Removal of Indoor Air Pollutants.
Tagungsband Indoor Air 2011

Haas, K.-H.:
Anorganisch-organische Nanokomposite: ex-situ und in-situ Verfahren.
Tagungsband PTS-Seminar 2011

Haas, K.-H.:
Value chain analysis for selected nanotech applications – is Nano really special?
Tagungsband EuroNanoForum 2011

Haas, K.-H.:
Applied R&D at Fraunhofer: Examples for commercializing chemical nanotechnologies.
Tagungsband NanoMaterials 2011

Konschak, A.; Krenkel, W.:
Schnellsilicierung von C/C-Preformen via LSI-Verfahren.
Tagungsband 18. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Schriftreihe Werkstoffe und werkstofftechnische Anwendung, Band 041, Eigenverlag, Chemnitz, Wielage, B. (Hrsg.) (2011) 172-177

Kilo, M.:
Neue Methoden zur Bestimmung der Viskosität von Glasschmelzen in situ.
Tagungsband und online im geschützten Bereich der DGG zur 85. Glastechnischen Tagung

Leissner, J., Kilian, R.:
Modelling climate change impact on cultural heritage – The European project Climate for Culture.
European Workshop on Cultural Heritage Preservation EWCHP (2011) 9-13

Popall, M.:
Inorganic-Organic Class II Sol-Gel Hybrids – ORMOCER®s – Multifunctionality for Tuning of Properties and Better Processing.
Tagungsband EUROMAT 2011, nur CD-ROM A42-0-1-1-K

Raether, F., Krauss, M., Diegeler, A., und Kilo, M.:
Messung von Glaseigenschaften bei hohen Termperaturen mit thermooptischen Methoden.
Tagungsband zur 85. Glastechnischen Tagung

Römer, M., Seel, H., Meinhardt, J.:
Querschnitt mit einem breiten Ar-Ionenstrahl für REM-Analysen – Artefakte an porösen, inhomogenen und temperaturempfindlichen Materialien.
Tagungsband der Materialographie-Tagung 2011

Somorowsky, F.:
Herstellung und Wasseraufnahme von nanoporösem Glas.
Tagungsband und online-Veröffentlichung im geschützten Bereich der DGG zur 85. Glastechnischen Tagung

Wittstadt, K.:
The corrosion phenomenon of internal fractures on stained glass windows – An analysis and conservation study.
GLASSAC11 Glass Science in art and conservation
ISBN 978-3-8396-0255-3 (2011) 63-65

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Zhang-Lin Zhou, Michael Popall, Clement Sanchez, Jian Pei (Editors):
Electronic Organic and Inorganic Hybrid Nanomaterials – Synthesis Device Physics and their Applications.
MRS Symposium Proceedings 2011 MRS Spring Meeting San Francisco

Wissenschaftliche Veröffentlichungen
Scientific Publications

Aggogeri, F., Al-Bender, F., Brunner, B., Elsaid, M., Mazzola, M., Merlo, A., Riccardi, D., de la O Rodriguez, M., Salvi, E.:
Design of piezo-based AVC system for machine tool applications.
Mechanical Systems and Signal Processing 7 (2011) online

Bellendorf, P.:
Risiken frühzeitig erkennen – Einsatz von Dosimetern zur Verifizierung von musealen Lager- und Aussstellungsbedingungen.
Restauro – Forum für Restauratoren, Konservatoren und Denkmalpfleger 7 (2011) 43-47

Bittner, A., Jahn, R., and Löbmann, P.:
TiO_2 thin films on soda-lime and borosilicate glass prepared by sol-gel processing: influence of the substrates.
J. SolGelSci Technol. 58 (2011) 400-406;
DOI 10.1007/s10971-011-2406-y

Bittner, A., Schmitt, R. Jahn, and P. Löbmann:
Characterization of stacked sol-gel films: Comparison of results derived from SEM, UV-Vis spectroscopy and ellipsometric porosimetry.
Thin Solid Films (2011) 1880-1884

Dembski, S.; Milde, M.; Gellermann, C.; Dyrba, M.; Schweizer, S., Klockenbring, T.:
Effect of pH on the Synthesis and Properties of Luminescent SiO_2/Calcium Phosphate:EU^{3+} Core/Shell Nanoparticles.
Langmuir 27(23) 14025-14032

Duluard, S., Celik-Cochet, A., Saadeddin, I., Labouret, A., Campet, G., Schottner, G., Posset, U. and Delville, M.-H.:
Electrochromic devices based on in situ polymerised EDOT and Prussian Blue: influence of transparent conducting oxide and electrolyte composition – towards up-scaling.
New J. Chem 35 (2011) 2314-2321

Glaubitt, W., Löbmann, P.:
Anti-soling effect of porous SiO_2 coatings prepared by sol-gel processing.
Journal of Sol-Gel Science and Technologie 59 No. 2 (2011) 239-244

Götzendörfer, S., Löbmann, P.:
Influence of single layer thickness on the performance of undoped and Mg-doped $CuCrO_2$ thin films by sol-gel processing.
Journal of Sol-Gel Science and Technologie 57 (2011) 157-163

Haas, K.-H.:
The small science.
Public Service Review: European Science and Technology Vol. 11 (2011) 109

Haas, K.-H.:
Nanotechnologien für Oberflächen: Schützen und multifunktionell ausrüsten.
Nanotechnologie Aktuell 11, Alpha-Verlag 4 (2011) 12-14

Hajzeri, M., Colovic, M., Surca-Vuk, A., Posset, U., Orel, B.:
Semi-solid gel electrolytes for electrochromic devices.
Materiali in tehnologije / Materials and technology 45 (2011) 433-438

Hajzeri, M., Surca-Vuk, A., Slemenik Perse, L., Colovic, M., Herbig, B., Posset, U., Krzmanc, M. and Orel, B.:
Sol-gel vanadium oxide thin films for a flexible electronically conductive polymeric substrate.
Solar Energy Materials & Solar Cells (2011) online

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN

Houbertz, R.:
Ultra-short Laser Pulses for 3D Patterning – Enabler for Optical and Life Science Applications.
Photonics in Germany 2011 (2011) 50-51

Krenkel, W.:
Technische Keramik. Handbuch Leichtbau
(Eds.: F. Henning, E. Moeller),
Hanser-Verlag, München (2011) 395-411

Krüger, R., Löbmann, P.:
Controlling Crystallization and Sintering of Al_2O_3-YAG Fibers by Atmospheric Conditions.
Journal of American Ceramic Society 94 (2011) 1563-1567

Langhof, N.; Spatz, C.; Günthner, M.; Voigt, R.; Motz, G.; Krenkel, W.:
Steigerung der Effizienz durch hochtemperaturbeständige keramische Beschichtungen und Verbundwerkstoffe, VDI-Fachkonferenz Werkstoffe in der Kraftwerkstechnik,5.le, K. (Hrsg.), VDI Wissensforum (2011) 121-138

Moeller, K.-C.:
The Future of Rechargeable Battery Technologies.
ATZ autotechnology 11 – 3 (2011) 44-48

Moeller, K.-C.:
Zukunft der Akkutechnologien.
ATZ elektronik 3 (2011) 8-13

Nöth, A.:
Entwicklung von SiC-Monofilamenten.
Beitrag zum Jahresbericht der Bayerischen Forschungsstiftung 2011

Platte, D., Helbig, U., Houbertz, R., Sextl, G.:
Localization of critical molar ratio intervals for highly branched step-growth Michael addition networks.
Macromolecules, 6/2011 online / Macromolecules 44 (13) 44 (2011) 5123-5126

Probst, J; Dembski, S.; Milde, M.; Rupp, S.:
Luminescent nanoparticles and their use for in vitro and in vivo diagnostics.
Expert Review of Molecular Diagnostics 12 (2011) 49-64

Raether, F.:
Energy and cost reduction with heat treatment of ceramics.
cfi 6 (2011)

Rota, S.:
Glass Sciene in Art and Conservation
Die GLASSAC 11.
RESTAURO 5 (2011) 5

Rothe, H., Glöss, D., Frach, P., Rose, K., Kron, J. and Liefeith, K.:
Anti-infective coatings based on dispersed TiO_2 nanoparticles in polymer matrices.
European Cells and Materials 21 (2011) 75

Zirkl, M.; Sawatdee, A.; Helbig, U.; Krause, M., Scheipl, G.; Kraker, E.; Andersson Ersman, P.; Nilsson, D.; Platt, D.; Bodö, P.; Bauer, S.; Domann, G.; and Stadlober, B.:
An All-Printed Ferroelectric Active Matrix Sensor Network Based on Only Five Functional Materials Forming a Touchless Control Interface.
Advanced Materials 23 (2011) 2069-2074

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Bachelor-Arbeiten
Bachelor's theses

Emmert, Martin:
Microwave synthesis and characterization of nano-zeolite L.
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Schuster, Christian:
Implementierung eines Steuerungsprogramms und Erweiterung der Sicherheitseinrichtungen für eine Harzinjektionsanlage.
Fachhochschule Jena

Master-Arbeiten
Master's theses

Geuder, Bernhard:
Glaslote für den Randverbund von Smart Windows.
Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg

Musialek, Matthias:
Charakterisierung magnetorheologischer Materialien auf Basis von Flüssigsilikonkautschuk.
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Rawinski, Thorsten:
Die organische Modifizierung von Siliconmaterialien sowie die Herstellung neuartiger polarer Silicone.
Fachhochschule Amberg-Weiden

Süß, Gerald:
Entwicklung eines Blei-Lamellenfilters zur Verbesserung der Bilderfassung bei der Computer Tomografie.
Hochschule Hof

Walda, Christian:
Entwicklung einer hochtemperaturstabilen magnetorheologischen Flüssigkeit.
Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg

Wimmer, Annette:
Einfluss der lokalen Faserorientierung auf die Biegefestigkeit kurzfaserverstärkter Werkstoffe.
Hochschule Hof

Diplomarbeiten
Diploma theses

Belabbes, Abdelhalimhafid:
Weiterführende Untersuchungen an dielektrischen Lautsprechern.
Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Chown-Falk, Zarah:
Struktur-Eigenschafts-Beziehung optischer Hybridpolymere für die Datenübertragung.
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Eidel, Peter:
Konstruktion und Aufbau eines adaptiven Tilgers auf Basis von Smart Materials.
Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Ernstberger, Annika:
Entwicklung einer Hüft-Endoprothese aus CMC-Werkstoffen.
Universität Bayreuth

Hartung, Sascha:
Konstruktion und Aufbau eines hydrodynamischen Dämpfers mit einem magnetorheologischen Material als Steuermedium.
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

Hofmann, Florian:
Aufbau und Untersuchung von dielektrischen Elastomeren (DES).
Hochschule Würzburg-Schweinfurt

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN

Jaufmann, Nicolai:
Entwicklung, Konstruktion, Aufbau und Prüfung einer magnetorheologischen Dichtung im Vergleich zu konventionellen Dichtungstypen.
Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Kohl, Evelyn:
Schwingungsdämpfung an CFK-Elementen mit integrierten Elastomerfolien und applizierten Piezowandlern für Anwendungen in der Robotik.
Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Köstler, Christine:
Herstellung oxidkeramischer CMC-Bauteile über das Wickelverfahren – Weiterentwicklung des Verfahrens in Bezug auf Werkstoff- und Bauteileigenschaften.
Universität Bayreuth

Leweling, Florian:
Simulation von Warmpressprozessen zur Herstellung von CFK-Körpern aus Gewebeprepregs.
Universität Bayreuth

Schindler, Martin:
Herstellung und Charakterisierung von faserverstärkten Keramiken auf der Basis von Si-Polymeren.
Universität Bayreuth

Schipper, Tim:
Aufbau und Untersuchung von dielektrischen Elastomeraktoren (DEA).
Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Stender, Benedikt:
Untersuchung zur Formgebung gedruckter Mikrolinsen.
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Tucher, Nico:
Aufbau einer Strukturierungsanlage zur großflächigen Herstellung hybridpolymerer 3D-Strukturen mittels Zwei-Photonen-Polymerisation.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Weber, Daniel:
Konstruktion und Aufbau eines adaptiven Widerstandsgebers auf Basis von Magnetorheolotischen Flüssigkeiten für die Anwendung in einem Fitness- / Rehagerät.
Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Yunai, Pu:
Modellierung einer CMC Turbinenschaufel
TU Clausthal

Dissertationen
Doctoral theses

Declerck, Pelagie:
Synthesis and technological processing of hybrid inorganic-organic materials for photonic applications.
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Reichert, Yanina:
Entwicklung neuartiger elektrorheologischer Flüssigkeiten auf Polyurethan-Basis mit verbesserter elektrorheologischer Aktivität.
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

© Bücherturm, Katharina Wieland Müller, pixelio.de

PATENTE

Amberg-Schwab, S.; Burger, A.; Weber, U.; Xalter, R.; Nique, S.
Lacke mit Sauerstoff-Indikatorfunktion zum Beschichten oder Verkleben sowie damit hergestellte Produkte
EP 2295476 A2 Offenlegungstag 2011/03/16

Amberg-Schwab, S.; Weber, U.; Noller, K.; Miesbauer, O.
Hochbarrierenverbunde und Verfahren zu ihrer Herstellung
WO-EP 2361288 A1 Offenlegungstag 2011/08/31

Amberg-Schwab, S.; Weber, U.; Noller, K.; Miesbauer, O.
High-barrier composites and method for the production thereof
KR 10-2011-0098960 Offenlegungstag 2011/09/02

Amberg-Schwab, S.; Weber, U.; Noller, K.; Miesbauer, O.
Hochbarrierenverbunde und Verfahren zu ihrer Herstellung
EP 2272928 A1 Offenlegungstag 2011/01/12

Ballweg, Th.; Gellermann, C.; Hanselmann, D.; Probst, J.
Mikroverkapselung von Substanzen mit Hilfe lichthärtender anorganisch-organischer Hybridpolymere
DE 10-2009-019370 A1 Offenlegungstag 2011/01/27

Ballweg, Th.; Nique, S.
Dialkoxy- or Dihydroxyphenyl Radicals Containing Silanes, Adhesives Produced Therefrom and Method for Producing Silanes and Adhesives
U 2011/0288252 A1 Offenlegungstag 2011/11/24

Ballweg, Th.; Nique, S.
Dialkoxy- oder Dihydroxyphenylreste entaltende Silane, daraus hergestellte Klebstoffe sowie Verfahren zur Herstellung der Silane und der Klebstoffe
EP 2356126 A1 Offenlegungstag 2011/08/17

Böse, H.; Ehrlich, J.
Schaltbare magnetorheologische Drehmoment- oder Kraftübertragungsvorrichtung, deren Verwendung sowie magnetorheologische Drehmoment- oder Kraftübertragungsverfahren
EP 2394068 A1 Offenlegungstag 2011/12/14

Böse, H.; Hesler, A.; Monkmann, G.
Magnetorheologische Kompositmaterialien mit hartmagnetischen Partikeln, Verfahren zu deren Herstellung sowie deren Verwendung
EP 2160741 B1 Erteilungstag 2011/08/17

Böse, H.; Röder, R.
Magnetorheologische Elastomere und deren Verwendung
EP 1782438 B1 Erteilungstag 2011/05/18

Böse, H.; Trendler, A.-M.
Magnetorheological materials having a high switching factor and use thereof
US 7897060 B2 Erteilungstag 2011/03/01

Clade, J.; Rüdinger, A.; Sporn, D.
Polysilan-Polycarbosilane mit reduziertem Kohlenstoffgehalt auf Basis von Methylchlorpolysilanen sowie daraus hergestellter Keramiken
DE 10-2009-056371 A1 Offenlegungstag 2011/07/14

Clade, J.; Rüdinger, A.; Sporn, D.
Polysilan-Polycarbosilane mit reduziertem Kohlenstoffgehalt auf Basis von Methylchlorpolysilanen sowie daraus hergestellter Keramiken
W 2011/064174 A1 Offenlegungstag 2011/06/03

Clade, J.; Spaniol, H.; Rüdinger, A.; Sporn, D.; Ziegler, H.
Spritzgiessverfahren für Kondensationsharze und Vorrichtung für das Verfahren
DE 10-2010-007780 A1 Offenlegungstag 2011/08/18

PATENTS

Clade, J.; Spaniol, H.; Rüdinger, A.; Sporn, D.; Ziegler, H.
Spritzgiessverfahren für Kondensationsharze und Vorrichtung für das Verfahren
EP 2357070 A1 Offenlegungstag 2011/08/17

Durschang, B. R.; Probst, J.; Thiel, N.; Bibus, J.; Vollmann, D.; Schusser U.
Lithiumdisilikat-Glaskeramik, Verfahren zu dessen Herstellung und Verwendung
DE 10-2009-060274 A1 Offenlegungstag 2011/06/30

Durschang, B. R.; Probst, J.; Thiel, N.; Bibus, J.; Vollmann, D.; Schusser U.
Lithiumdisilikat-Glaskeramik, Verfahren zu dessen Herstellung und Verwendung
W 2011/076422 A8 Offenlegungstag 2011/06/30

Fröhlich, L.; Cochet, S.; Popall, M.; Houbertz-Krauss, R.; Kondo, N.; Hayashi, T.
Condensation products of silicic acid derivatives and optical waveguide devices using the same
EP 1979398 B1 Erteilungstag 2011/04/13

Glaubitt, W.; Probst, J.
Use of a coated, transparent substrate for influencing the human psyche
CN 101970047 A Offenlegungstag 2011/02/09

Götzendörfer, St.; Löbmann, P.
Sol und Verfahren zur Herstellung einer kristallinen Mischoxidschicht, Substrat mit Mischoxidschicht sowie Verwendung hiervon
DE 10-2010-021921 A1 Offenlegungstag 2011/12/01

Götzendörfer, St.; Löbmann, P.
Sol und Verfahren zur Herstellung einer kristallinen Mischoxidschicht, Substrat mit Mischoxidschicht sowie Verwendung hiervon
W 2011/147548 A1 Offenlegungstag 2011/12/01

Götzendörfer, St.; Löbmann, P.; Kapuschinski, M.
Sol and method for the production of a delafossite mixed-oxide coating structure on a substrate, and a substrate coated with mixed oxide
WO-EP 2313540 A1 Offenlegungstag 2011/04/27

Herbig, B.; Schottner, G.
Nanoparticular titanium dioxide particles with a crystalline core, a metal-oxide shell and an outer skin containing organic groups, and method for the manufacture thereof
U 2011/0259244 A1 Offenlegungstag 2011/10/27

Herbig, B.; Schottner, G.
Nanopartikuläre Titandioxid-Partikel mit kristallinem Kern, einer Schale aus einem Metalloxid und einer Aussenhaut, die organische Gruppen trägt, sowie Verfahren zu deren Herstellung
WO-EP 2367762 A1 Offenlegungstag 2011/09/28

Houbertz-Krauß, R.; Beyer, M.; Probst, J.; Stichel, Th.
Verfahren zum Erzeugen biologisch verträglicher, dreidimensionaler Gegenstände oder Oberflächen durch Laser-Bestrahlung, solche Gegenstände, deren Verwendung sowie Ausgangsmaterialien für das Verfahren
W 011/098460 A1 Offenlegungstag 2011/08/18

Houbertz-Krauß, R.; Beyer, M.; Probst, J.; Stichel, Th.
Verfahren zum Erzeugen biologisch verträglicher, dreidimensionaler Gegenstände oder Oberflächen durch Laser-Bestrahlung, solche Gegenstände, deren Verwendung sowie Ausgangsmaterialien für das Verfahren
EP 2357186 A1 Offenlegungstag 2011/08/17

Houbertz-Krauß, R.; Domann, G.; Schmitt, A.; Popall, M.; Stadlober, B.; Haas, U.; Haase, A.
Semi-conductor component, method for the production thereof and use of inorganic-organic hybrid polymers for producing semi-conductor components
US 8017973 B2 Erteilungstag 2011/09/13

PATENTE

Houbertz-Krauß, R.; Sextl, G.; Helbig, U.; Platte, D.; Punnoose, A.
Verfahren zum Verkapseln von Latentwärmespeichermaterialien sowie damit erhaltene Produkte
EP 2268390 B1 Erteilungstag 2011/11/23

Houbertz-Krauß, R.; Stichel, Th.; Steenhusen, S.
Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung dreidimensionaler Strukturen
DE 10-2010-020158 A1 Offenlegungstag 2011/11/17

Houbertz-Krauß, R.; Stichel, Th.; Steenhusen, S.
Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung dreidimensionaler Strukturen
W 2011/141521 A1 Offenlegungstag 2011/11/17

Houbertz-Krauß, R.; Trötschel, D.
Verfahren zur Herstellung strukturierter Oxid-Dünnschichten über Vorstufen aus organisch vernetzten oder organisch vernetzbaren metallorganischen Verbindungen sowie diese Vorsturfen selbst
DE 10-2010-021466 A1 Offenlegungstag 2011/12/01

Lommatzsch, U.; Amberg-Schwab, S.; Weber, U.
Coating methods using plasma jet, substrates coated thereby and plasma coating apparatus
EP 2279801 A1 Offenlegungstag 2011/02/02

Popall, M.; Olsowski, B.-E.; Cochet, S.
Mit einem organisch modifizierten (Hetero-)Kieselsäurepolykondensat beschichtete, einen metallischen, zur Wasserstoffspeicherung geeigneten Kern enthaltende Partikeln, damit hergestellte Batterien sowie Verfahren zu deren Herstellung
DE 10-2009-036945 A1 Offenlegungstag 2011/03/24

Popall, M.; Olsowski, B.-E.; Cochet, S.
Mit einem organisch modifizierten (Hetero-) Kieselsäure¬polykondensat beschichtete, einen metallischen, zur Wasserstoffspeicherung geeigneten Kern enthaltende Partikeln, damit hergestellte Batterien sowie Verfahren zu deren Herstellung
WO 11/000828 A1 Offenlegungstag 2011/01/06

Rose, K.; Haas, K.-H.
Anorganisch/organische Polysiloxanhybridpolymere und ihre Verwendung
DE 19853971 B4 Erteilungstag 2011/01/26

Rüdinger, A.; Clade, J.; Spaniol, H.; Sporn, D.
Polysilan-Polycarbosilane mit reduziertem Chlorgehalt basierend auf Methylchlorpolysilanen sowie daraus hergestellte Spinnmassen und keramische Formkörper
WO-EP 2361275 A1 Offenlegungstag 2011/08/31

Schottner, G.
Easy-to-clean, mechanically stable coating for metallic surfaces
CN 101356244 B Erteilungstag 2011/06/15

Schottner, G.; Posset U.; Ford, D.; Deliso, E.
Mechanisch stabile, leicht zu reinigende Beschichtung für verchromte Oberflächen mit erhöhter Chemikalienbeständigkeit
EP 1979428 B1 Erteilungstag 2011/02/23

Sporn, D.; Hartmann, W.; Ostertag, R.; Meinhardt, J.; Krauß, M.
Verfahren zur Herstellung eines vakuumdichten Verbundes zwischen einer Glasscheibe und einem Metallrahmen sowie Glasscheibenverbund
WO-EP 2285748 A1 Offenlegungstag 2011/02/23

Uebe, J.; Böse, H.; Reichert, Y.
Elektrorheologische Flüssigkeit mit organischen Dotierstoffen sowie Verwendung davon
DE 10-2009-048825 A1 Offenlegungstag 2011/04/14

PATENTS

Uebe, J.; Böse, H.; Reichert, Y.
Elektrorheologische Flüssigkeit mit organischen Dotierstoffen sowie Verwendung davon
WO 2011/042117 A1 Offenlegungstag 2011/04/14

Uebe, J.; Seider, E.; Gaul, S.; Böse, H.
Sedimentationsstabile Dispersion, Verfahren zur Herstellung sowie deren Verwendung
EP 2016117 B1 Erteilungstag 2011/04/06

Wolter, H.
Silane and silicic acid polycondensates with radicals containing branched-chain urethane, acid amide and/or carboxylic acid ester groups
AU 2004/283881 Erteilungstag 2011/11/17

Wolter, H.
Silane and silicic acid polycondensates with radicals containing branched-chain urethane, acid amide and/or carboxylic acid ester groups
US 7932414 B2 Erteilungstag 2011/04/26

Wolter, H.
Organosiloxane compositions
US 8076411 B2 Erteilungstag 2011/12/13

Wolter, H.
Silane and silicic acid polycondensates with radicals containing branched-chain urethane, acid amide and/or carboxylic acid ester groups
U 2011/0082250 A1 Offenlegungstag 2011/04/07

Wolter, H.
Phosphorhaltige, organisch polymerisierbare Silane und damit hergestellte Kieselsäure-Polykondensate
EP 1377628 B1 Erteilungstag 2011/02/02

Wolter, H.
Process for bridging organically polymerizable silanes or silane resin systems containing hydroxy- or carboxylic acid groups as well as products obtained with said process
US 8076441 B2 Erteilungstag 2011/12/131

Wolter, H.
Verfahren zum Verbrücken von Hydroxy- oder Carbonsäure-gruppen enthaltenden, organisch polymerisierbaren Silanen oder Silanharzeinheiten sowie Produkte dieses Verfahrens
EP 1874847 B1 Erteilungstag 2011/02/09

Wolter, H.; Gellermann, C.; Storch, W.
Widerstandsfähige, langlebige dentale Komposite
EP 1871333 B1 Erteilungstag 2011/10/05

Wolter, H.; Gellermann, C.; Storch, W.
Tough, long-lasting dental composites
US 7977404 B2 Erteilungstag 2011/07/121

Wolter, H.; Nique, S.
Phosphorgruppenhaltige Carbonsäurederivate mit polymerisierbaren Gruppen
EP 1537130 B1 Erteilungstag 2011/11/23

Wortmarke »Polo«
EP 009463217 Erteilungstag 2011/03/01

Offenlegungstag/Publication date
Erteilungstag/Date of patent
Datum/Date: YYYY/MM/DD

WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN

mit Hochschulen
with universities

Academy of Fine Arts, Faculty of Art Conservation, Krakau (PL)

AGH-University of Science and Technology, Krakau (PL)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Aristotle University of Thessaloniki (GR)

Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Bauchemie

Charité Campus Benjamin Franklin, Berlin

Czech Technical University, Prag (CZ)
- Faculty of Mechanical Engineering

Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle, Limoges Cedex (F)

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Ghent University (B)
- Department of Geology and Soil Science
- IMEC Center for Microsystems Technology

Glasgow Caledonian University (UK)

Gotland University, Department of Building Conservation, A Baltic Sea Region Network on Indoor Climate in Churches, Visby (S)

Hochschule Anhalt, Medizinischer Gerätebau

Hochschule Emden

Hochschule Osnabrück

Hochschule Potsdam, Studiengang Restaurierung, Studienrichtung Metallkonservierung

Hochschule Würzburg-Schweinfurt-Aschaffenburg, Fachbereich Informatik

Institut National Polytechnique de Grenoble, Laboratoire SIMAP (Science et Ingénierie des Materériaux et Procédés), Saint Martin d'Heres (F)

Institute Electronic Structure and Laser, Foundation for Research and Technology, Holography Lab – Laser Applications, Heraklion (GR)

Johannes Kepler Universität Linz (A)

Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- Experimentelle Physik V – Nanooptics and Biophjotonics Group
- Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe der Medizin und Zahnheilkunde
- Lehrstuhl für Klassische Archäologie
- Lehrstuhl für Materialsynthese
- Lehrstuhl für Technische Physik

Karlsruhe Institute of Technology KIT
-Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik

Katholieke Universiteit Leuven (B)

Korea University, Sejong Campus

Leibniz Universität Hannover

London School of Economics & Political Science, Grantham Research Institute on Climate Change and Environment (UK)

SCIENTIFIC COOPERATIONS

Medizinische Hochschule Hannover, Klinik für Zahnärztliche Prothetik und Biomedizinische Werkstoffkunde

Nagoya University, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology AIST, Nagoya (JP)

National Technical University of Athens (GR)
- School of Mechanical Eng., Lab. of Heterogeneous Mixtures & Combustion Systems
- School of Civil Engineering, Lab. for Earthquake Engineering

Otto-Friedrich-Universität Bamberg
- Institut für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte

Paris-Lodron-Universität Salzburg (A)
- Fachbereich Materialwissenschaften und Physik

Philipps-Universität Marburg
- Institut für Anorganische Chemie

Polytecnio di Torino (I)

Rheinisch Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen
- Institut für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik
- Institut für Gesteinshüttenkunde
- Institut für Physikalische Chemie
- Institut für Werkstoffanwendungen
- Klinik für Plastische Chirurgie, Hand- und Verbrennungschirurgie

Risø Technical University of Denmark DTU

Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Roskilde (DK)

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. an der TU Chemnitz

Dandia Nationals Labs, CA (USA)

Tampere University of Technology, Tampere (FIN)

Technical University of Denmark, Department of Management Engineering, Kongens Lyngby (DK)

Technische Universität Bergakedemie Freiberg, Institut für Automatisierungstechnik, Freiberg

Technische Universität Berlin

Technische Universität Braunschweig

Technische Universität Darmstadt

Technische Universität Dresden
- Institut für Festkörperelektronik

Technische Universität Graz (A)
- Institut für Chemische Technologie von Materialien

Technische Universität Kassel

Technische Universität München
- Studiengang für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft

Technische Universität Wien (A)
- Institut für Angewandte Synthesechemie
- Institut für Nachrichten- und Hochfrequenztechnik

Technische Universiteit Eindhoven (NL)
- Department Technology, Unit Building Physics and Systems
- Department of Applied Physics (Plasma and Materials Processing)

WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN

The Royal Danish Academy of Fine Arts, Kopenhagen (DK)
- The School of Conservation

Tokyo Institute of Technology (JP)

Tokyo University of Agriculture and Technology, Ohno-Lab (JP)

Universidade do Minho, Braga (P)
- Grupo de Revestimentos Functionais

Università di Genova (I)

Università Milano-Bicocca, Mailand (I)

Universität Alicante (E)

Universität Augsburg
- Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung

Universitat Autònoma de Barcelona (E)
- Instituto de Ciencia de Materiales

Universität Bayreuth
- Bayerisches Geoinstitut
- Lehrstuhl keramische Werkstoffe
- Lehrstuhl für Werkstoffverarbeitung

Universität Bremen

Universität Erlangen-Nürnberg
- Institut für Werkstoffwissenschaften
- Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik

Universität Hannover
- Institut für Anorganische Chemie

Universität Jena
- Institut für Angewandte Physik

Universität Linz
- Institute of Applied Physics

Universität Rostock
- Institut für Biomedizinische Technik
- Kompetenzzentrum für Biomaterialien
- Medizinische Fakultät, Institut für Biomedizinische Technik
- Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde

Universität Stuttgart

Universität Ulm
- Abt. Anorganische Chemie I

Universität zu Köln
- Lehrstuhl für Anorganische Chemie

Universitätsklinikum Würzburg
- Augenklinik und Poliklinik

Université de Haute-Alsace, Mulhouse-Colmar (F)
- Département de Photochimie Générale CNRS-UMR 7525

Université de Picardie Jules Verne, Amiens (F)
- Laboratoire de réactivité et Chimie des Solides LRCS

Université Montpellier (F)

Université Pierre et Marie Curie, Paris (F)

University College of Antwerp, Hogeschool Antwerpen (B)

University of Birmingham

University of Huddersfield (UK)

University of Leeds (UK)
- Nanomanufacturing Institute

SCIENTIFIC COOPERATIONS

University of Ljubljana (SLO)
- Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Chair for Research in Materials and Structures

University of London, Birkbeck College (UK)

University of Manchester (UK)

University of Patras (GR)
- Department of Civil Engineering, Structural Materials Laboratory

University of Pisa (I)
- Department of Chemistry and Industrial Chemistry

University of Sheffield (UK)

University of Thessaloniki (GR)

University of Twente (NL)
- Department of Civil Engineering

University of Valencia (E)

University of Zagreb (CRO)
- Faculty of Civil Engineering

Warsaw University (PL)
- Laboratory of Electrochemical Power Sources

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
- Institut für Anorganische und Analytische Chemie

Yonsei University Seoul (KO)
- Mechanical Engineering

mit anderen Forschungseinrichtungen
with other research institutions

Acreo AB, Printed Electronics Group and Interconnect and Packaging Group, Norrköping (S)

Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, Prag (CZ)
- Institute of Radio Engineering and Electronics
- Institute of Chemical Process Fundamentals

Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e.V., Köln

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM, Berlin

Center for Documentation of Cultural & Natural Heritage, Giza (ET)

Center for Organic Chemistry, Pardubice (CZ)

Centro de Tecnologías Electroquímicas, San Sebastián (E)

Cercle des Partenaires du Patrimoine, Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, Champs sur Marne (F)

Commissariat à l'énergie atomique CEA, Laboratoire d'Électronique des Technologies de l'Information (Leti), Grenoble (F)

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Deutsches Kunststoff-Institut, Darmstadt

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Stuttgart und Köln
- Institut für Technische Thermodynamik

WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN

Dombauamt Erfurt, Glaswerkstatt

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V., Dresden

Europäisches Feuerfestzentrum ECREF, Höhr-Grenzhausen

Flemish Institute for Technological Research (VITO), Mol (B)

Forschungsallianz Kulturerbe (FALKE)

Forschungsgemeinschaft Feuerfest e.V., Bonn

Forschungsgemeinschaft Technik und Glas e.V., Wertheim

Forschungskuratorium Textil e. V., Berlin

Forschungszentrum Jülich
- Ernst-Ruska-Centrum

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FZK), Karlsruhe

Glasrestaurierungswerkstatt der Dombauhütte Köln

Gradbeni Institut ZRMK
- Centre for Indoor Environment, Building Physics and Energy, Ljubljana (SLO)

Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie HVG, Offenbach

Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux (F)

Institut de Recherche d'HydroQuébec (IREQ), Montreal (CAN)

Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik e. V., Heiligenstadt

Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt, Halle/Saale

Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA), Duisburg

Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e.V.

Institut für Klinische Hygiene und Qualitätssicherung e. V. (IKHQ), Köthen

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH, Dresden

Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden

Institut für Photonische Technologie e.V., Jena

Institut für Physikalische Hochtechnologie e.V., Jena

Institut polytechnique de Grenoble (INP), Grenoble (F)

Instituto di Scienze dell'atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale Delle Ricerche, Rom (I)

Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz (A)

Jožef Stefan Institute, Ljubljana (SLO)
- Department of Surface Engineering and Optoelectronics

Laser Labor Göttingen

Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf

Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Max-Planck-Institut für Polymerforschung, 5.nz

SCIENTIFIC COOPERATIONS

MRB - Research Center for Magnetic Resonance Bavaria e.V.

National Institute of Chemistry, Ljubljana (SLO)

Norwegian Institute for Air Research, Kjeller (N)

Research Center on Nanoscience and Nanotechnology, CIN2: CSIC-ICN, Bellaterra-Barcelona (E)

SIMaP (Materials and Processes Science and Engineering Laboratory), Martin d Heres Cedex (F)

Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz, Berlin

Swiss Research Centre for Stained Glass and Glass Art, Romont (CH)

The Cathedral Studios, The Chapter of Canterbury Cathedral, Canterbury (UK)

VTT Technical Research Centre of Finland, Tampere (FIN)

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung, Ulm

Zentrum für Innovationskompetenz »Virtuelle Hoch-temperatur-Konservierungsprozesse –Virtuhcon«, an der TU Bergakademie Freiberg, Freiberg

Ehrungen und Preise
Awards

Amberg-Schwab, S.
Josepf-von-Fraunhofer Preis 2011
für die Entwicklung von flexiblen transparenten Barrierefolien für Photovoltaik-Anwendungen
(zusammen mit Projektpartner Dr. Klaus Noller, Fraunhofer IVV)

MITGLIEDSCHAFTEN

Mitgliedschaften und Mitarbeit in Gremien
Activities in associations and committees

Academy of Dental Materials (ADM)

Allianz Bayern Innovativ
- Cluster Chemie
- Cluster Mechatronik & Automation e.V.
- Cluster Medizintechnik
- Cluster Neue Werkstoffe
- Cluster Nanotechnologie

AMA Fachverband für Sensorik e.V.

AGEF Arbeitsgemeinschaft Electrochemischer Forschungsinstitutionen e.V.

American Ceramic Society (ACerS)
- Fellow

Arbeitsgemeinschaft Wirtschaftsnaher Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg

AVN – Automation Valley Nordbayern
Bayern Innovativ GmbH

bayern photonics e.V.
Kompetenznetz optische Technologien

BMBF NanoExperts Working Group Russland-Deutschland

BioMedTec Franken e.V.

BioMST - Arbeitskreis Mikrosysteme für Biotechnologie und Lifesciences e.V.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM
- Arbeitsgruppe Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe

Ceramic Composites im Carbon Composites e.V.

Cluster INNOB – Innovative Oberflächen

Cluster TEMASYS – Technologie und Management intelligenter Systeme

DECHEMA Gesellschaft für chemische Technik und Biotechnologie e.V.
- ConNeCat Kompetenznetzwerk Katalyse
- Fachsektion Nanotechnologie

Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e. V.
- Fachausschuss Oberflächenbehandlung von Stahl und Multisubstraten

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)
- Arbeitskreis Verstärkung keramischer Werkstoffe
- Fachausschuss Biomaterialien

Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG)
- Fachausschuss I

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
- Expertenausschuss Abwassersysteme

Deutsches Institut für Normung (DIN)
Normenausschuss für
- Volumenmessgeräte
- UA Volumenmessgeräte mit Hubkolben
- UA I/ FA I
- NMP 261 (Chemische Analyse von oxidischen Materialien und Rohstoffen)

ACTIVITIES IN ASSOCIATIONS AND COMMITTEES

Deutsche Keramische Gesellschaft (DKG)
- Arbeitsgruppe Keramografie
- Fachausschuss (FA1) Physikalische und chemische Grundlagen
- Arbeitsgruppe Thermoplastische Formgebung von Technischer Keramik

Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e. V. (DVM)
- Arbeitsgruppe Zuverlässigkeit adaptiver Systeme

Editorial Board of »Dataset Papers in Optics«, Hindawi Publishing Corporation

Electrochemical Society ECS

EU Ad-hoc Advisory Group on Industrial Nanotechnologies for the NMP Program

Europa Nostra

European Multifunctional Materials Institute EMMI

Fachausschuss Biomaterialien der DGM

Firmenausbildungsverbund e.V.5.n-Tauber (Fabi)

Förderkreis Kloster Bronnbach

Forschungsgemeinschaft Technik und Glas e.V., Bronnbach (FTG)
- Technischer Ausschuss

Forum Elektromobilität

Forum für Medizin Technik und Pharma in Bayern e.V.

Forum Innovation und Technologie Heilbronn Franken

Fraunhofer-Demonstrationszentrum AdvanCer
- Mitglied des Projektleitungsrats

Fraunhofer Allianzen und Netzwerke:
- Adaptronik
- Batterien
- Bau
- Energie
- Hochleistungskeramik
- Nanotechnologie
- Numerische Simulation von Produkten und Prozessen
- Polymere Oberflächen (POLO)
- Optisch-funktionale Oberflächen
- Photokatalyse
- Qualitätsmanagement

Gemeinschaftsausschuss Hochleistungskeramik der Deutschen Keramischen Gesellschaft DKG und der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde DGM
- Arbeitsgruppe Keramische Schichten
- Arbeitsgruppe Verstärkung keramischer Werkstoffe
- Arbeitsgruppe Polymerkeramik
- Arbeitsgruppe Ausgangspulver

Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)
- Arbeitsgruppe Chemie am Bau
- Fachgruppe Anstrichstoffe und Pigmente
- Fachgruppe Angewandte Elektrochemie

Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
- Fachausschuss 4.16 Unkonventionelle Aktorik

GfKORR Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V.
- Arbeitskreis Korrosionsschutz in der Elektronik und Mikrosystemtechnik

ICOM International Council of Museums
- Committee for Conservation

MITGLIEDSCHAFTEN

ICOMOS International

Institute for Environmental Simulation (GUS)

International Advisory Board of Journal of Sol-Gel-Science and Technology

International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)
- Programm-Ausschuss

ISGS International Sol-Gel-Society

Journal of Nano Research (TTP Switzerland, ed.)
- Editorial Board

LEADER-Aktionsgruppe Neckar-Odenwald-Tauber

Materials Research Society
- Program Committee Optical Interconnects

Materials Valley e.V. – Kompetenznetzwerk für Materialforschung und Werkstofftechnik

mst–Netzwerk Rhein5.n
- Kompetenznetzwerk Mikrosystemtechnik

Nano and Hybrid Coatings Conference
- Konferenzpräsidium

NanoMat – Netzwerk Nanomaterialien

Nanonetz Bayern e.V.

Photonics West
- Programme Committee Optoelectronic Interconnects and Component Integration

Quadriga – Associated Network on Organic and Large Area Electronics

Technologie-Roadmap LIB 2030

VDMA
- OEA-Plattform (Arbeitsgemeinschaft Organic Electronics Association)

Verein Deutscher Ingenieure (VDI/DIN)
- Kommission Reinhaltung der Luft

Wirtschaftförderung Heilbronn, Industrie und Handelskammer (IHK)

Würzburger Forschungsverbund Funktionswerkstoffe

ACTIVITIES IN ASSOCIATIONS AND COMMITTEES

VERANSTALTUNGEN DES FRAUNHOFER ISC

Gastreferenten des ISC-Seminars in Würzburg
Guest speakers at the Fraunhofer ISC

20.1.2011
Assist. Prof. Woo Soo Kim
Mechantronic Systems Engineering, School of Engineering Science, Simon Fraser University, Vancouver, Kanada
Nano manufacturing for flexible electronics.

28.7.2011
Dr. Matz Haaks
Universität Bonn und Aero-Laser GmbH Garmisch-Partenkirchen
Materialforschung mit Positronen: Die Bonner Positronen-Mikrosonde.

26.9.2011
Dr. Doris Heinrich
Fakultät für Physik – Biophysics of Cell Dynamics Group at the Chair of Soft Condensed Matter and Biophysics, Ludwig-Maximilians-Universität München
From Spatio-Temporal Control of Cell Functions to Nano-Medical Applications.

17.10. 2011
Dr. Jens Helbig
Kompetenzzentrum Analytik, Nano- und Materialtechnik (KAM), Georg-Simon-Ohm-Hochschule
Neue Möglichkeiten für die Materialentwicklung in Nordbayern.

2.11.2011
Prof. I-Wie Chen
Department of Materials Science and Engineering, University of Pensylvania, Philadelphia, PA, USA
Electric Field Induced Microstructure Instablility: Ionomigration, Electrosintering and Grain Growth.

9.12.2011
Dipl.-Chem A. Dreyer
Universität Bielefeld, Fakultät für Chemie/Anorganische Chemie und Strukturchemie, Fakultät für Physik, Centrum für Biotechnologie – CeBiTec/Institut für Biophysik und Nanowissenschaften, Fakultät für Physik/AG Dünne Schichten & Physik der Nanostrukturen
Koaleszenz- und Kristallisationsprozesse nanoskopische Metalltropfen zur Kontrolle der Partikelmorphologie am Beispiel von Zinn und Cobalt.

Gastreferenten »Bronnbacher Gespräche 2011«
Guest speakers at the Bronnbach branch

16.2.2011
Paczkowski, J.
Glasfenster im Erzgebirge

13.4.2011
Lehmann, K.
Die Kunst des Porzellans

EVENTS AT THE FRAUNHOFER ISC

Veranstaltungen am Fraunhofer ISC
Conferences and events at the Fraunhofer ISC

Führung im Rahmen der Würzburger Wirtschaftstage
»Smart Materials in Aktion«
Würzburg, 23.2.2011

Feierliche Einweihung des Testzentrums in der Remise Bronnbach
Bronnbach, 16.3.2011

CeSMa-Workshop: Smart Materials für Automobile
Würzburg, 4.5.2011

Kloster Bronnbach mit allen Sinnen genießen:
Tag der offenen Tür in der Außenstelle Bronnbach
Bronnbach, 3.4.2011

3rd GLASSAC Conference – Glass Science in Art and Conservation
Bronnbach, 10.-12.5.2011

Feierliche Schlüsselübergabe zu den Räumlichkeiten des IWKS
Alzenau, 23.5.2011

Clustermeeting »Oberflächen« Nanoinitiative Bayern.
Würzburg, 25.5.2011

Kinder-Mikroskopiekurs »Lilliputs Welt – eine kleine Reise in die Mikroskopie«.
Bronnbach, 28.5.2011

Feierlicher Empfang anlässlich der Verleihung des Fraunhofer-Preises 2011 an Frau Dr. Amberg-Schwab
Würzburg, 21.6.2011

Tag der Offenen Tür im Fraunhofer ISC
Würzburg, 4.9.2011

Auftaktveranstaltung für den Start der neuen Fraunhofer-Projekgruppe IWKS
Alzenau, 5.9.2011

Führung im Rahmen der DGG Fachausschusssitzung V Glasgeschichte und Glasgestaltung
Bronnbach, 23.9.2011

Gesundheitstag im Fraunhofer ISC
Würzburg, 30.9.2011

Gründungsfeier Zentrum für Angewandte Elektrochemie ZfAE
Würzburg, 7.10.2011

Führung für Deutsche Stiftung Denkmalschutz durch die Außenstelle Bronnbach
Bronnbach, 13.10.2011

Kulturtouristische Netzwerke: Chancen für Regionalentwicklung und weibliches Unternehmertum
Eine Veranstaltung im Rahmen der FrauenWirtschaftsTage 2011
Bronnbach, 14.10.2011

MESSEN UND AUSSTELLUNGEN

Messen und Ausstellungen 2011
Fairs and exhibitions

Bau2011
München, 17. - 22.1.2011

Photonics West 2011
San Francisco, CA (USA), 25. – 27.1.2011

NanoTec 2011
Tokyo (JP), 16. – 18.2.2011

Symposium Material Innovativ
Fürth, 24.2.2011

Hannover Messe
Hannover, 4. – 8.4.2011

Sensor + Test 2011
Nürnberg, 7. – 9.6.2011

MS Gesundheit Wissenschaft im Dialog
Ausstellung zum »Wissenschaftsjahr 2011 – Forschung für unsere Gesundheit«
19.5. – 29.9.2011

Mechatronics
Karlsruhe, 25. – 26.5.2011

Jahreskongress Zulieferer Innovativ BAIKA 2011
Ingolstadt, 6.7.2011

Adaptronik Kongress
Darmstadt, 7. – 8.9.2011

Composites Europe 2011
Stuttgart, 27. – 29.9.2011

Productronica 2011
München, 15. – 18.11.2011

FAIRS AND EXHIBITIONS

Messen 2012
Fairs and exhibitions 2012

Photonics West
San Francisco, CA (USA), 21. – 26.1. 2012

NanoTech 2012
Tokyo (JP), 15. – 17.2. 2012

Würzburger Wirtschaftstage
Würzburg, 27.2. - 3.3. 2012

Energy Storage
Düsseldorf, 13. – 14.3. 2012

Material Innovativ
Rosenheim, 14.3. 2012

Entwicklerforum Akkutechnologien
Aschaffenburg, 18. – 19.4. 2012

Hannover Messe
Hannover, 23. – 27.4. 2012

MS Wissenschaft im Dialog
Ausstellung zum »Wissenschaftsjahr 2012 – Zukunftsprojekt ERDE«
30. Mai – 15. Oktober 2012

IFAT ENTSORGA 2012
München, 7. – 11.5. 2012

Ceramitec 2012
München, 22. – 25.5. 2012

Sensor + Test 2012
Nürnberg, 22. – 24.5. 2012

Wirtschaftsmesse Rothenburg o.d.T.
Rothenburg o.d.T., 15. – 17.6.2012

Industrial Technologies
Aarhus (DK), 19. – 21.6.2012

Verband Deutscher Glasbläser, Fortbildungsseminar
TU Berlin, 14. – 15.9. 2012

Glasstec
Düsseldorf, 23. – 26.10. 2012

denkmal
Leipzig, 22. – 24.11. 2012

LEHRTÄTIGKEIT

Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Lehrstuhl für Chemische Technologie der Materialsynthese
Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr. Gerhard Sextl

Vorlesungen Sommersemester 2011

Sextl, G., Löbmann, P., Staab, T.
Materialwissenschaften II (Die großen Werkstoffgruppen)

Helbig, U.
Von der Biomineralisation zur biologisch-inspirierten Materialsynthese

Helbig, U., Löbmann, P.
Chemische und biologisch-inspirierte Nanotechnologie für die Materialsynthese

Löbmann, P.
Sol-Gel-Chemie I: Grundlagen

Raether, F.
Praktikum zur Technologie sensorischer und aktorischer Materialien inklusive Smart Fluids

Staab, T.
Eigenschaften moderner Werkstoffe: Experimente und Simulation

Vorlesungen Wintersemester 2011/2012

Sextl, G., Staab, T.
Materialwissenschaften I (Struktur, Eigenschaft und Anwendungen von anorganischen Werkstoffen)

Löbmann, P.
Sol-Gel-Chemie 2: Schichten und Beschichtungstechnik

Übungen und Praktika

Sextl, G., Löbmann, P., Hilbig, A.
Übungen zur Vorlesung »Materialwissenschaften II«
SS 2011

Sextl,G., Kurth, D., Schwarz, G., Staab, T.
Materialwissenschaftliches Kolloquium
SS 2011 und WS 2011/2012

Sextl, G., Staab, T.
Übungen zu Vorlesung Materialwissenschaften I
(Struktur, Eigenschaft und Anwendungen von anorganischen Werkstoffen)
WS 2011/2012

Seminare

Löbmann, P.
Seminar zur Vorlesung Sol-Gel-Chemie I: Grundlagen
SS 2011

Staab, T.
Seminar Eigenschaften moderner Werkstoffe: Experimente und Simulation
SS 2011

TEACHING ACTIVITIES

Universität Bayreuth
Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften
Lehrstuhl Keramische Werkstoffe
Lehtstuhlinhaber: Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel

Vorlesungen Sommersemester 2011

Krenkel, W:
Hochtemperatur-Leichtbau

Hausherr, J.:
Hochleistungskeramik (mit Glas und Glaskeramiken)
Werkstoffmechanik und Werkstoffeigenschaften

Langhof, N:
Metallinfiltrierte Keramik

Motz, G:
Keramikfaser-Technologie

Vorlesungen Wintersemester 2011/12

Krenkel, W:
Einführung in die Materialwissenschaft - Keramik Aufbau
und Eigenschaften der Keramiken Verbundkeramiken
Eigenschaften von Verbundwerkstoffen

Motz, G:
Werkstofftechnologie und Halbzeuge

Hausherr, J:
Keramik II

ALLIANZEN UND NETZWERKE

Das Institut in Netzwerken

Das Fraunhofer ISC ist aktives Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken. Ziel der Kooperationen ist es, den interdisziplinären Wissensaustausch mit der Industrie und anderen universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu fördern, die eigene Kompetenz einzubringen und neue Partner zu gewinnen.

Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft führen Mitarbeiter des Fraunhofer ISC die Allianzen »Nanotechnologie« und »POLO – Polymere Oberflächen«. Auf Geschäftsbereichsebene bestehen zusätzlich eine Reihe weiterer enger Kooperationen mit Fraunhofer-Netzwerken zu den Themen »Adaptronik«, »Hochleistungskeramik«, »Numerische Simulation von Produkten und Prozessen«, »Optisch-funktionale Oberflächen« und »Photokatalyse« sowie mit zahlreichen Universitäten und Forschungsinstituten außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Das Institut ist Mitglied beim »Wilhelm Conrad Röntgen Research Center for Complex Material Systems« (RCCM) an der Universität Würzburg, auf nationaler Ebene im Kompetenznetz für Materialien der Nanotechnologie (NanoMat) und im Kompetenznetzwerk für Materialforschung und Werkstofftechnik Materials Valley e.V. sowie auf europäischer Ebene im »European Mulitfunctional Materials Institute (EMMI).

Als Materialentwicklungsinstitut gehört das Fraunhofer ISC dem Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile an. Vorsitzender ist Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, Leiter des Fraunhofer LBF. Weitere Mitglieder sind die Fraunhofer-Institute EMI, IAP, IBP, ICT, IFAM, IGB, IKTS, ISE, ISI, ITWM, IWM, IZFP und WKI. Das Institut ist außerdem vertreten in dem als Demonstrationszentrum angesiedelten Themenverbund »AdvanCer« (System development with high-performance Ceramics - Weitere Informationen unter www.advancer.fraunhofer.de).

Das Fraunhofer ISC in weiteren Allianzen und Netzwerken

Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen (POLO)
Sprecherin der Allianz und Leiterin der Geschäftsstelle:
Dr. Sabine Amberg-Schwab, Fraunhofer ISC
Telefon +49 931 4100-620
sabine.amberg-schwab@isc.fraunhofer.de
www.polo.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie
Sprecher der Allianz und Leiter der Geschäftsstelle:
Dr. Karl-Heinz Haas, Fraunhofer ISC
Telefon +49 931 4100-500
karlheinz.haas@isc.fraunhofer.de
www.nano.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Bau
Ansprechpartner: Andreas Kaufmann
Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Telefon +49 8024 643-240
andreas.kaufmann@ibp.fraunhofer.de

Forschungsallianz-Kulturerbe
Ansprechpartner:
Dr. Johanna Leissner
Scientific Representative for Fraunhofer IBP, IAP, ICT, IGB, IST, ISC und MOEZ
Telefon +32 2 506-4243
johanna.leissner@zv.fraunhofer.de

Dr. Stefan Brüggerhoff
Deutsches Bergbau-Museum DBM, Bochum
stefan.brueggerhoff@bergbaumuseum.de

ALLIANCES AND NETWORKS

Dr. Stefan Simon
Rathgen-Forschungslabor, Staatliche Museen zu Berlin,
Stiftung Preußischer Kulturbesitz
s.simon@smb.spk-berlin.de

Fraunhofer-Netzwerk »Nachhaltigkeit«
Ansprechpartner
Fraunhofer Büro Brüssel
Dr. Johanna Leissner
Rue du Commerce 31
B-1000 Brüssel, Belgien
Telefon +32 2 506-4243
johanna.leissner@zv.fraunhofer.de

Cluster der Allianz Bayern Innovativ:

Cluster Chemie
Sprecher: Prof. Dr. Wolfgang A. Herrmann und
Prof. Dr. Utz-Hellmuth Felcht
Kontakt: herrmann@cluster-chemie.de;
felcht@cluster-chemie.de
www.cluster-chemie.de

Cluster Mechatronik & Automation
Sprecher: Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing.
Klaus Feldmann
Kontakt: gunther.reinhart@cluster-ma.de,
klaus.feldmann@cluster-ma.de
www.cluster-ma.de

Cluster Medizintechnik
Sprecher: Prof. Dr. med. Michael Nerlich
Kontakt: michael.nerlich@medtech-pharma.de
www.cluster-medizintechnik.de/

Cluster Nanotechnologie
Sprecher: Prof. Dr. Alfred Forchel
Kontakt: info@nanoinitiative-bayern.de
www.nanoinitiative-bayern.de

Cluster Neue Werkstoffe
Sprecher: Prof. Dr. Rudolf Stauber und
Prof. Dr. Robert F. Singer
cluster-neuewerkstoffe@bayern-innovativ.de
www.cluster-neuewerkstoffe.de