Fraunhofer
ISC

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC

JAHRESBERICHT 2010/11

GESUNDHEIT

Die Verkapselung ist ein Prinzip, partikuläre Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gase mit einer Hülle zu umgeben. Diese Technik dient beispielsweise dazu, Flüssigkeiten in Pulver zu verwandeln, flüchtige Inhaltstoffe zu stabilisieren, reaktive Inhaltstoffe zu trennen, empfindliche Materialien vor Umgebungseinflüssen zu schützen oder Wirkstoffe kontrolliert freizusetzen.

Die Ummantelung von Inhaltstoffen hat in den Bereichen Pharmazie, Medizin, Kosmetik, Ernährung, Textil, Chemie, Landwirtschaft und Umwelt bereits jetzt große Bedeutung.

Das Fraunhofer ISC hat ein neues Verkapselungsverfahren entwickelt. Damit soll eine besonders schonende und saubere Form der Kapselung bei möglichst geringer Temperaturtönung, ohne Lösungsmitteleintrag, Verunreinigung oder Schädigung durch Fremdsubstanzen, wie eindiffundierende Monomere, erreicht werden.

Zum Jahr der Gesundheit haben wir sogar ein Apfeldessert verkapselt.

© Knud Dobberke für Fraunhofer ISC; MEV Verlag GmbH, Germany

JAHRESBERICHT
2010/11

GESUNDHEIT

VORWORT

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

das Jahr 2010 war für das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC ereignisreich, sehr erfolgreich und vor allem richtungsweisend: Nachdem 2009 die Industrieerträge infolge der globalen Wirtschaftskrise deutlich zurückgegangen waren, konnte das Institut 2010 Erträge in Rekordhöhe erlösen. So erhöhte sich der Industrieertragsanteil am Gesamtergebnis um fünf Prozentpunkte von 31,4 (2009) auf 36,4 % (2010). Der Betriebshaushalt stieg im gleichen Zeitraum von 16,7 Mio € auf 17,6 Mio € (+ 5,5 %). Die Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter betrug 2010 durchschnittlich etwa 303, wovon im Jahresmittel 170 festangestellt waren. Insgesamt wurde das Geschäftsjahr 2010 mit einem sehr erfreulichen positiven Ergebnis abgeschlossen.

Im Jahr 2010 gingen zwei Instituts-Ausbauprojekte in die Umsetzungsphase: Neben der Institutserweiterung am Standort Neunerplatz in Würzburg durch das Technikum III wurde der Ausbau eines historischen Remisengebäudes in Bronnbach zu einem neuen Technikum für Arbeiten auf den Gebieten Mess- und Prozesstechnik sowie Glas und Sinterwerkstoffe begonnen. Bereits 2009 konnten die Planungs- und Vorbereitungsarbeiten zur Realisierung des Technikumsneubaus basierend auf dem Entwurf des bekannten Londoner Architekturbüros »Zaha Hadid Architects Ltd.« abgeschlossen werden. Die Umsetzung der Baumaßnahme begann offiziell am 16. Juli 2010 mit der Grundsteinlegung. Mit dem Technikum III, das voraussichtlich Ende 2012 fertiggestellt sein wird, werden v. a. die Aktivitäten auf den Gebieten elektrochemische Energiespeicherung und -wandlung, Gesundheit, Bau und Umwelt sowie Glas gestärkt werden.

Mit der denkmalgerechten Sanierung durch den Landkreis Main-Tauber und dem technischen Ausbau der Remise am Standort Bronnbach in unmittelbarer Nähe zum Institutsgebäude steht dem Fraunhofer-Institut ab Frühjahr 2011 ein neues Testzentrum für die Geräteentwicklung und den Betrieb einer vollautomatisierten Screening-Anlage zum Schmelzen neuer Gläser zur Verfügung. Die gelungene Kombination von Denkmalschutz und zeitgemäßer technischer Ausstattung für ein Testzentrum wurde hier beispielhaft umgesetzt.

Eine langfristige sichere Versorgung der deutschen und europäischen Industrie mit metallischen und mineralischen Schlüsselrohstoffen wird nach sich häufenden Meldungen über Versorgungsengpässe zunehmend kritisch gesehen und beschäftigt Industrieunternehmen und Politik gleichermaßen. Angeregt durch entsprechende Anfragen zahlreicher Industrieunternehmen aus dem Rhein-Main-Gebiet wurde 2010 beschlossen, den Aufbau einer neuen Fraunhofer-Projektgruppe zum Thema Wertstoff-Recycling und Werkstoff-Substitution unter dem Arbeitstitel »Fraunhofer IWKS« voranzutreiben.

Für alle zeitgemäßen Produkte, die elektronische Bauteile enthalten, sei es aus den Bereichen Energie-, Informations-, Medizin- und Sicherheitstechnik sowie der Unterhaltungselektronik oder auch im Transportwesen, werden vermehrt Metalle und Verbindungen seltener Elemente benötigt. Elemente, bei denen eine längerfristige Versorgung als kritisch eingeschätzt wird, sind vor allem Gold, Silber, Kupfer, Gallium und Seltenerdmetalle im Halbleiterbau und die Platingruppenmetalle für die Katalyse. Selbst beim Zukunftsthema Elektromobilität hängen Bau und Verfügbarkeit von elektrischen Energiespeichern vor allem von der ausreichenden Verfügbarkeit von Elementen wie Lithium, Cobalt und Mangan ab. In Europa ist keines der genannten Materialien in nennenswerten Mengen verfügbar. So ist die produzierende Industrie in Deutschland und ganz Europa zu fast 100 % auf Rohstoffimporte angewiesen. Eine vollständige Kreislaufführung von kritischen Elementen soll die Abhängigkeit von der Verfügbarkeit primärer Rohstoffe verringern und stattdessen vermehrt Sekundärrohstoffquellen oder Substitutionsmaterialien nutzen. So können v. a. seltene oder kritische Rohstoffe effizienter eingesetzt und die Nachhaltigkeit von Produkten erhöht werden.

Diesen Themen soll sich die neu zu gründende Projektgruppe widmen. Für deren Ansiedlung stehen Standorte in Hanau und nördlich von Aschaffenburg in der engeren Wahl. Das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (STMWIVT) hat bereits eine Anschubfinanzierung von 5 Mio € für den Zeitraum 2011 – 2013 zugesagt, die eine Gründung Mitte 2011 möglich machen sollte. Das Bundesland Hessen hat für dieses besonders auch für hessische Industrieunternehmen wichtige Thema ebenfalls Mittel in Aussicht gestellt. Die Leitung soll Herr Prof. Dr. Armin Reller vom Lehrstuhl für Ressourcentechnologie an der Universität Augsburg übernehmen.

Zusätzlich zur Anschubfinanzierung für die Projektgruppe »Fraunhofer IWKS« hat das Bayerische STMWIVT für den Aufbau eines Zentrums für Angewandte Elektrochemie am Fraunhofer ISC in Würzburg 8 Mio € zugesagt. Dieses Zentrum wird im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungszentrums Elektromobilität, Bayern, mit einer Projektgruppe des Fraunhofer ICT kooperieren, die auf dem Gelände der Technischen Universität in Garching bei München aufgebaut werden soll. Damit können die Aktivitäten des Teams von Herrn Dr. Kai-Christian Möller verstetigt werden, das bereits in der Vergangenheit mehrere wichtige Förderprojekte auf den Themengebieten Energiespeicherung und -wandlung akquirieren konnte. Derzeit werden neben neuen Materialien für Li-Ionen-Batterien Hochleistungsspeicher für Anwendungen im Bereich der erneuerbaren Energieversorgung, für mobile Bordnetze und für Traktionsanwendungen (EnergyCap) entwickelt.

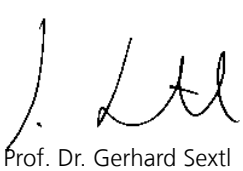
Die von Herrn Prof. Walter Krenkel geleitete Projektgruppe »Keramische Verbundstrukturen« in Bayreuth soll in ein Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau weiterentwickelt werden. 2010 wurde hierfür ein Konzept für ein beschleunigtes Wachstum und einen verstärkten Ausbau erarbeitet. Entsprechend ist der Projektgruppe ist in diesem Jahresbericht ein eigenes Kapitel gewidmet. Zur Realisierung des neuen Fraunhofer-Zentrums wurden vom Bayerischen STMWIVT nochmals Ausbaumittel in Höhe von 7 Mio € zugesagt. Ein Highlight für die Projektgruppe war im Jahr 2010 die Ausrichtung der international renommierten Fachtagung für Hochtemperaturkeramiken HT-CMC 7 mit rund 350 Teilnehmern.

Ich möchte an dieser Stelle nicht versäumen, allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fraunhofer ISC in Würzburg und den Außenstellen Bronnbach und Bayreuth sowie des Lehrstuhls »Chemische Technologie der Materialsynthese« meine Anerkennung und meinen Dank für ihren großartigen Einsatz auszusprechen, ohne den 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 die großzügige Unterstützung der Ausbauprojekte des Fraunhofer ISC.

Ich wünsche Ihnen eine informative Lektüre



Prof. Dr. Gerhard Sextl

INHALTSVERZEICHNIS

ALLGEMEINER TEIL 6 – 41

ANSPRECHPARTNER 6 – 7

INNOVATIVE WERKSTOFFE FÜR DIE PRODUKTE VON MORGEN - ISC IM PROFIL 8 – 9

ISC INTERNATIONAL 10 – 14

KERNKOMPETENZEN 15 – 25

KOMPETENZBEREICHE UND ZENTREN 26 – 33

RÜCKBLICK 2009 34 – 39

NACHHALTIGKEIT – LEITBILD FÜR FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG 40 – 41

THEMENSCHWERPUNKT GESUNDHEIT 42 – 71

NEUARTIGES SCHONENDES VERKAPSELUNGSVERFAHREN 44 – 49

MATERIALENTWICKLUNG IM DIENST EINER BEZAHLBAREN ZAHNMEDIZIN 50 – 53

ORMOBEAD® – DIE NEUE GENERATION VON PARTIKELSYSTEMEN 54 – 57

DREIDIMENSIONALE ZELLTRÄGERSTRUKTUREN 58 – 61

WOHNRAUMGESUNDHEIT FÖRDERN UND SICHERN 62 – 65

SCHADSTOFFANALYTIK IM ZEICHEN AKTUELLER EU-REGELUNGEN 66 – 69

SUBSTITUTION BEDENKLICHER INHALTSTOFFE BEI DER GLASHERSTELLUNG 70 – 71

THEMENSCHWERPUNKT PROJEKTGRUPPE KERAMISCHE VERBUNDSTRUKTUREN 72 – 89

5 JAHRE PROJEKTGRUPPE KERAMISCHE VERBUNDSTRUKTUREN 74 – 77

EIN NEUES VERFAHREN ZUR QUANTITATIVEN BESTIMMUNG DER FASERORIENTIERUNG IN FASERVERSTÄRKTEN WERKSTOFFEN FÜR DIE FE-MODELLIERUNG 78 – 81

ENTWICKLUNG VON FASERVERSTÄRKTEN VERBUNDKERAMIKEN UND KOMPONENTEN FÜR EINE NEUE GENERATION VON TRIEBWERKEN 82 – 85

DIE WIRTSCHAFTLICHE HERSTELLUNG VON KOHLENSTOFFFASERVERSTÄRKTEN SIC-KERAMIKEN 86 – 87

REKORDBETEILIGUNG BEI DER HTCMC 7 IN BAYREUTH 88 – 89

GESCHÄFTSFELDER UND -BEREICHE 90 – 115

LIFE SCIENCE - SIEHE THEMENSCHWERPUNKT GESUNDHEIT 42 – 71

OBERFLÄCHEN UND SCHICHTEN 92 – 97

ENERGIETECHNIK 98 – 101

GLAS UND KERAMIK 102 – 107

BAU UND UMWELT 108 – 111

CENTER SMART MATERIALS 112 – 115

PROJEKTINFORMATONEN 116 – 119

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT IM ÜBERBLICK 120

ANSPRECH

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
Telefon +49 931 4100-102
axel.kuhn@isc.fraunhofer.de

Leiter der Außenstelle Bronnbach

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

Fraunhofer-Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen

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

ISC International

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

Leiter New Business Development

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

HPARTNER

Geschäftsbereich GESUNDHEIT

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

Geschäftsbereich ENERGIE

PD Dr. Friedrich Raether
✆ +49 931 4100-200
friedrich.raether@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

Technischer Dienst / Bau

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

Als Materialforschungsinstitut erschließt das Fraunhofer ISC Werkstoffpotenziale für die Produkte von morgen, im Blick die effiziente und sichere Energienutzung, den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen und eine bezahlbare, individualisierte Gesundheitsversorgung.

Das Institut unterstützt seine Auftraggeber aus Industrie und Mittelstand bei der Überführung neuer Werkstoffe und Verfahren in den Produktionsmaßstab sowie bei der Implementierung von Qualitätssicherungsprozessen in bestehende Produktionsverfahren. Dazu gehören neben der Materialentwicklung auch Technologieentwicklung und produktionsgerechte Auslegung von Verarbeitungsprozessen. Bei Bedarf entwickelt das Fraunhofer ISC Funktionsmuster oder Demonstratoren und optimiert Fertigungsprozesse unter produktionsnahen Bedingungen auf Basis modernster Mess- und Prüfmethoden.

Standorte

Das Fraunhofer ISC hat vier Standorte in zwei Bundesländern. Hauptsitz und eine Dependance befinden sich verkehrsgünstig gelegen im bayerischen Würzburg. Etwa 35 km von Würzburg entfernt im benachbarten Baden-Württemberg besteht seit 1995 eine Außenstelle des Instituts in Bronnbach bei Wertheim. Die im Jahr 2006 gegründete Fraunhofer-Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen ist im 160 km entfernten Bayreuth angesiedelt, mit Anbindung an die Universität Bayreuth.

Das Fraunhofer ISC verfügt über mehr als 3 500 m² Labor- und Technikumsflächen mit industrienaher Ausstattung, vom Synthesetechnikum für anorganische Polymere über ein Spinntechnikum für hochtemperaturbeständige Keramikfasern (beide Standort Würzburg) bis hin zur Prozessüberwachung und 3D-Schadensanalyse mit hochauflösender Computertomographie (CT) auch für große Bauteile mit bis zu 700 mm Durchmesser (Standort Bayreuth). Das am Standort Würzburg angesiedelte akkreditierte Zentrum für Angewandte Analytik bietet mehr als 50 etablierte Mess- und Analyseverfahren, artefaktarme Präparationsverfahren und hochauflösende Elektronenmikroskopie.

Die Arbeiten für den Erweiterungsbau mit rund 2 500 m² Hauptnutzungsfläche schreiten fort. Anfang 2013 soll dort der Betrieb aufgenommen werden. Damit können neue Forschungsgebiete in den Bereichen Energie, Umwelt und Gesundheit mit erweiterten technischen Möglichkeiten aufgebaut werden.

Das Institut in Zahlen

Gemäß dem Finanzierungsmodell der Fraunhofer-Gesellschaft wird der Betriebshaushalt des Fraunhofer ISC zu etwa einem Drittel über staatliche Zuwendungen ausgeglichen. Zwei Drittel des Budgets müssen durch Industrieaufträge und öffentliche Forschungsprojekte erwirtschaftet werden. Der Betriebshalthalt des ISC stieg in 2010 auf 17,6 Mio Euro (2009: 16,6 Mio Euro).

Die Erträge aus Industrieprojekten konnten auf 6,4 Mio Euro gesteigert werden (2009: 4,8 Mio Euro). Auch die Einnahmen aus öffentlichen Forschungsaufträgen erhöhten sich auf 5,5 Mio Euro (2009: 4,6 Mio Euro). EU-Projekte trugen mit 1,0 Mio Euro (2009: 1,3 Mio Euro) zur Finanzierung des Institutshaushalts bei und sonstige Projekte betrugen 0,6 Mio Euro. Die verwendete institutionelle Förderung aus Bundes- und Landesmitteln lag bei 4,1 Mio Euro (2009: 5,6 Mio Euro), davon interne Programme in Höhe von 1,2 Mio Euro (2009: 0,9 Mio Euro). Das Investitionsvolumen belief sich in 2010 auf insgesamt 1,7 Mio Euro.

Das Institut beschäftigte im Jahresdurchschnitt 303 Mitarbeiter an den Standorten Würzburg, Bronnbach und Bayreuth. Das Stammpersonal wurde hauptsächlich im technischen und administrativen Bereich auch durch externe Fachkräfte unterstützt. Darüber hinaus nimmt das Fraunhofer ISC einen wichtigen Platz in der materialwissenschaftlichen Hochschulausbildung ein und bietet zahlreichen Studierenden die Möglichkeit, Diplomarbeiten und Dissertationen am Institut zu erarbeiten sowie studienbegleitende Praktika zu absolvieren.

Struktur

Das Fraunhofer ISC ist mit einer neuen Organisationsstruktur ins Jahr 2011 gestartet, die in dieser Form für den Berichtszeitraum 2010 noch nicht existierte.

Die bisher sechs Geschäftsfelder wurden in die drei klar definierten Geschäftsbereiche Energie, Umwelt und Gesundheit überführt. Sich ergebende Themenschwerpunkte werden jeweils in den fünf neuen Kompetenzbereichen bearbeitet: Angewandte Elektrochemie, Dental- und Mikromedizin, Glas und Hochtemperaturwerkstoffe, Optik und Elektronik sowie Werkstoffchemie. Für die weltweite Vernetzung wurde der Bereich ISC International etabliert.

Darüber hinaus bestehen mit dem Zentrum für Angewandte Analytik ZAA, dem Center Smart Materials CeSMa, dem Zentrum für Geräte- und Anlagenentwicklung CeDeD und dem Internationalen Zentrum für Kulturgüterschutz und Konservierungsforschung IZKK eigenständig operierende Zentren unter dem Dach des Instituts. Die Ansprechpartner aus dem administrativen Bereich wie auch aus den Kompetenzbereichen und den Zentren sind auf den folgenden Seiten aufgeführt.

Arbeitsschwerpunkte

- Keramische Fasern
- Inhärent sichere Keramikherstellung
- Kundenspezifisches Spezialglas
- Energiespeicherung
- Mobile Energieversorgung
- Intelligente Materialien
- Mikro- und Polymerelektronik
- Optische Aufbau- und Verbindungstechnik
- Beschichtungstechnologie
- Umweltmonitoring und präventive Konservierung
- Funktionsfüllstoffe
- Nanotechnologie
- (Nano)poröse Materialien
- Ressourcenschonung
- Diagnostik
- Regenerative Medizin
- Dentalmedizin
- Mikromedizin

ISC INTERNATIONAL

Warum ISC International?

Als Werkstoffentwickler für internationale Märkte in den Bereichen Energie, Umwelt und Gesundheit, speziell aber in der Mikrosystemtechnik, steht das Institut in einem weltweiten Wettbewerb. Um hier gezielter agieren zu können, wurde 2010 der Geschäftsbereich ISC International gegründet. Denn:

› Industrien wandern ab oder entwickeln sich von Komponenten- zu Systemhäusern. Forschung und Entwicklung finden zunehmend durch die relevanten Firmen selbst statt oder werden an international renommierte Institute gegeben.

› In der Materialentwicklung nutzen die FuE-Abteilungen deutscher und europäischer Firmen verstärkt Labore an asiatischen Hochschulen z.B. in China, Indien oder Singapur, eine Konsequenz aus den aufwendigen Investitionen dieser Länder in die Ausbildung ihrer Jugend (laut Pisa-Studie 2010 liegen die 15jährigen aus der Region Shanghai und aus Korea mit Abstand vorn) und aus der Rückkehr gut ausgebildeter Wissenschaftler in deren Heimatländer. Deutsche und europäische Universitäten und Institute verlieren immer mehr Punkte im weltweiten Ranking und befinden sich in vielen Bereichen nicht mehr an der Spitze.

› In Europa werden nach und nach in vielen Branchen nur noch die System-Messen abgehalten. Ausstellungen und Konferenzen, auf denen man Schlüsselpartner der Materialentwicklung für das Institut gewinnen kann, finden konsequenterweise nun auch in den Boom-Regionen statt. China als Billigwerkbank der Welt ist ein Klischee von gestern. Die Mikrosystemtechnik-Branchen, für die das Fraunhofer ISC Materialien und Technologien anbieten kann, wie etwa die Displaytechnologie, haben ihren Schwerpunkt längst nach Korea und China verlagert. Selbst die klassischen europäischen Industrien wie die Glasindustrie halten nun große Messen in China ab.

› Die wichtigen Entscheidungen auch für das Fraunhofer ISC werden nicht mehr nur auf nationaler Ebene getroffen. Internationale Kontakte und Netzwerke sind unverzichtbar, will man weiter im Brennpunkt der Entwicklung bleiben, rechtzeitig Einfluss nehmen oder schnell und flexibel reagieren können. Um international wahrgenommen zu werden, sind daher Netzwerke in Asien und Europa essentiell.

Angesichts dieser Entwicklung und um eine internationale Aufstellung gerade im Akquisitionsbereich zu gewährleisten, hat das Fraunhofer ISC für Dr. Michael Popall, den früheren Leiter des Geschäftsfelds Mikrosystemtechnik, eine neue Position geschaffen: Er wird das ISC und die Institutsleitung weltweit vertreten, internationale Netzwerke aufbauen, Kontakte knüpfen und vor Ort Entwicklungstrends ermitteln. Ziel ist die breitere Erschließung des internationalen FuE-Markts.

Aufgabenstellung des ISC International

- weltweite Vertretung des Fraunhofer ISC
- interner und externer Ansprechpartner für internationale Belange
- Bindeglied zu Fraunhofer International
- Aufbau und Pflege von internationalen Netzwerken
- Strategische Weiterentwicklung des Fraunhofer ISC durch vor Ort gesammelte Information über aktuelle und zukünftige Trends des internationalen Markts
- Akquisition internationaler Projekte
- Schwerpunktsetzung zunächst in Asien (Japan, Korea, China) und Europa
- Unterstützungfür aller Geschäftsbereiche des ISC bei internationaler Akquisetätigkeit

Laufende Aktivitäten

Aus einem Network of Excellence (FAME) heraus hat sich bereits 2008 das virtuelle Institut EMMI (European Multifunctional Materials Institute) gegründet mit dem Status einer Non-Profit-Organisation mit rechtlichem Sitz in Brüssel. An der Gründung von FAME und EMMI durch die Fraunhofer-Gesellschaft und weitere Partner war das Fraunhofer ISC maßgeblich beteiligt, wobei die Schwerpunkte der Materialforschung im Bereich der Hybridmaterialien und der Keramiken liegen.

Ziele von EMMI

- Förderung von Forschung und Lehre im Bereich der multifunktionalen Materialien
- Gemeinsame Front im internationalen Wettbewerb als Verbund Europäischer »World-Class-Teams« mit ausreichend kritischer Masse
- Unterstützung internationaler Kooperationsprojekte durch gemeinsame Forschungsanträge und Austausch von Informationen, Daten und Know-how mittels einer hierzu geschaffenenen Datenbank
- Entwicklung langfristiger Kooperationen mit ausgewählten und interessierten Industriepartnern, u. a. durch eine »Industrial Support Group« unter der Leitung der Merck KGaA, die die im Rahmen von EMMI eingebundene Industrie sowie einzelne anwendungsorientierte Institute wie das Fraunhofer ISC umfasst . Die »Industrial Support Group« bringt Marktdaten ein, identifiziert Zielmaterialien und entwickelt entsprechende Spezifikationen
- Erreichen einer optimal fokussierten grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung und Ausbildung

EMMI setzt sich augenblicklich aus 12 Universitäten (B, E, D, F, P, UK), Fraunhofer (ISC), CNRS (Frankreich mit 13 Laboren), CSIC (Spanien mit 2 Laboren) sowie 30 Industrievertretern zusammen.

Als aktuelles Projektbeispiel von EMMI sei das EU-Projekt METACHEM genannt, in dem es um die Entwicklung von Metamaterialien auf Basis von chemischer Technologie geht. Das Fraunhofer ISC ist mit seiner ORMOCER®-basierten optischen und elektrischen Aufbau- und Verbindungstechnik sowie TPA-basierten photonischen Strukturen wesentlich eingebunden in dieses aus EMMI direkt hervorgegangene Projekt.

Erste Memoranda of Understanding mit asiatischen Partnern

Im September 2008 wurde ein Memorandum of Understanding (MOU) mit dem weltweit sehr angesehenen japanischen Advanced Manufacturing Research Institute innerhalb des National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) in Nagoya abgeschlossen, so dass Ende 2008 ein erstes Kooperationsprojekt starten konnte, in welchem Doktoranden des Fraunhofer ISC im Bereich der Nanokomposite und deren Technologie für mikroelektronische Anwendungen tätig sind. 2009 folgte ein MOU mit der renommierten Korea University (Sejong Campus) zum Thema Materialforschung – insbesondere in den Bereichen Energieerzeugung und -speicherung sowie Oberflächen-, Elektronik- und Mikrosystemtechnik. Aufgrund dieses MOU sind mittlerweile mehrere große Kooperationsanträge mit koreanischen Industrieunternehmen bei der koreanischen Regierung gestellt worden.

NanoTech Tokio

Schon seit 2003 ist das Fraunhofer ISC alljährlich auf der NanoTech-Messe in Tokio vertreten. Die NanoTech Tokio ist die weltgrößte Messe für chemische und physikalische Nanotechnologien. Der zunächst noch kleine und nahezu improvisierte Stand ist über die Jahre zum größten Fraunhofer-Stand auf einer internationalen Messe überhaupt herangewachsen. Obwohl die Messe in Asien stattfindet, eignet sie sich hervorragend dafür, europäische Partner zu finden. So konnte das Fraunhofer ISC auf Basis dieser Messe insgesamt schon einen Industrieerlös von mehr als 1,5 Mio € einfahren. Außerdem gingen daraus einige Messe-Seminare der Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie hervor. Die langjährige Japanerfahrung des Fraunhofer ISC kommt so auch anderen Instituten zugute.

KONTAKT

Dr. Michael Popall
Geschäftsfeldleiter
Mikrosystemtechnik
Neu: Leiter ISC International
✆ +49 931 4100-522
michael.popall@isc.fraunhofer.de

Der Institutsleitung steht ein beratendes Gremium namhafter Persönlichkeiten aus Industrie, Forschung und Politik zur Seite.
Im Jahr 2010/11 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

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

Die Arbeitsschwerpunkte des Fraunhofer ISC liegen in der anwendungsbezogenen Entwicklung nichtmetallischer Materialien und Werkstoffe – von der Vorstufe bis zum Funktionsmuster. Diese Kernkompetenzen werden in fünf Kompetenzbereichen weiterentwickelt und in Projektarbeit umgesetzt.

- Synthese von nichtmetallischen anorganischen und hybriden Funktionswerkstoffen auf Basis der chemischen Nanotechnologie
- Verfahrensentwicklung – Herstellung von Werkstoffen und ihre Verarbeitung zu Pulvern, Fasern, Schichten, Suspensionen, Kompositen und Mikrostrukturen; Implementierung in industrielle Produktionsprozesse
- Wertstoffkreisläufe, Werkstoffsubstitution und Ressourceneffizienz
- Spezialglasentwicklung und Herstellung von Gläsern und Halbzeugen
- Werkstoffcharakterisierung, -bewertung und -optimierung
- Material- und Prozessoptimierung für industrielle Herstellverfahren

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, Funktionalisierung und Weiterverarbeitung der ORMOCER®e wurde mehr als 25 Jahre seit der Einführung dieser Stoffklasse 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 elektro-optischen 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

Leiter Fachbereich Glas
martin.kilo@isc.fraunhofer.de

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

Leiter Center Smart Materials
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 Sinterprozesse 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

Leiter Fachbereich Hochtemperaturwerkstoffe
andreas.noeth@isc.fraunhofer.de

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 die 2006 gegründete Fraunhofer-Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen in Bayreuth. Mit 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

Prof.Dr. Walter Krenkel
✆ +49 921 786931-21
Leiter Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen
walter.krenkel@isc.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Heiko Spaniol
✆ +49 931 4100-413
Leiter Fachbereich Verfahrens- und Prozesstechnik
heiko.spaniol@isc.fraunhofer.de

Kompetenzbereich Glas und Hochtemperaturwerkstoffe

Nichtmetallisch-anorganische Materialien, die bei hohen Temperaturen hergestellt und/oder verwendet werden, stehen im Fokus des Kompetenzbereichs »Glas und Hochtemperaturwerkstoffe«. Von der modellgestützten Entwicklung neuer Materialien über die Verfahrens- und Prozesstechnik bis hin zur Herstellung prototypischer Bauteile werden alle Entwicklungsschritte abgedeckt. Schwerpunktmäßig werden Spezialgläser und Keramiken in Form von Bulk-Materialien, Fasern oder Schichten entwickelt. Durch die Kombination von simulationsbasierter Materialentwicklung, der In-situ-Charakterisierung von Hochtemperaturprozessen und dem Upscaling von Herstellverfahren kann eine Vielzahl von Fragestellungen zu Hochtemperatur-materialien kundenspezifisch bearbeitet werden.

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

Dipl.-Ing. Heiko Spaniol
✆ +49 931 4100-413
heiko.spaniol@isc.fraunhofer.de

Glas

Die Entwicklung und Fertigung von Spezialgläsern und Glaskeramiken sind das Arbeitsgebiet des Fachbereichs Glas. Sowohl Zusammensetzung als auch Schmelz- und Verarbeitungsverfahren werden an gewünschte, anwendungsspezifische Eigenschaftsprofile angepasst. Zur Beschleunigung der Testschmelzen wird eine weltweit einmalige automatische Glas-Screening-Anlage eingesetzt. Bei Bedarf können Gläser und Halbzeuge in Mengen bis etwa 100 kg im Jahr hergestellt werden.

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

Verfahrens- und Prozesstechnik

Für die Entwicklung von keramischen Vorstufen sowie deren Weiterverarbeitung zu keramischen Fasern, Bulkmaterialien und Schichten stehen im Fachbereich Verfahrens- und Prozesstechnik Herstell- und Anlagentechnik im Vordergrund. Vom Labor- bis in den Technikumsmaßstab werden für Kooperationspartner Anlagen zur Bemusterung betrieben. Darüber hinaus begleiten wir unsere Kunden bei der industriellen, verfahrenstechnischen Umsetzung der Faserwerkstoffproduktion.

Dipl.-Ing. Heiko Spaniol
✆ +49 931 4100-413
heiko.spaniol@isc.fraunhofer.de

Hochtemperaturwerkstoffe

Schwerpunkt im Fachbereich Hochtemperaturwerkstoffe ist die Entwicklung neuartiger keramischer Vorstufen, deren Weiterverarbeitung zu keramischen Produkten sowie die Optimierung der benötigten thermischen Prozessführung. Durch die Kombination der Kompetenzen in Computersimulationsverfahren, thermooptischen In-situ-Messmethoden und moderner Materialanalytik können diese Materialien sowie deren Herstellprozesse gezielt entsprechend den Kundenanforderungen entwickelt und Gefüge-Eigenschaftsbeziehungen mit den Prozessparametern korrelieret werden. Das erlaubt zuverlässige Vorhersagen für die Optimierung keramischer Prozesse.

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

Kompetenzbereich Angewandte Elektrochemie

Forschungsschwerpunkte sind die Entwicklung und Charakterisierung von nanostrukturierten Materialien für wiederaufladbare Batterien und elektrochemische Doppelschichtkondensatoren. So wurden beispielsweise Hybridpolymere mit hoher Lithiumionenleitfähigkeit entwickelt, die sich insbesondere für den Einsatz als nicht-brennbare Feststoff-Elektrolyte eignen. Elektroden für Hybridkondensatoren kombinieren die hohe Leistungsdichte von elektrochemischen Doppelschichtkondensatoren mit der hohen Energiedichte von Lithiumionenbatterien.

Dr. Kai-Christian Möller
✆ +49 931 4100-519
kai-christian.moeller @isc.fraunhofer.de

Kompetenzbereich 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 dreidimensionale 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.

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

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

Kompetenzbereich 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 Entwicklung und Synthese von multifunktionellen Precursoren bis hin zu anwendungsadaptierten Werkstoffen wie z. B. 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.). Der Kompetenzbereich verfügt über eine Vielzahl verschiedener Verfahren zur Strukturierung sowie zur Füllstoffsynthese und Einarbeitung.

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

Kompetenzbereich 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.

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

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.

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.

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.

Dr. Paul Bellendorf
✆ +49 9342 9221-711
paul.bellendorf@isc.fraunhofer.de

Partikeltechnologie und Grenzflächen

Wegen der wachsenden 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, gezielter Freisetzung und Selbstheilung erweitert.

Dr. Carsten Gellermann
✆ +49 931 4100-511
carsten.gellermann@isc.fraunhofer.de

Zentrum für Angewandte Analytik ZAA

Grundlage vieler Werkstoff- und Verfahrensentwicklungen ist eine eingehende Materialanalyse. Das nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte analytische Dienstleistungszentrum des Fraunhofer ISC verfügt über eine hochmoderne instrumentelle und analytische Ausstattung. Das auch intern genutzte ZAA agiert extern als zentraler Ansprechpartner bei analytischen Fragestellungen für industrielle Produktentwicklungen und -optimierungen.

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 Transmissionselektronenmikroskop (TEM) dient zur Analyse des Materialgefüges bis in den Nanometerbereich. Dazu werden dem zu untersuchenden Material über fokussierte Ionenstrahlen (FIB) hauchdünne Proben entnommen. Mit der Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) wird die Oberflächenchemie und mit der Rasterkraftmikroskopie die Oberflächentopographie von Feststoffen detektiert.

Kontakt:
Zentrum für Angewandte Analytik ZAA
Rudi Flegler
Neunerplatz 2, 97082 Würzburg
✆ +49 931 4100-245
rudi.flegler@isc.fraunhofer.de
www.analytik-dienstleistungen.de

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR
DAC-P-0032-97-10

Zentrum für Geräte- und Anlagenentwicklung - Center of Device Developement CeDeD

Kernaufgabe von CeDeD ist 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 von Forschungsanlagen benötigt wird. Angefangen bei der Entwurfserstellung und Konzeptionierung, basierend auf dem 3D-Konstruktionstool AUTOCAD Inventor, bis hin zur computergesteuerten Bauteilfertigung in der Werkstatt wird die gesamte Entwicklungslinie von institutseigenen Forschungsanlagen abgebildet. CeDeD ist Ansprechpartner für interne und externe Forschungsgruppen wie auch direkter Partner der Industrie. CeDeD übernimmt die Entwicklung von Prototypen, Demonstratoren und Pilotanlagen für die Herstellung und Verarbeitung von neu entwickelten Werkstoffen oder von Forschungsgeräten für die Prozesskontrolle am Ende der Wertschöpfungskette.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung thermooptischer Messsysteme, die zur In-situ-Charakterisierung von Materialien während einer Wärmebehandlung eingesetzt werden. Messungen können im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis über 200°C erfolgen. Aktuelle Fragestellungen kommen aus der Spezialglas- und Hochleistungskeramikindustrie sowie aus der Weiterentwicklung von Feuerfestmaterialien. Dabei werden die neu entwickelten Verfahren unter Einsatz von Vakuumtechnik, Lasertechnologie und Robotik zu industriell nutzbaren Systemen ausgebaut. Themooptische Messverfahren sind für alle Werkstoffgruppen interessant, die während der Herstellung eine Wärmebehandlung durchlaufen, beispielsweise Materialien der Pulvermetallurgie und Spritzgusstechnik.

Durch die Zertifizierung im Bereich ISO 9001:2008 gewährleistet das Zentrum für Geräteentwicklung die vollständige Abbildung der Prozesskette mit einem jährlich geprüften Qualitätsmanagement und steht als verlässlicher Partner für die Entwicklung neuer Technologien zur Verfügung.

Kontakt:
Zentrum für Geräte- und Anlagenentwicklung CeDeD
Dr. Andreas Diegeler
Bronnbach 28, 97877 Wertheim
✆ +49 9342 9221 702
andreas.diegeler@isc.fraunhofer.de
www.ceded.de

Center Smart Materials CeSMa

»Intelligente« oder adaptive Materialien und Werkstoffe, deren Eigenschaften sich elektrisch oder magnetisch schalten lassen, werden unter dem Begriff »Smart Materials« zusammengefasst. Das 2009 am Fraunhofer ISC gegründete Center Smart Materials CeSMa hat die Aufgabe, die Einsatzpotenziale von unterschiedlichen Smart Materials für vornehmlich industrielle Kunden systematisch zu erschließen, mit dem Ziel, neue Produkte zu generieren.

Komplizierte mechanische Systeme können mit Smart Materials vereinfacht und mit ganz neuen Funktionen und Eigenschaften versehen werden. Einfachere Bauformen oder eine kombinierte Bauteil- und Systemüberwachung werdem möglich. Beispiele sind präzise Positionierungssysteme, semi-aktive und aktive Dämpfer, adaptive Kupplungen, Komponenten für eine autarke Energieversorgung von mikroelektronischen Bauteilen oder intelligente Bedienelemente mit haptisch integrierten Funktionen.

Schwerpunkte der im Rahmen von CeSMa vom Freistaat Bayern geförderten Arbeiten sind die praxisgerechte Materialentwicklung, die Auslegung der Materialeigenschaften auf definierte Anwendungen, die Untersuchung und Verbesserung der Materialien hinsichtlich Einsatzbedingungen und Lebensdauer sowie die Herstellung von Demonstratoren und Funktionsmustern für die Kunden aus der Industrie.

In den Entwicklungsprojekten kooperieren Fraunhofer-Forscher mit Arbeitsgruppen aus Universitäten, Fachhochschulen und der Industrie interdisziplinär. Partner sind zudem auch die bayerischen Cluster »Neue Werkstoffe« und »Mechatronik und Automation«. So kann CeSMa für industrielle Anwender nicht nur aus Bayern ein breites, wissenschaftlich-technisch fundiertes Material- und Technologieangebot bereitstellen.

Kontakt:
Center Smart Materials CeSMa
Dieter Sporn
Neunerplatz 2, 97082 Würzburg
✆ +49 931 4100-400
dieter.sporn@isc.fraunhofer.de
www.cesma.de

Center Smart Materials
CeSMa
Partner der Wirtschaft

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 ist das IZKK im Jahr 2011 Gastgeber für die 3. GLASSAC, eine internationale 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:
Internationales Zentrum für Kulturgüterschutz und Konservierungsforschung IZKK
Sabrina Rota
Bronnbach 28, 97877 Wertheim
✆ +49 9342 9221-710
sabrina.rota@izkk.de
www.izkk.de

izkk
Internationales Zentrum für Kulturgüterschutz und Konservierungsforschung

GRUNDSTEINLEGUNG FÜR DAS TECHNIKUM III

Es war ein großer Tag für das Fraunhofer ISC, als am 16. Juli feierlich der Grundstein gelegt wurde für den Erweiterungsbau, das Technikum III. Rund eineinhalb Jahre Vorbereitungszeit war da schon vergangen seit der Genehmigung des Raum- und Stellenplans durch das Bundesforschungsministerium. Zwei Stockwerke tief wird der Bau in den Boden reichen, vier Geschosse werden über der Erde aufragen. Der Platz wird hauptsächlich gebraucht für Labors und Technikumsflächen. Der Fraunhofer-Campus rund um den markanten Backsteinbau am Neunerplatz war zuletzt in den Jahren 1996 und 2006 um je ein Technikumsgebäude erweitert worden.

Vor rund 150 Gästen und noch einmal so vielen Mitarbeitern überbrachte Staatsminister Martin Zeil persönlich den Zuwendungsbescheid des Freistaats Bayern. Feierlich überreichte er ihn Institutsleiter Prof. Dr. Gerhard Sextl, verbunden mit guten Wünschen für die weitere Entwicklung des Instituts, der Forschungsregion Würzburg und des Wirtschaftsstandorts Bayern.

In seiner Dankesrede ging Prof. Dr. Sextl vor allem auch auf die Anforderungen an zeitgemäße Forschungsgebäude ein. Forschung und Entwicklung – gerade auch im Bereich der Werkstoffe – müssen bereits die Anforderungen in der industriellen Produktion berücksichtigen. Im neuen Gebäude werden solche industrienahen Standards bei der Entwicklung von Werkstoffen und Technologien v. a. im Bereich der Regenerativen Medizin, der Energiespeicherung und der Prozessoptimierung entsprechend verwirklicht. Es soll ein Gebäude sein, das Fortschritt und moderne Forschung schon durch seine optische Erscheinung nach außen trägt.

Wie Vorstandsmitglied Professor Alfred Gossner in seinem Grußwort betonte, lege die Fraunhofer-Gesellschaft großen Wert darauf, dass ihre Neubauten effizient und nachhaltig sind. So wird Solartechnik zur Wärme-Kälte-Gewinnung mit Adsorptionskältemaschinen eingesetzt. Das Raumklima wird durch eine Bauteiltemperierung unterstützt, die Lichtsteuerung tageslichtsensorisch und bewegungsabhängig erfolgen. Erklärtes Ziel sei es, Bau und Betrieb eines jeden Laborgebäudes dieser Größenordnung nachhaltig, d. h. energieeffizient und ressourcenschonend zu realisieren. »Das neue Technikumsgebäude des ISC wird eines der ersten dieser Art in Deutschland sein, das nach den Kriterien der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen DGNB zertifiziert werden soll.«

Würzburgs Oberbürgermeister Georg Rosenthal schloss sich in seinem Grußwort den guten Wünschen seiner Vorredner an. Er hatte die Erweiterungspläne des Fraunhofer ISC von Anfang an begeistert unterstützt. Unschätzbar für den Forschungsstandort Würzburg sei die Zusammenarbeit und Vernetzung mit umliegenden Hochschulen und der Würzburger Universität.

Versorgt mit Informationen zum geplanten Bau durch den federführenden Architekten Jan Hübener von Zaha Hadid Architects, London, und unterstützt von Regierungspräsident Paul Beinhofer, senkten die Ehrengäste dann den Grundstein – einen Edelstahlbehälter mit den Tagesdokumenten – in den vorbereiteten Mauersockel in der Baugrube.

Insgesamt wurden für die Baugrube rund 10 000 Kubikmeter Erdreich und Fels bewegt, seit dem 22. Juli 2010 wächst der Rohbau in die Höhe. Bis Mitte 2011 werden rund 7 000 Kubikmeter Beton für das Technikum III am Neunerplatz verbaut, dann können die Arbeiten an der komplex geformten Glasfassade beginnen. Mit der Fertigstellung des Labor- und Technikumsgebäudes rechnen die Planer Ende 2012.

CLUSTER-FORUM »NEUE FUNKIONALITÄTEN MIT GLAS«

Unterstützt vom Fraunhofer ISC veranstaltete der bayerische Cluster »Neue Werkstoffe« am 25. November 2010 das nun schon zweite Forum zum Schwerpunktthema Glas. Im Mittelpunkt standen in diesem Jahr Glasanwendungen in der Architektur, Energietechnik und Lichttechnik. Rund 80 Fachleute aus Industrie und Forschung diskutierten die Möglichkeiten des altbekannten Werkstoffs und das verborgene Potenzial, das durch neue Entwicklungen von Gläsern und Verarbeitungstechnologien erschlossen werden kann.

Prof. Dr. Josef Nassauer, Geschäftsführer Bayern Innovativ, und Institutsleiter Prof. Dr. Gerhard Sextl, die Schirmherren der Veranstaltung, zeigten sich erfreut über die gute Resonanz vonseiten der Industrie und hoben hervor, dass der Cluster auch weiterhin die Aktivitäten in Bayern rund um die High-Tech-Anwendungen von Glas fordern und fördern werde.

MS ENERGIE IN WÜRZBURG

Vom 5. bis 7. Oktober 2010 lag das Wissenschaftsschiff des BMBF vor Anker in Würzburgs altem Mainhafen, der letzten Station seiner Tour 2010. Mit dabei ein Exponat des Fraunhofer ISC: Ein interaktives Batteriemodell zur Funktionsweise einer Lithium-Ionen-Batterie. Um den Aufenthalt des Wissenschaftsschiffes für alle Würzburger noch interessanter zu gestalten, hatten die Stadt Würzburg, das Fraunhofer ISC und weitere Partner im benachbarten Museum Kulturspeicher eine Energie-Ausstellung konzipiert.

Unter dem Motto »Die Zukunft der Energie« präsentierte das ISC aktuelle Beispiele aus der Energieforschung, u.a. einen Energy Harvester, der im Rahmen eines Projekts des Bundesforschungsministeriums in einer Autobahnbrücke zum Einsatz gekommen war. 150 Gäste folgten der Einladung zum »Forum Energieszenario 2050«, um mit Prof. Ernst Ulrich von Weizsäcker und anderen namhaften Vordenkern über alternative Modelle zukünftiger Energieversorgung zu diskutieren.

SOL-GEL-TAGUNG

Rund 30 zahlende Teilnehmer konnte die Sol-Gel-Fachtagung verzeichnen, die von der Technischen Akademie Wuppertal zum zweiten Mal in Folge am Fraunhofer ISC veranstaltet wurde. Unter der Leitung von Dr. Johanna Kron aus dem Fachbereich Hybride Schichten und Beschichtungstechnologien des Fraunhofer ISC informierten am 28. und 29. September 2010 zwanzig Experten über industrielle Anwendungen von Sol-Gel-basierten Werkstoffen und Verfahren. Ein geführter Rundgang durch das Fraunhofer ISC ergänzte das Vortragsprogramm.

NACHHALTIGKEIT – LEITBILD FÜR FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Ein so abstrakter Begriff wie Nachhaltigkeit beinhaltet viele Aspekte. Die Brundtland-Kommission definierte 1987 in globalem Zusammenhang »Sustainable Development« als eine »Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können«. Im Leitbild der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung werden deutlich detaillierter die Begriffe **Generationengerechtigkeit, Lebensqualität, sozialer Zusammenhalt** und **internationale Verantwortung** als wesentliche Bestandteile einer nachhaltigen Entwicklung hervorgehoben.

Was bedeutet Nachhaltigkeit in der angewandten Forschung? Wie kann Nachhaltigkeit in Projekten und Geschäftsprozessen objektiv gemessen und bewertet werden? Was kann der einzelne Mitarbeiter, das einzelne Institut und was die Fraunhofer-Gesellschaft in Gesamtheit tun, um allen Bereichen der Nachhaltigkeit gerecht zu werden?

Die Beantwortung dieser Fragen ist Aufgabe des Vorstandsprojektes »Strategie zur Umsetzung des Leitbilds nachhaltige Entwicklung in der Fraunhofer-Gesellschaft«. Das Netzwerk Nachhaltigkeit, ein Zusammenschluss von ca. 20 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft, bearbeitet dieses Thema in drei Teilprojekten. Die Arbeiten haben im November 2010 begonnen und werden im vierten Quartal 2011 abgeschlossen sein. Das Fraunhofer ISC ist in alle drei Teilprojekte eingebunden.

Das erste Teilprojekt »Strategie und Leitbild« befasst sich mit der Entwicklung eines Leitbilds Nachhaltigkeit speziell für die angewandte Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft sowie dessen Bekanntmachung und Verbreitung nach innen und außen. Eine der Grundideen für dieses Leitbild ist es, das Selbstverständnis von Fraunhofer als einem Innovationsführer im wissenschaftlich-technischen Bereich auszuweiten auf eine Vorreiter- und Vorbildrolle bei der Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens in Wissenschaft und Forschung. Forschungspartner können so unmittelbar von unseren eigenen Erfahrungen profitieren.

Das zweite Teilprojekt, »Nachhaltige Forschung und Geschäftsprozesse«, richtet den Blick nach innen und beantwortet die Frage, wie nachhaltige Forschung gestaltet und bewertet werden kann. Ziel ist es, Standards zu setzen für eine verantwortungsvolle Forschung, Entwicklung und Innovation, unabhängig vom Forschungsthema. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Erarbeitung von Indikatoren und Bewertungswerkzeugen, die eine schlüssige Beurteilung der Umsetzung von Nachhaltigkeit in unseren Projekten erlauben. Daran wird der derzeitige Stand der Nachhaltigkeit in den Prozessen innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft gemessen, also was (welche Handlung) bereits heute zur Nachhaltigkeit beiträgt und wie (Prozessgestaltung) die Handlungen gestaltet und nachgeprüft werden. Ob Innovationsprozess oder Verwaltungsablauf – jeder Vorgang wird unter dem Gesichtspunkt des Leitbilds der Nachhaltigkeit überprüft.

Es hat sich bereits bei der Vorbereitung des Vorstandsprojekts gezeigt, dass viele Institute einzelne Kriterien aus der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung schon erfolgreich umgesetzt haben, dass dies jedoch selten geplant, sondern eher aus individuellem guten Willen geschehen ist. Die Schaffung des Bewusstseins, dass Nachhaltigkeit aktiv gestaltet werden und als zentraler Gedanke in den Projekten oder Geschäftsprozessen implementiert werden muss, wird hier zu einer besseren Zielorientierung beitragen.

Auch die Berichterstattung der Institute zum Thema Nachhaltigkeit soll vereinheitlicht werden. Im Rahmen des Vorstandsprojekts bereiten Pilot-Institute nach definierten Kriterien Nachhaltigkeitsberichte vor. Die Erfahrungen werden zusammengefasst und fließen in einen zukünftigen Standard zur Erstellung der Berichte ein. Institute und interessierte Leser können die Entwicklungen verschiedener Institute damit leichter vergleichen.

Das dritte Teilprojekt »Forschung für die Nachhaltigkeit« beschäftigt sich mit den Forschungsinhalten: Was sind die Themen der Zukunft, welchen Beitrag leisten sie zu einer nachhaltigen Entwicklung und für welche der globalen Herausforderungen bieten sie Lösungsansätze. Die Ergebnisse dieses Teilprojekts hängen eng mit den von der Fraunhofer-Gesellschaft definierten »Zukunftsthemen der Gesellschaft« zusammen und sollen gemeinsam mit diesen in die Unternehmensstrategie der Fraunhofer-Gesellschaft aufgenommen werden.

Das Fraunhofer ISC unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit – eine erste Bestandsaufnahme

Seine Stärken hat das Fraunhofer ISC im **sozialen Zusammenhalt** und der **Generationengerechtigkeit**. Seit Jahren hat das Fraunhofer ISC eine konstant hohe Ausbildungsquote. Das Angebot reicht von Ausbildungsplätzen in den Chemie- oder Physiklabors, in den mechanischen und Elektro-Werkstätten bis hin zur kaufmännischen Verwaltung. Eine ganze Reihe unserer Absolventen konnten jeweils in Festanstellungen übernommen werden. Im wissenschaftlichen Bereich bietet das Fraunhofer ISC Plätze für Diplom- oder Masterarbeiten und für Promotionen an. Darüber hinaus beschäftigen wir Praktikanten und wissenschaftliche Hilfskräfte, so dass Studierende bereits zu einem frühen Zeitpunkt ihrer Ausbildung mit der anwendungsorientierten Forschung vertraut werden können.

Das Institut arbeitet hier eng mit dem Lehrstuhl »Chemische Technologie der Funktionswerkstoffe« an der Universität Würzburg und dem Lehrstuhl »Keramische Werkstoffe« an der Universität Bayreuth zusammen. Das Interesse für naturwissenschaftliche und technische Berufe muss jedoch schon früher geweckt werden. Das Fraunhofer ISC öffnet deshalb seine Türen regelmäßig für Schulklassen und Lehrergruppen, die unser Institut besuchen, und beteiligt sich seit Jahren mit speziell konzipierten Aktionen am »Girls' Day«. Zwar ist der Anteil von Frauen an der Gesamtzahl der Mitarbeiter und unter den Studenten mit nahezu 50% innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft außergewöhnlich hoch. Doch unter den Führungskräften ist der Anteil mit 15% noch zu niedrig.

Ein weiterer Aspekt ist die Beschäftigung von Mitarbeitern mit Handicap. Das Fraunhofer ISC liegt hier seit Jahren über der geforderten Quote und deutlich über dem Fraunhofer-Durchschnitt. Für die sich abzeichnende Erhöhung des Renteneintrittsalters dagegen ist das Fraunhofer ISC noch nicht gerüstet – ebenso wenig wie die Fraunhofer-Gesellschaft insgesamt. Die Zahl der Mitarbeiter mit einem Lebensalter über 60 Jahre ist stetig gesunken. Gerade eine wissensbasierte Einrichtung mit einem geringen Aufkommen an schwerer körperlicher Tätigkeit könnte hier bei der Beschäftigung älterer Mitarbeiter eine Vorreiterrolle übernehmen.

Stolz sein können wir auf die Nutzung und Erhaltung historischer Bausubstanz. Unser Hauptgebäude von 1892 ist mit den Nachfolgebauten vernetzt und zeigt nichts weniger als musealen Charakter. Dies gilt noch viel mehr für unsere Außenstelle in der denkmalgeschützten Klosteranlage Bronnbach, in der wir das ehemalige Wirtschaftgebäude aus dem 16./17. Jahrhundert und seit März 2011 auch eine Remise aus dem 19. Jahrhundert als Forschungsstätte nutzen.

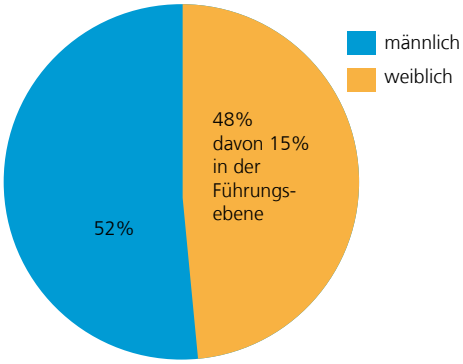
Dieses Teilprojekt wird dazu führen, Schwachstellen oder Versäumnisse in unseren Handlungsweisen zu erkennen und abzustellen. Wir sind überzeugt, dass die intensive Beschäftigung mit dem Thema Nachhaltigkeit nicht nur zu einer veränderten Blickweise auf Herausforderungen führt, sondern ganz neue Lösungsansätze ermöglicht.

Obwohl die strategische Ausrichtung hin zur Nachhaltigkeit in der Fraunhofer-Gesellschaft noch nicht vollzogen ist, gibt es am Fraunhofer ISC bereits heute eine Vielzahl von Projekten, die sich diesem Thema zuordnen lassen. Die Förderung von Ressourcen- und Energieeffizienz in Herstellungsprozessen oder auch die Substitution bedenklicher Inhaltsstoffe (REACH), die sowohl forscherisch als auch beratend betrieben und begleitet werden, hat für unsere eigenen Projekte eine ebenso hohe Bedeutung wie für die Produkte unserer Kunden und Partner. Ressourcenschonung und Langlebigkeit von Produkten sind bereits heute impliziter Bestandteil unserer Forschungsarbeit. Besonderes Augenmerk werden wir zukünftig auf die Verfügbarkeit und die Substitution von Rohstoffen wie auch auf die Recycling- und Reparaturfähigkeit von Produkten richten.

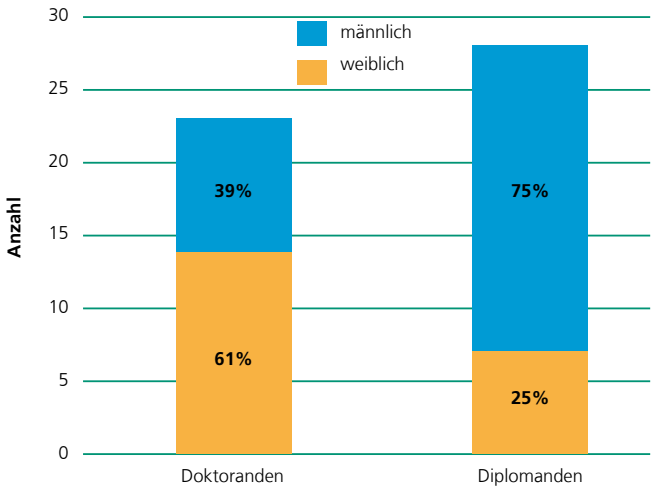
Das Netzwerk Nachhaltigkeit entstand aus einer Initiative, die seit 2007 ganz wesentlich von Fraunhofer ISC-Mitarbeiterin Dr. Johanna Leissner vorangetrieben wurde.

Im Dezember 2009 wurde das Netzwerk offiziell gegründet und Prof. Thomas Hirth vom Fraunhofer IGB in Stuttgart als Leiter einstimmig gewählt.

Personalstamm (Köpfe)



Doktoranden und Diplomanden (Köpfe)



KONTAKT

Dr. Rolf Ostertag
Strategisches Management

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

Dr. Johanna Leißner
Wissenschaftliche Repräsentantin
Fraunhofer-Büro Brüssel
Rue du Commerce 31
1000 Brüssel, Belgien

✆ +32 2 506-4243
johanna.leissner@zv.fraunhofer.de

Zertifizierung des Technikums III mit dem Deutschen Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen (DGNB)

Aufgrund des kontinuierlichen Wachstums des Fraunhofer ISC in den letzten Jahren stößt das Institut räumlich an seine Grenzen. Schon heute fehlen, gemessen an der Mitarbeiterzahl, allein 300 m² Bürofläche – noch eklatanter wird die Raumnot bei den Labor- und Technikumsflächen. Der mittlerweile seit mehr als 50 Jahren als Forschungsinstitut benutzte und teilweise denkmalgeschützte Altbau aus dem 19. Jahrhundert wurde seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts nicht mehr grundsaniert. Daher wurde bereits im Jahr 2006 intern mit den Planungen zur Errichtung eines neuen Technikumgebäudes begonnen. Der Grundstein wurde im Sommer 2010 gelegt und das Gebäude wird Ende 2012 bezugsfertig sein. Damit stehen für die Geschäftsbereiche ca. 2500 m² Labor- und Technikumsfläche zur Verfügung, um bestehende und neue Arbeitsgebiete auf- und auszubauen.

Das Fraunhofer ISC hat den Schwerpunkt seiner Forschungsaktivitäten in den Themenfeldern Energie, Umwelt und Gesundheit, daher trägt es auch eine besondere Verantwortung zur Schonung von Umwelt und Ressourcen. Um der gesellschaftlichen Verantwortung und des Vorbildcharakters der Fraunhofer-Gesellschaft im Bereich der Nachhaltigkeit gerecht zu werden, wurde in der Planungsphase beschlossen, den Neubau mit dem deutschen Gütesiegel für nachhaltiges Bauen auszeichnen zu lassen. Damit könnte das Technikum III des Fraunhofer ISC als eines der ersten Labor- und Technikumsgebäude von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. – kurz DGNB – zertifiziert werden.

Die DGNB wurde 2007 auf Initiative der Bau- und Immobilienwirtschaft gegründet. Das Ziel war, ein ganzheitliches Entwicklungssystem für nachhaltige Bauwerke zu schaffen. Mit dem Gütesiegel für nachhaltiges Bauen werden Gebäude ausgezeichnet, die umweltfreundlich und ressourcensparend errichtet werden. Dabei wird nicht nur die Bauphase, sondern darüber hinaus der komplette Lebenszyklus – von der Planung über Nutzung bis hin zum Rückbau – eines Gebäudes betrachtet. Im Fokus steht neben der Minimierung des Verbrauchs von Energie und Ressourcen die Schonung des Naturhaushalts. Die Bewertung der Nachhaltigkeitsaspekte erfolgt unter Zugrundelegung einer Vielzahl von »Steckbriefen« in den sechs Themenfeldern ökologische, ökonomische, soziokulturelle und technische Qualität sowie der Prozess- und Standortqualität. Am Ende des Prozesses entscheidet die erzielte Punktesumme in allen Themenfeldern über die Auszeichnung mit einem DGNB-Label in Bronze, Silber oder Gold. Die Fraunhofer-Gesellschaft beauftragte das Ingenieurbüro Sorge in Nürnberg mit der professionellen Betreuung des Projekts.

Die DGNB-Steckbriefe

Im ersten Themenfeld werden für das Gebäude eine Ökobilanz nach DIN sowie der Gesamtprimärenergiebedarf (erneuerbar/nicht erneuerbar) nach EnEV erstellt. Bewertet werden dann unter anderem das Treibhauspotenzial und das Ozonschichtzerstörungspotenzial. Andererseits wird hier aber auch z. B. das Potenzial zur Bildung von bodennahem (troposphärischem) Ozon (POCP) berechnet und in die Bewertung miteinbezogen. Weiter dürfen z. B. ausschließlich zertifizierte europäische Holzprodukte aus nachhaltiger Forstwirtschaft verwendet werden. Im Bereich der Dämmung, Beschichtung, Verwendung von Klebern, Imprägnierungen etc. wird darauf geachtet, dass keine halogenhaltigen Materialien bzw. ausschließlich Stoffe verwendet werden, die nicht sensibilisierend oder sogar gesundheitsschädlich sind. Für sämtliche eingesetzten Stoffe müssen Nachweise in Form von Produktdatenblättern vorgelegt werden.

Ein weiteres Themenfeld beschäftigt sich mit der soziokulturellen und funktionalen Qualität des Gebäudes. Im Vordergrund steht hier die Wirkung des Gebäudes nach innen und nach außen. In Bezug auf die Nutzer werden hier die Aspekte von Gesundheit, Wohlbefinden und die Behaglichkeit des Gebäudes betrachtet. Zur Kontrolle der Raumluftqualität wird nach Fertigstellung ein Labor exemplarisch einer Luftqualitätsmessung unterzogen und neben Temperatur und Feuchte auf mögliche Schadstoffe untersucht. Daneben werden hier die Kriterien in Bezug auf den thermischen, den visuellen und den akustischen Komfort des Gebäudes bewertet. Die Außenwirkung betrachtet den Umgang mit dem Bürger. Durch die meist exponierte Lage stehen öffentliche Gebäude verstärkt im Blickfeld der Öffentlichkeit. Da die Baukultur ein wichtiger Faktor für die Identität einer Gesellschaft ist, entsteht hier eine Vorbildfunktion und damit einhergehend eine besondere Verantwortung zur Wertbeständigkeit und zum Werterhalt. Das Fraunhofer ISC legt besonderen Wert auf die öffentliche Akzeptanz des Neubaus Technikum III, die sich bereits vor Baubeginn durch die breite Zustimmung zum vorgestellten Entwurf und weiterhin auch während der Rohbauphase zeigte. Durch Maßnahmen wie die künstlerische Gestaltung des Bauzauns durch Schulklassen des Stadtteils und ortsbekannte Graffitikünstler wurde auch die lokale Verbundenheit zum Ausdruck gebracht.

Bis zur Inbetriebnahme des Technikum III Anfang 2013 werden die verantwortlichen Institutskollegen eng mit der Bauabteilung C3 der Fraunhofer-Zentrale, den Projektplanern sowie dem von der DGNB zertifizierten Auditor zusammenarbeiten, um ein bestmögliches Ergebnis im Sinne der Nachhaltigkeit für Mensch und Umwelt zu erzielen.

KONTAKT

Michael Martin
Leiter Technischer Dienst / Bau

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

GESUN

DHEIT

ZUM BUNDESWEITEN WISSENSCHAFTSJAHR DER GESUNDHEITSFORSCHUNG 2011 SIND IM THEMENSCHWERPUNKT GESUNDHEIT UNSERES JAHRESBERICHTS AKTUELLE FORSCHUNGSTHEMEN ZUSAMMENGEFASST.

NEUARTIGES SCHONENDES VERKAPSELUNGSVERFAHREN 46

MATERIALENTWICKLUNG IM DIENST EINER BEZAHLBAREN ZAHNMEDIZIN 50

ORMOBEAD® – NEUE GENERATION VON PARTIKELSYSTEMEN 54

DREIDIMENSIONALE ZELLTRÄGERSTRUKTUREN 58

WOHNRAUMGESUNDHEIT FÖRDERN UND SICHERN 62

SCHADSTOFFANALYTIK IM ZEICHEN AKTUELLER EU-REGELUNGEN 66

SUBSTITUTION BEDENKLICHER INHALTSTOFFE BEI DER GLASHERSTELLUNG 70

THEMENSCHWERPUNKT GESUNDHEIT

In der Gesundheitsforschung für die effektive und qualitativ hochwertige medizinische Versorgung von morgen nimmt die Entwicklung von neuen Werkstoffen und Technologien zu ihrer Verarbeitung und Charakterisierung eine Schlüsselposition ein. Im Fokus stehen neue oder verbesserte, bezahlbare Diagnose- und Therapieverfahren ebenso wie neue Ansätze und Wege zur Prävention, von der möglichst alle profitieren können sollen. Die Forschung zur Bekämpfung von Volkskrankheiten wie Herz-, Kreislauferkrankungen, Tumoren, Rheuma, Diabetes, Osteoporose, neuronale Erkrankungen, Karies etc. wird gemäß der Strategie der Bundesregierung in den Jahren 2011-2014 allein mit 5,5 Mrd € unterstützt. Rahmenbedingungen und Zielvorgaben schaffen dabei auch die weiterhin steigende Lebenserwartung in den Industrienationen und die damit verbundene alterstypische Zunahme von Erkrankungen sowie der Kostendruck im Gesundheitswesen.

Ein zunehmendes individuelles Gesundheitsbewusstsein fordert interdisziplinäre Herangehensweisen. Wellness, »Gesundes Wohnen«, »Ambient Assisted Living« – d. h. eine Verknüpfung von Technologien und sozialem Umfeld – oder die Minimierung von Schadstoffen in Umwelt und Nahrungskette sind einige Beispiele für fachübergreifende Themenfelder, die in direktem oder indirektem Zusammenhang mit dem Wohlbefinden und der Gesundheit des Individuums stehen.

Das Fraunhofer ISC entwickelt für die genannten Bereiche maßgeschneiderte Lösungen auf Basis von nichtmetallischen Werkstoffen, Hybridpolymeren, Keramiken und Gläsern. Das zunehmende Verständnis der Wechselwirkungsmechanismen zwischen biologischen Systemen auf nanoskaliger Ebene eröffnet in diesem Zusammenhang zahlreiche Ansatzpunkte für Materialien mit ganz neuen, teilweise sogar multiplen Funktionen. Besonders zukunftsweisend sind biohybride Materialien mit integrierten diagnostischen und therapeutischen Funktionen.

Aktuelle Schwerpunkte im Bereich Forschung und Entwicklung bilden Werkstoffe für die Regenerative Medizin, die Dentalmedizin und die Diagnostik. Ein Beispiel für das Anwendungsgebiet Regenerative Medizin sind dreidimensionale Zellträgerstrukturen aus resorbierbaren Fasern als Wundeinlage oder frei strukturierbare und triggerbare Hybridpolymere als Implantatmaterial. Ergänzt werden diese Konzepte von steuerbar aktiven Materialien auf Silikonbasis für den Bereich des Tissue Engineering.

Monomerfreie, hochgefüllte Hybridpolymere, Glaskeramiken und infiltrierbare Hybridwerkstoffe werden im Bereich der Dentalmedizin entwickelt. Im Mittelpunkt stehen hier Produkte für Chairside-Verfahren und die lebensaltersgerechte dentale Restauration. Bereits sehr erfolgreich auf dem Markt etabliert sind besonders haltbare Kunststoff-Zahnfüllungen auf Basis einer hybridpolymeren ORMOCER®-Matrix. Diese speziellen Dentalmaterialien werden gemeinsam mit der Industrie im Hinblick auf Anwendungsfreundlichkeit und Produkteigenschaften kontinuierlich weiterentwickelt.

Neuartige bioresorbierbare Wundeinlagen aus Kieselgelfasern sind seit Ende Oktober 2010 u.a. für die Indikationen „diabetische Ulcera“ und „Verbrennungen 2. Grades“ im europäischen Markt zugelassen. Multifunktionelle (Nano-)Partikel für die diagnostische Bildgebung in Analysegeräten, biologischen Assays und lebenden Organismen sowie die partikuläre Verkapselung von Wirkstoffen stellen einen weiteren Forschungsschwerpunkt dar. Aktuelle Projekte widmen sich u. a. biokompatiblen Partikeln für den In-vivo-Einsatz (ORMOBEAD® vivo), die verschiedenen Detektionsarten zugänglich sind (Photolumineszenz, CT, NMR) und dadurch z. B. eine zerstörungsfreie Bildgebung biologischer Prozesse ermöglichen.

Im neu entstehenden Technikumsbau des Fraunhofer ISC werden dem Bereich Gesundheitsforschung 300 m² an Laborfläche zur Verfügung stehen, die für Materialentwicklungen unter Reinraum- bzw. GMP-nahen Bedingungen ausgestattet werden. Damit bietet das Fraunhofer ISC auch im Bereich Life Science ein produktionsnahes Forschungsumfeld, in dem neue Entwicklungen schneller in industrielle Produktionsstandards überführt werden können.

KONTAKT

Dr. Jörn Probst
Leiter Geschäftsbereich
Gesundheit

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

Verkapselte ölige Flüssigkeit

NEUARTIGES SCHONENDES VERKAPSELUNGSVERFAHREN

Die Verkapselung ist ein Prinzip, partikuläre Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gase mit einer Hülle zu umgeben. Diese Technik dient beispielsweise dazu, Flüssigkeiten in Pulver zu verwandeln, flüchtige Inhaltstoffe zu stabilisieren, reaktive Inhaltstoffe zu trennen, empfindliche Materialien vor Umgebungseinflüssen zu schützen oder Wirkstoffe kontrolliert freizusetzen. Die Ummantelung von Inhaltstoffen hat in den Bereichen Pharmazie, Medizin, Kosmetik, Ernährung, Textil, Chemie, Landwirtschaft und Umwelt bereits jetzt große Bedeutung, mit wachsender Tendenz.

Die bekannten Verkapselungsverfahren insbesondere für flüssige oder pastöse Substanzen sind in der Regel kompliziert, funktionieren häufig nur inhaltstoffspezifisch und erfordern von Fall zu Fall einen hohen Anpassungsaufwand. Darüber hinaus ist das Kontaminations- und Schädigungsrisiko für die Inhaltstoffe hoch, z. B. infolge langer Kontaktzeiten mit unreagiertem Schalenmaterial, durch Lösungsmittel- oder auch Wärmeeintrag. In anderen Fällen sind die Kapselwände überproportional stark. Schnelle variable Kapselungsalternativen z. B. auf Basis ultradünner mechanisch stabiler glasartiger Hüllenmaterialien gibt es nicht.

Neue Techniken am Fraunhofer ISC

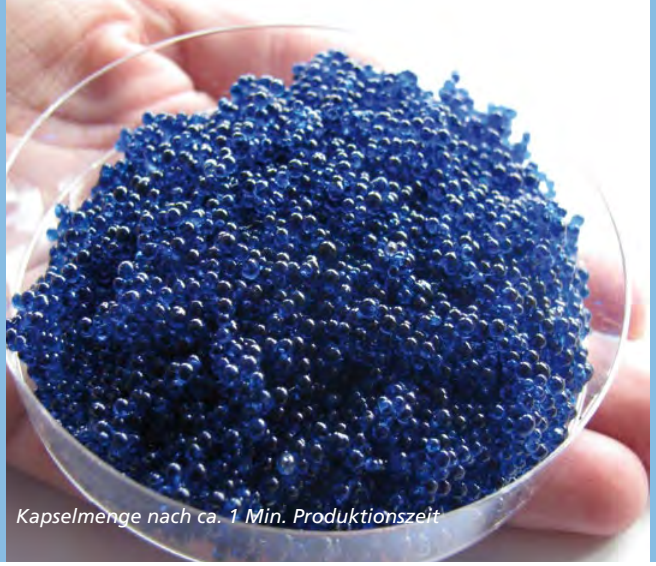
Das Fraunhofer ISC entwickelt ein neues Verfahren, mit dem eine adaptive Entwicklungsumgebung bereitgestellt werden soll, die den kundenspezifischen Anforderungen nach kurzen Umsetzungszeiten für die Verkapselung unterschiedlicher Materialien in besonderer Weise gerecht wird. Die neue Technik verwendet lichthärtbare Kapselmaterialien auf Basis anorganisch-organischer Hybridpolymere. Es handelt sich dabei um bereits vorvernetzte Materialien, die mit sehr kurzen Belichtungszeiten ausgehärtet werden.

Damit soll eine besonders schonende und saubere Form der Kapselung bei möglichst geringer Temperaturtönung, ohne Lösungsmitteleintrag, Verunreinigung oder Schädigung durch Fremdsubstanzen, wie eindiffundierende Monomere, erreicht werden. Da Hybridpolymere sowohl hydrophil als auch hydrophob sind und damit grenzflächenaktiv wirken, sind sie für polare und unpolare Inhaltstoffe geeignet. Dadurch lässt sich das Verfahren für viele Anwendungen einsetzen und auf unterschiedlichste Substanzen übertragen. So können wässrige Suspensionen oder ölige Inhaltstoffe mit ein und demselben Verkapselungsmaterial umhüllt werden, ebenso wie empfindliche biologische Komponenten.

Verfahrensbeschreibung

Das neue Verkapselungsprinzip baut auf der Koextrusionstechnik auf. Dabei wird mit Hilfe einer Düsenkombination – bestehend aus einer ringförmigen Düse mit einer zentralen Innendüse – der flüssige oder pastöse Inhaltstoff direkt in die Tropfen des Kapselmaterials injiziert. Die Tropfen passieren im freien Fall die Strahlungszone einer UV-Lichtquelle und härten innerhalb von Sekundenbruchteilen aus. Insgesamt ist der Kapselungsvorgang – beginnend mit der Materialzusammenführung in der Düse bis hin zum Auftreffen der Kapseln im Auffangbehälter – innerhalb von zwei Zehntel Sekunden abgeschlossen.

Ausgehend vom einfachen Vertropfungsmodus, bei dem sich unter der Wirkung der Schwerkraft Kapsel für Kapsel von der Düse ablöst, erfolgte die Weiterentwicklung des Verfahrens nach dem Prinzip des sogenannten schwingungsinduzierten laminaren Strahlzerfalls, das auch als Brace-Verfahren bekannt ist. Dazu wird dem aus der Düse austretenden und aus Kern- und Schalenmaterial bestehenden Materialstrom eine


Kapselmenge nach ca. 1 Min. Produktionszeit

Vibration überlagert, die zu äquidistanten Einschnürungen mit anschließender Kapselbildung führt. Wie beim Übergang vom tropfenden Wasserhahn zum laminaren Fluß erreicht man damit eine Steigerung des Umsatzes um Größenordnungen und gelangt letztlich zu einem effizienten und wirtschaftlichen Verfahren. Rund drei Liter Material können pro Düse und Stunde beispielsweise zu gleichförmigen Kapseln mit einem Durchmesser von 1,8 mm verarbeitet werden. Durch Wahl der Düsengeometrie und der Materialflüsse können Kapselgröße und Wandstärke gezielt und unabhängig voneinander eingestellt werden. Der mit diesem Verfahren prinzipiell zugängliche Bereich der Kapseldurchmesser erstreckt sich von ca. 0,2 bis 5 mm, während Wandstärken von ca. 0,05 bis 1 mm möglich sind.

Aktueller Stand

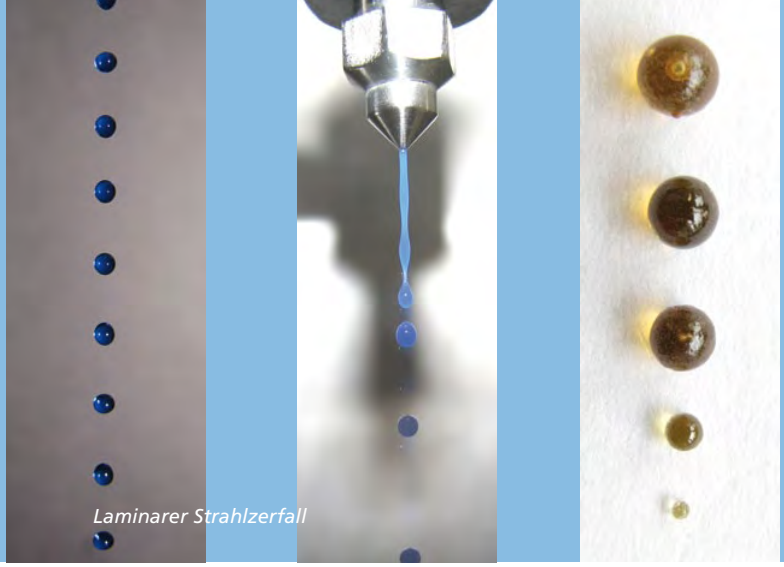
Der Schwerpunkt der bisherigen Arbeiten lag auf der Prozessentwicklung. Auf Basis der hybridpolymeren Modellformulierung eines Mehrfachacrylatsilans wurden die Verfahrensschritte der Kapselformierung, des laminaren Strahlzerfalls und der UV-Härtung studiert. Mit diesen Eckdaten wurde eine Anlage konzipiert und gebaut, mit der die Herstellung von Testmustern im Liter-Maßstab möglich ist.

Es konnte bereits gezeigt werden, dass die Kapselformierung im Durchmesserbereich von 0,6 bis 5 mm funktioniert. Entsprechend den Erwartungen können mit dem gleichen Hybridpolymer-System sowohl wässrige als auch ölige Verbindungen gekapselt werden. Exemplarisch wurden bereits wässrige Farbstoff-Lösungen, Salzhydrate als sogenannte Phase Change Materials (PCM), Partikelsuspensionen, ätherische Öle und eine Sonnencreme von pastöser Konsistenz erfolgreich verarbeitet. Derzeit wird das Verfahren zur Verkapselung von Reaktivmonomeren für Zwei-Komponenten-Klebstoffe erprobt. Diese Entwicklung erfolgt zusammen mit der Firma ratiochem GmbH im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Projekts.

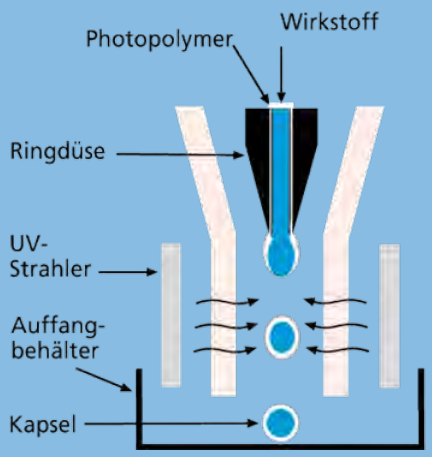
Ein Portfolio verschiedenster Kapselmaterialien

Nach dem Abschluss der verfahrenstechnischen Grundlagen liegt der Fokus auf der Eigenschaftsmodulation des Schalenmaterials. Eine Zielrichtung werden Kapseln mit besonderer Barrierewirkung z. B. für Wasserdampf, Sauerstoff oder Aromastoffe sein, mit der die Hybridpolymere bereits seit vielen Jahren assoziiert werden. Ein zweites Feld sind semipermeablen Membranen z. B. zur Verkapselung von Absorber-Materialien oder biologisch aktiven Substanzen. Das dritte Feld betrifft die kontrollierte Freisetzung von Wirkstoffen, die gerade für die Bereiche der Pharmazie, Medizin und Kosmetik von großem Interesse ist. Die Kapselung von Reaktivsubstanzen als Zuschlagstoffe, z. B. für die Einleitung regenerativer Prozesse oder für druckstabile Mikroreaktoren ist ein weiteres Thema. Screening-Studien für konkrete Applikationsuntersuchungen sind in der Vorbereitung.

Auf diese Weise wird sukzessive ein Portfolio verschiedener Kapselmaterialien aufgebaut, mit dem flexibel und schnell Verkapselungsaufgaben gelöst werden können.



Laminarer Strahlzerfall



Schema Herstellungsverfahren

Eigenschaften

Kapselgeometrie

Durchmesser:	0,2 – 5 mm
Wandstärke:	0,05 – 1 mm

Materialien

Schalenmaterial:	Hybridpolymere, Photopolymere (Acrylate, Methacrylate)
Inhaltsstoffe:	flüssig/pastös wässrig, ölig

Kapselungseffizienz pro Düse (Laboranlage)

2mm-Kapseln:	ca. 60 ml/min entspr. 15 000 Kapseln/min
1mm-Kapseln:	ca. 15 ml/min entspr. 30 000 Kapseln/min

KONTAKT

Thomas Ballweg
Fachbereich Partikeltechnologie und Grenzflächen

✆ +49 931 4100-512
thomas.ballweg@isc.fraunhofer.de

Schleifvorgang einer vollanatomischen Krone

MATERIALENTWICKLUNG IM DIENST EINER BEZAHLBAREN ZAHNMEDIZIN

Bedarf im Bereich der dentalen Versorgung

Bereits 2006 wies die WHO in ihrem Weltprogramm für Mundgesundheit darauf hin, dass die Mund- und Zahngesundheit ein wichtiger Bestandteil der Gesamtgesundheit und der Lebensqualität des Menschen sei und deshalb stärker in das öffentliche Bewusstsein gehoben werden müsse. In Zeiten knapper Kassen im Gesundheitswesen und steigender Kosten der zahnärztlichen Behandlung ist hier jedoch ein enormer Kostendruck zu spüren. Allein im Bereich des Zahnersatzes stiegen die Ausgaben der Versicherungsträger von 5,7 Mrd Euro im Jahr 2007 auf über 6,2 Mrd Euro im Jahr 2009, wie die Gesundheitsberichterstattung des Bundes vermerkt.

Die wichtigsten Trends der führenden Dentalmesse IDS in Köln folgen dieser Notwendigkeit:

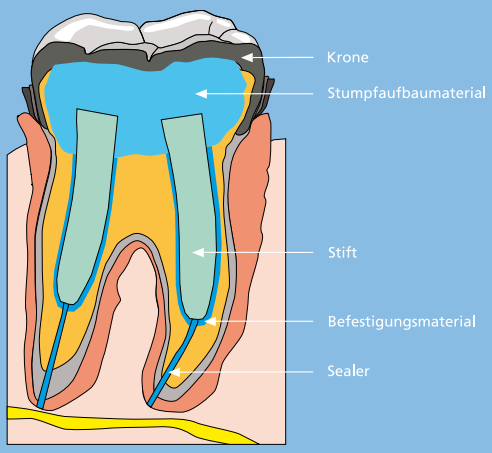
- Natürliche Zähne werden durch frühe und umfassende Diagnostik und minimalinvasive Behandlungsmethoden so lange wie möglich erhalten.
- Wenn Zahnersatz nötig ist, soll er möglichst naturgetreu aussehen und höchste Ästhetik und Funktionalität bieten.
- Die Digitalisierung und Vernetzung von Praxis und Labor steigert die Effizienz in der wirtschaftlichen Herstellung von Zahnersatz.

Diese Entwicklung schafft großen Bedarf an kostengünstigen, einfach zu applizierenden, aber dennoch hochwertigen Lösungen für eine zahnerhaltende wie auch prothetische Versorgung. Dabei müssen ästhetische Faktoren ebenso berücksichtigt werden wie die Funktionalität, Dauerhaftigkeit und die physiologische Verträglichkeit, um den Ansprüchen der Zahnärzte, der Zahntechniker und vor allem der Patienten zu genügen.

Mit seinen Entwicklungslinien für verschiedene Indikationen und Applikationsmethoden im zahnmedizinischen Bereich hat das Fraunhofer ISC auf diesem Sektor langjährige Erfahrung. Insbesondere die auf hybridpolymeren Kompositen (ORMOCER®en) basierenden Zahnfüllungsmaterialien sind seit Langem auf dem Markt eingeführt und wurden stetig weiterentwickelt. So wurde beispielsweise in Zusammenarbeit mit der Firma VOCO GmbH, Cuxhaven, die Admira®-Produktpalette auf ORMOCER®-Basis entwickelt. Dazu zählt neben dem Füllungskomposit zusammen mit einem darauf abgestimmten Bonding auch ein Flow-Material für minimalinvasive Präparationen und zum Ausblocken von Unterschnitten (z. B. für den Stumpfaufbau) sowie ein Protect-Material zur Desensibilisierung von empfindlichen Zahnhälsen und – präventiv – ein Fissurenversiegeler. Ebenfalls seit vielen Jahren sehr erfolgreich auf dem Markt ist das Füllungskomposit Ceram•x™ der Firma Dentsply. Damit verbunden wurde profunde Kompetenz hinsichtlich zahnmedizinischer Fragestellungen und adäquater Lösungen aus dem materialwissenschaftlichen Bereich aufgebaut.

Materialbasis ORMOCER® – Vielfalt durch multifunktionelle Precursoren

Entsprechend den Markterfordernissen liegen die Schwerpunkte der Forschungs- und Entwicklungsarbeit im Fraunhofer ISC im Bereich der (bio/aktiv)funktionalisierten Materialien für die Zahnerhaltung – dazu zählen Restauration, Prophylaxe/Prävention und Regeneration – sowie für den Zahnersatz. Zu unseren Kernkompetenzen gehören dabei die Synthese/Entwicklung von multifunktionellen Precursoren bis hin zu anwendungsadaptierten Werkstoffen, wie z. B. Harzsysteme ohne den Einsatz von dentalen Monomeren, (Nanohybrid)komposite und Glasionomerzemente. Sie bilden eine ausgezeichnete Basis für direkte und indirekte Restaurationen wie Füllungen, Stumpfaufbau,



Scanvorgang eines Gipsmodells (Ausschnitt: präparierter Zahnstumpf)

Sealer oder Kronen, Inlays, Onlays und Prothetik. Darauf abgestimmte self- bzw. total-etch-Adhäsive stehen für einen kraftschlüssigen Verbund zwischen Zahngewebe und Restaurationsmaterial bereit. Begleitet werden diese Entwicklungen durch umfassende sowie spezielle applikationsbezogene (bio-) chemisch/physikalische Charakterisierungen. Die Verfahren werden kontinuierlich neuen Erkenntnissen und kundenspezifischen Vorgaben angepasst. Unter anderem werden folgende Verfahren genutzt:

- Chemische Analytik ↔ (Festkörper) Multikern-NMR, IR-, (Mikro-) Raman, XRD, ICP, GC etc.
- Rheologie/Fließverhalten ↔ Rheometer
- Härtungs-/Polymerisationsverlauf/Umsatz ↔ (Mikro) Raman, (Photo)DSC, IR, In-situ-Temperaturmessung
- (In-situ) Schrumpfung ↔ Laser-, Auftriebsmethode
- Ausdehnungskoeffizient ↔ Dilatometer
- Mechanische Werkstoffprüfung ↔ (Bruch-, Druck-, Zugfestigkeit, E-Modul, Bruchzähigkeit, Dehnung) ↔ DMA, Universalprüfmaschine
- Oberflächenanalytik und -mechanik ↔ ACTA-Abrasion, Vickershärte, REM, TEM, AFM, Rauigkeitsmessung
- Grenzflächenanalytik und -mechanik bzgl. Zahngewebe und Modellsystemen (Scherfestigkeit) ↔ (Mikro-) Zugtest, Schertest
- Ätz- und Benetzungsverhalten, Mikro-Raman
- Wasser-Aufnahme/Löslichkeit ↔ Gravimetrie
- Ästhetik ↔ Farb-, Streulichtmessung
- Füllstoff-/Partikelcharakterisierung ↔ DLS, Fraunhofer Beugung, REM, TEM.

Werkstoffe für den Aufbau endodontisch behandelter Zähne

Eine Wurzelkanalbehandlung, die sogenannte endodontische Therapie, kann Zähne, deren Pulpa erkrankt oder gar bereits abgestorben ist, langfristig erhalten. Sehr stark geschädigte Zähne mit hohem Substanzverlust müssen dazu mitunter komplett neu aufgebaut werden. Bei der Restaurierung nach herkömmlichen Behandlungskonzept kommen eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien zum Einsatz, die nicht immer miteinander oder mit der Zahnhartsubstanz kompatibel sind. Beispielsweise werden nicht angepasste Härten und Elastizitätsmoduli für Wurzelfrakturen, Stiftbrüche und für vorzeitig verminderte Haltwirkung der Stiftaufbauten verantwortlich gemacht. Die Misserfolgsrate ist dementsprechend hoch. Sie könnte erheblich verringert werden, wenn man Werkstoffe einsetzt, deren Eigenschaften exakt aufeinander abgestimmt sind. Gemeinsam mit dem in Cuxhaven ansässigen Industriepartner VOCO GmbH hat das Fraunhofer ISC zu diesem Zweck ein innovatives Werkstoffkonzept auf Basis einer chemisch homogenen Materialklasse entwickelt. Durch Entwicklung und Einsatz unterschiedlich funktionalisierter Precursor-Silane und angepasster Kondensationsparameter konnten monomerfreie Harzsysteme mit hoher Biokompatibilität erzeugt werden, die einen großen Viskositätsbereich (1,4 bis 39 Pa·s bei 25 °C) sowie einen weiten E-Modul-Bereich (0,05 bis 2,35 GPa) abdecken. Im Vergleich zu klassischen monomerbasierten Matrixsystemen konnte eine sehr geringe Härtungsschrumpfung von lediglich 4,0 bis 5,8 Vol.% erreicht werden. In Kombination mit agglomeratfreien, funktionalisierten Nanopartikeln lassen sich so Aufbauwerkstoffe mit einer extrem geringen Aushärtungsschrumpfung von nur 1,3 Vol.% und einer sehr hohen Biegefestigkeit bis 155 MPa realisieren. Adhäsion, Elastizitätsverhalten und der thermische Ausdehnungskoeffizient der hybriden endodontischen Werkstoffe können so eingestellt werden, dass eine Adaption an die unterschiedlichen Dentinbereiche des Zahnes ermöglicht wird.

All-in-One-Adhäsive: Einfach applizierbare langzeitstabile Materiallösung für die Dentalmedizin

Im Zusammenhang mit der Komposittechnologie bildet die Adhäsivtechnologie einen weiteren Forschungsschwerpunkt. Polymerisierbare organische Verbindungen mit Säuregruppen sind für medizinische Produkte zum Erreichen gewünschter Materialeigenschaften wie Benetzung, Ätzwirkung, Komplexierung und damit der Haftwirkung auf biologischen Grenzflächen wie z. B. zur Zahnhartsubstanz wichtige Bestandteile. Heute bestehen die selbstätzenden Dentaladhäsive aus konventionellen mo-

Einscannen eines Gipsmodells zur virtuellen Modellation einer Zahnkrone

	MATRIXSYSTEME	KOMPOSITE / GIZe
Viskosität (bei 25 °C)	2,0 – 250 Pa·s	Einstellbar
Schrumpfung	2 – 8 Vol.-%	Einstellbar
Biege-E-Modul	1 – 4000 MPa	bis 17 GPa
Biegebruchfestigkeit	bis 130 MPa	bis 180 MPa
Druckfestigkeit	bis 300 MPa	bis 500 MPa
Ausdehnungskoeffizient	≈ 50 – 250·10^{-6}K^{-1}	≥ 20·10^{-6}K^{-1}

	ELASTISCHE SYSTEME
Zug-E-Modul	1 – 550 MPa
Biege-E-Modul	5 – 2100 MPa
Elastische Dehnung	8 – 130 %

nomeren Verbindungen, welche jedoch oftmals noch erhebliche Defizite aufweisen. Ein wesentliches Problem ist in der Regel die verringerte Lagerstabilität aufgrund der Hydrolyseanfälligkeit. Bei Applikation dieser Materialien kann somit die Haltbarkeit der Verbundstrukturen bereits geschwächt sein. Weiterhin können freigesetzte Spaltprodukte und unvernetzte Monomere negative Auswirkungen auf die Verträglichkeit haben. Durch die in der Entwicklungs-/Testphase befindlichen neuartigen ORMOCER®-basierten Adhäsivsysteme soll auf die Verwendung konventioneller Monomere verzichtet werden können. Darüber hinaus soll eine Steigerung der Ätzwirkung in Verbindung mit den inkooperierten Säuregruppen und damit der Haftung sowie eine einfache Applizierbarkeit erreicht werden. Dadurch kann die gefürchtete Randspaltbildung zwischen Versorgung und Zahnsubstanz und der damit einhergehende Sekundärkaries wesentlich reduziert werden.

Materialbasis ORMOCER® – Indikationsadaptierte Eigenschaftsprofile

Die Materialeigenschaften anorganisch-organischer Hybridpolymere aus der Materialklasse der ORMOCER®e lassen sich aufgrund der vielfältigen Funktionalisierbarkeit auf dem Syntheseweg vom Precursor bis zum Werkstoff sehr präzise steuern. Damit bieten sie eine hervorragende Basis für die Entwicklung von indikationsadaptierten Eigenschaftsprofilen – wie z. B. hydrophil oder hydrophob, dünnflüssig oder strukturviskos/zähflüssig für die einfache Applikation in den unterschiedlichen Anwendungen, hart oder flexibel nach einer langsamen oder schnellen Aushärtung. Durch die Einarbeitung von funktionell strukturierten hybriden oder klassischen Partikelsystemen wird das Eigenschaftsprofil nochmals erweitert und führt zu hochwertigen, biokompatiblen (Nano) Hybridkompositen. Im Rahmen der Entwicklungsprojekte stehen verschiedene Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren zur Verfügung:

- Silan-, Harz-, Matrixsynthesen inkl. Upscale ↔ bis 60 l Reaktoren
- Partikelsynthesen- und Funktionalisierung ↔ Sprühtrocknung, Fällungs- und Emulsionsverfahren
- Füllstoffeinarbeitung/Kompositherstellung ↔ SpeedMixer, Dreiwalzwerk, Planetenmischer
- Applikationsadaptierte Härtungsverfahren ↔ Photo-, thermisch-, redoxinduzierte Polymerisation/Polyaddition
- Verarbeitungstechnologie ↔ Dentale CAD/CAM – gestützte Schleifeinheit

Kostengünstiger hochwertiger Zahnersatz

Ein weiterer großer Anwendungsbereich ist die Verwendung für indirekte Restaurationsmaterialien. Dazu zählt neben prothetischen Versorgungen wie z.B. Voll- und Teilprothesen mit vollanatomischen künstlichen Zähnen auch der Bereich der Kronentechnik. Sowohl für Kronen als auch Inlays, Onlays, Veneers etc. bietet die ORMOCER®-basierte Kompositechnologie eine hervorragende Materialbasis. Für die Weiterentwicklung zu neuartigen Kompositen sollen obige Zahnersatzmaterialien mit hoher Festigkeit, zahnadaptierter Ästhetik und guter Bioverträglichkeit bereitgestellt werden.

KONTAKT

Dr. Herbert Wolter
Leiter Kompetenzbereich Dental und Mikromedizin

✆ +49 931 4100-510
herbert.wolter@isc.fraunhofer.de

ORMOBEAD® – NEUE GENERATION VON PARTIKELSYSTEMEN

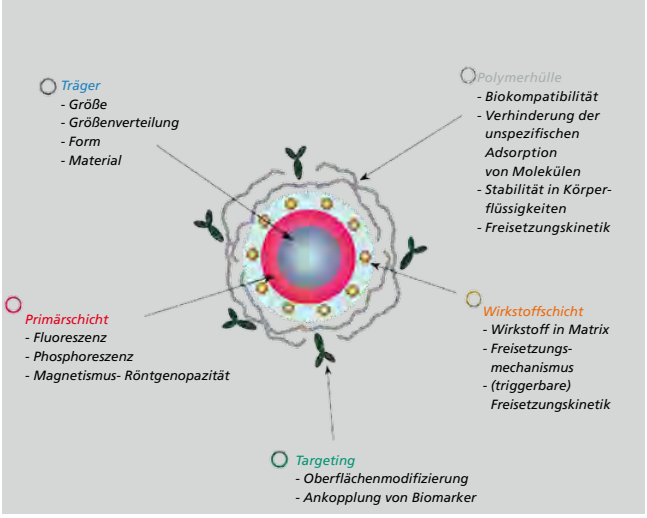
Präventive Diagnostik, zuverlässige Überwachung von Krankheits- bzw. Behandlungsverläufen und effiziente Therapien sind nicht zuletzt angesichts steigender Kosten im Gesundheitswesen und des wachsenden Lebensaltersdurchschnitts zentrale Anforderungen an die moderne Medizin. Vor diesem Hintergrund ist auch die Entwicklung von intelligenten preisgünstigen Materialalternativen und Werkstoffen unabdingbar. Für die hochsensitive In-vivo- und In-vitro-Diagnostik und Therapie wurde im Bereich Gesundheits des Fraunhofer ISC ein neuartiges Konzept für die Gestaltung maßgeschneiderter Partikelsysteme entwickelt: ORMOBEAD®[1].

ORMOBEAD® - dahinter verbirgt sich eine neue Generation multifunktionaler Partikelsysteme und ein Gesamtkonzept, das aufgrund seiner variablen Struktureinheiten auch für sehr komplexe Anforderungsprofile Lösungen bietet. Da die ORMOBEAD®-Partikelsysteme auf Basis des Kern/Schale-Typs modular aufgebaut sind, erlauben sie größtmögliche Flexibilität hinsichtlich Größe, Material, effektiven Targetings und nicht zuletzt der Art des bildgebenden Verfahrens. Die resultierenden ORMOBEAD®s können Biomarker binden, Wirkstoffe kapseln und diese im In-vitro- bzw. In-vivo-Einsatz unterschiedlichen Bildgebungsverfahren zugänglich machen.

Das Kern- und das Schalenmaterial können jeweils gezielt auf einzelne Anwendungen abgestimmt und später zu einem Partikel mit »zwiebelschalenartigem« Aufbau kombiniert werden. Die Basis bildet der Kern (Träger), über den eine definierte Partikelform vorgegeben ist und Endgröße sowie Größenverteilung kontrolliert werden. Auch weitere anwendungsrelevante Charakteristika wie z. B. Dichte oder magnetische Eigenschaften können durch die Wahl des Kernmaterials gesteuert werden.

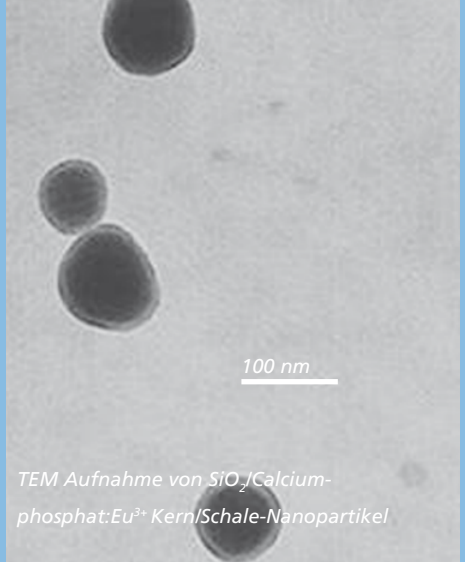
Um den Partikelkern wird eine Schale (Primärschicht) aufgebaut, die weitere Merkmale wie z. B. Fluoreszenz, Phosphoreszenz oder Röntgenopazität trägt. In der Regel werden je nach Anforderungsprofil anorganische Materialien amorpher oder kristalliner Struktur oder auch hybride Stoffe zur Beschichtung eingesetzt. Eine weitere, darauf folgende Schicht kann Wirkstoffe enthalten und zum Transport von Medikamenten dienen. Der Mechanismus und die Kinetik der Freisetzung sowie die Stabilität der Wirkstoffpartikel in unterschiedlichen Umgebungen werden anschließend durch die äußere Polymerhülle kontrolliert. Im Hinblick auf eine Anwendung der ORMOBEAD®s zur Ankopplung oder zum Nachweis krankheitsspezifischer Biomarker werden zusätzlich die Partikeloberflächen gezielt mit reaktiven Funktionalitäten ausgerüstet und mit Biomolekülen wie z. B. Antikörpern modifiziert. Der Partikelaufbau richtet sich dabei nach den erforderlichen Charakteristika für die gewünschte Partikelapplikation.

ORMOBEAD® Konzept für die Herstellung von maßgeschneiderten multifunktionalen Nanopartikeln.

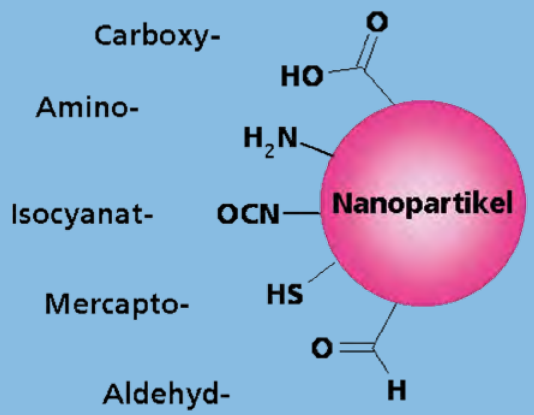


1 ORMOBEAD® : Registrierte Marke der Fraunhofer-Gesellschaft für anwendungsorientierte Forschung e. V.

Lumineszierende SiO_2/Calciumposphat: Eu^{3+} Kern/Schale-Partikel unter UV-Licht



TEM Aufnahme von SiO_2/Calcium-phosphat:Eu^{3+} Kern/Schale-Nanopartikel



Schema: Oberflächenfunktionalitäten zur Ankopplung von Biomolekülen an die Partikeloberfläche

Das enorme Potenzial von multifunktionalen Nanopartikeln als diagnostisches Werkzeug wurde im Rahmen der Entwicklung von ORMOBEAD® vivo-Nanopartikeln aufgezeigt.

ORMOBEAD® vivo

Diese Art von lumineszierenden Nanopartikeln wurde als biokompatible Alternative zu den cadmium- oder quecksilberhaltigen Halbleiter-Nanopartikeln – auch Quantum Dots oder kurz Q-Dots genannt – kreiert und erfolgreich weiterentwickelt. ORMOBEAD® vivo besteht aus einem amorphen SiO_2-Kern und einer kristallinen lumineszierenden Calciumphosphat-Schale.

Als Kern werden sphärische SiO_2-Partikel verwendet, hergestellt in Anlehnung an den Stöber-Prozess im Größenbereich von 20 nm bis 800 nm mit sehr enger Größenverteilung – d.h. praktisch monodispers. Diese Kernpartikel werden anschließend über die Sol-Gel-Technologie mit Ausgangsverbindungen für die Calciumphosphat-Schale beschichtet. Eine anschließende Temperaturbehandlung führt zur Ausbildung einer kristallinen Calciumphosphat-Schale. Die Partikelgröße ist durch die Größe des Kerns und die Dicke der äußeren Schale vorbestimmt. Die Ausbildung der anorganischen Calciumphosphat-Schale in gewünschter Kristallinität und Phasenzusammensetzung wird durch die Wahl der Syntheseparameter wie z. B. pH-Wert, Edukt-Verhältnis und Temperatur kontrolliert.

Calciumphosphat als Schalenmaterial bietet gleich mehrere Vorteile bei der Gestaltung von multifunktionalen Nanopartikelsystemen für die Diagnostik und Therapie. Es zeichnet sich durch eine hohe Biokompatibilität aus, ist preisgünstig und kann mit unterschiedlichen Ionen leicht dotiert werden. Durch eine gezielte Auswahl an Fremdionen können Lumineszenzeigenschaften exakt eingestellt werden.

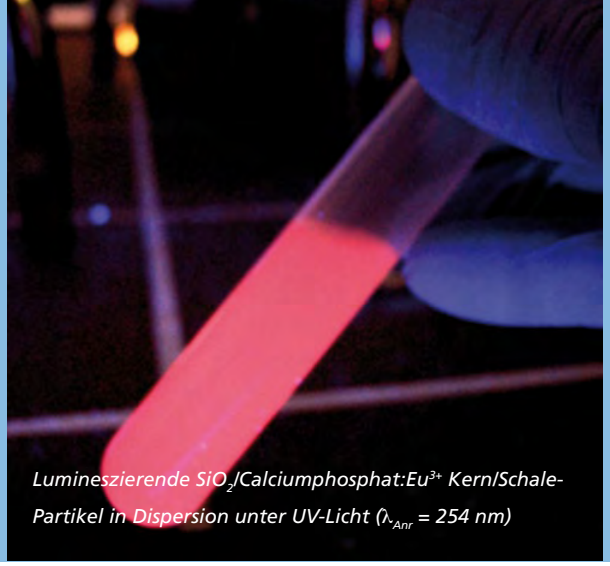
Bei der ersten Generation von ORMOBEAD® vivo sind Lanthanoid-Ionen (Eu^{3+}, Tb^{3+}, Sm^{3+} und Dy^{3+}) in der Calcium-phosphat-Schale für die Lumineszenz verantwortlich.

Über den Einbau der Ionen im Calciumphosphat-Gitter ist die Emissionswellenlänge gezielt einstellbar. Die Lumineszenzintensität variiert dabei mit dem Dotierungsgrad.

SiO_2/Calciumphosphat:Eu^{3+} Kern/Schale-Partikel wurden bereits am Fraunhofer IME auf ihre unspezifische toxische Aktivität gegenüber unterschiedlichen Zelllinien getestet. Erste Messreihen der calciumphosphatbeschichteten Nanopartikel ergaben eine um den Faktor 100 – 200 höhere Biokompatibilität im Vergleich zu kommerziell erhältlichen lumineszierenden Halbleiterpartikeln (Q-Dots) . Eine Beeinträchtigung der Zell-vitabilität während der konzentrationsabhängigen Vitabilitätstests trat erst in den Bereichen auf, die weit über den typischen Partikelkonzentrationen für Markierungsexperimente bei In-vitro-Untersuchungen lagen und damit nicht praxisrelevant sind (s. Abb. 4).

Im Hinblick auf die Anwendung von ORMOBEAD® vivo-Nanopartikeln als Biomarker wurden umfangreiche Untersuchungen zur primären Funktionalisierung der Partikeloberfläche durchgeführt. Um die Nanopartikel an einer bestimmten Region des Biomoleküls gerichtet anzukoppeln, wird die Partikeloberfläche mit unterschiedlichen reaktiven Einheiten wie z. B. Carboxyl- und Aminogruppen modifiziert. Die Oberflächenfunktionalitäten können entsprechend der Anwendung und der Struktur des Biomoleküls gezielt eingestellt werden. Als Grundlage zur Oberflächenfunktionalisierung werden Standardmethoden wie z. B. Silanisierung oder Partikelfunktionalisierung unter Berücksichtigung der hohen Affinität der Ca^{2+}-Ionen zu Phosphaten und Carboxylaten eingesetzt.
Die Kontrolle der Oberflächenbelegung erfolgt mit Hilfe unterschiedlicher Charakterisierungsmethoden wie z. B. Bestimmung des ζ-Potentials, Infrarotspektroskopie und Titration.

Das oben abgebildete Schema zeigt die verfügbaren Oberflächenfunktionalitäten, die zur Ankopplung von Biomolekülen wie z. B. Antikörpern prinzipiell zur Verfügung stehen.



Lumineszierende SiO_2/Calciumphosphat:Eu^{3+} Kern/Schale-Partikel in Dispersion unter UV-Licht (λ_{Anr} = 254 nm)

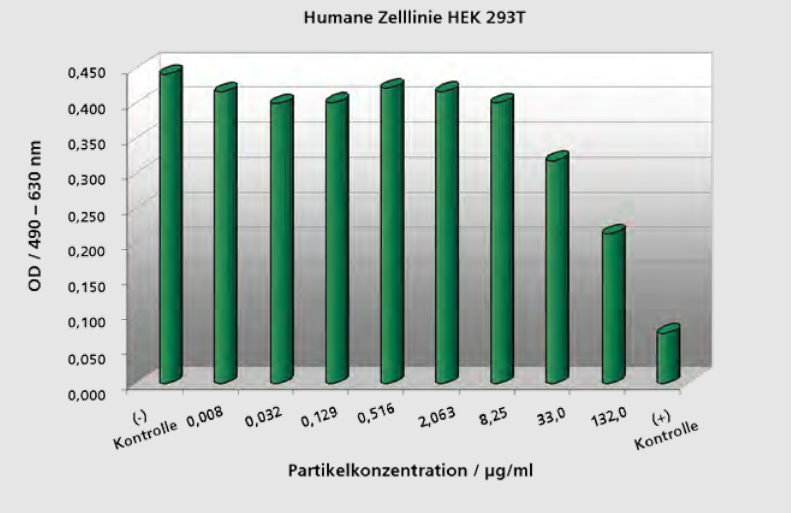
Lumineszierende anorganische Kern/Schale-Nanopartikel als Pulver unter UV-Licht

Nächste Schritte

Forschungsprojekte der vergangenen Jahre haben die Grundlagen zur erfolgreichen Herstellung multifunktionaler biokompatibler Nanopartikel geschaffen. Die Schlüsselidee, eine neuartige Plattformtechnologie als Basis für die Entwicklung maßgeschneiderter partikelbasierter Werkstoffe zu entwickeln, konnte erfolgreich umgesetzt werden. Erste Untersuchungen bilden jetzt den Ausgangspunkt für die Realisierung von intelligenten Nanopartikelsystemen für biomedizinische Anwendungen z. B. in der In-vivo- und In-vitro-Diagnostik sowie der Theranostik, also der engen Verzahnung von individualisierter Diagnostik und Therapie für eine personalisierte medizinische Behandlung. Weitergehende Aktivitäten sind in Richtung multimodaler Partikelsysteme für unterschiedliche, kombinierbare diagnostische Nachweismethoden geplant.

Partikeleigenschaften in der Übersicht

Partikeldurchmesser im Bereich zwischen 20 und 800 nm
Enge Partikelgrößenverteilung
Hohe Lumineszenzintensität
Hohe Photostabilität lumineszierender Partikelsysteme
Gezielte Auswahl und Kombination geeigneter Partikelkomponenten
Anwendungsrelevante Oberflächenfunktionalisierung
Biomodifizierung
Redispergierbare Partikelpulver



KONTAKT

Dr. Sofia Dembski
Fachbereich Partikeltechnologie und Grenzflächen

✆ +49 931 4100-516
sofia.dembski@isc.fraunhofer.de

Dr. Carsten Gellermann
Leiter Fachbereich Partikeltechnologie und Grenzflächen

✆ +49 931 4100-511
carsten.gellermann@isc.fraunhofer.de

Nachbildung Gehörknöchelchen in Originalgröße

DREIDIMENSIONALE ZELLTRÄGERSTRUKTUREN

Selbstheilungskräfte des menschlichen Körpers gezielt zu nutzen, bedeutet eine wesentliche Erweiterung der Heilkunst um therapeutische Optionen, die unter dem Begriff der Regenerativen Medizin zusammengefasst werden. Ein Teilbereich, bei dem die intelligente Kombination aus Hightech-Materialien und Zellkulturen eine Schlüsselrolle spielt, wird unter dem Begriff Tissue Engineering zusammengefasst.

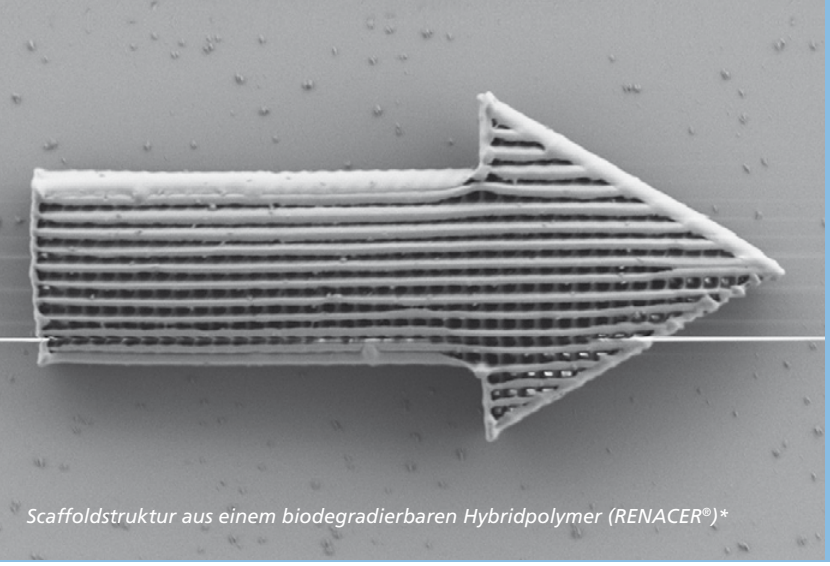
Alle bisher bekannten degradierbaren synthetischen Implantatmaterialien weisen in der klinischen Anwendung signifikante Nachteile auf. Ihre Degradationsprodukte führen zu einer starken lokalen Reduktion des pH-Wertes und rufen damit Entzündungsreaktionen hervor. Darüber hinaus ist eine reproduzierbare Formgebung mit geeigneter Formstabilität, wenn überhaupt, nur sehr aufwendig zu realisieren. Um die Nachteile zu überwinden und für eine bessere Verträglichkeit im Patienten zu sorgen, wird verstärkt nach Alternativmaterialien und geeigneten Herstellungsverfahren gesucht. Größte Herausforderungen sind dabei eine grundsätzliche Bioverträglichkeit, eine einstellbare Biodegradierbarkeit und eine möglichst in drei Dimensionen freie Formgebung.

Dreidimensionale Gerüststrukturen (Scaffolds) werden als Trägermaterial zum Aufbau von Gewebe durch Zellen verwendet, die *in vitro* darauf kultiviert werden. Vorteilhaft für die Zellbesiedelung ist eine individuell angepasste dreidimensionale Struktur mit interkonnektierenden Poren, um Zellen ausreichend stabil im Raum zu vernetzen, die Nährstoffversorgung in allen Bereichen zu gewährleisten und so Gewebe nachbilden zu können. Eine geeignete Funktionalisierung der Scaffolds unterstützt eine bessere Anbindung der Zellen. Nach erfolgter Gewebebildung wird das Gewebe reimplantiert. Tissue Engineering mit funktionalisierbaren Scaffolds nimmt daher in der Regeneration von Geweben und Organen und in der Wiederherstellung ihrer Funktion eine zentrale Position ein.

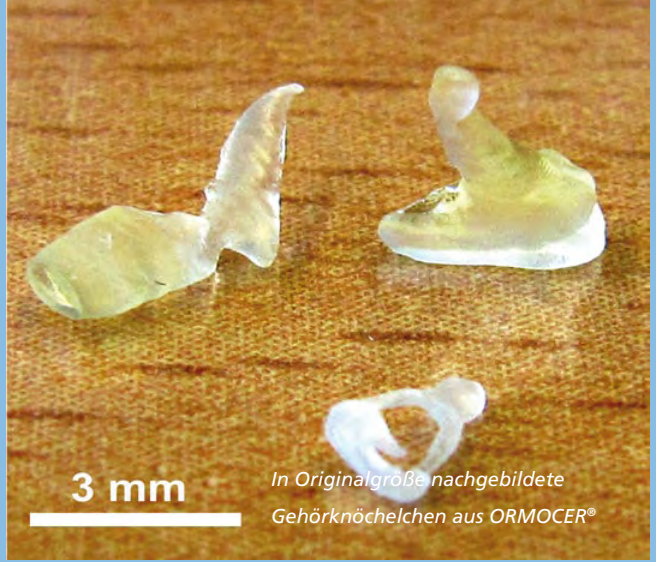
Materialgrenzen überwinden

Ausgehend von bekannten Materialansätzen werden neue (Hybrid-)Materialien entwickelt, die die Grenzen heutiger Materialien überwinden. Neben Biokompatibilität und einstellbarer Degradierbarkeit, d. h. in Abhängigkeit des herzustellenden Gewebes variabler Abbaurate in physiologischer Umgebung, ist die Strukturierbarkeit der Materialien in drei Dimensionen die nächste Hürde. Sie wird mit dem Verfahren der Zwei-Photonen-Absorption (TPA) mit Ultrakurzpulslaser genommen. Das Faszinierende an diesem Verfahren ist, dass es sich dabei um eine skalierbare Technologie handelt. Wurden bisher lediglich 3D-Strukturelemente im Bereich einiger 100 µm mit Strukturdimensionen von etwa 100 nm im Labormaßstab umgesetzt, konnten Verfahren am Fraunhofer ISC derart weiterentwickelt werden, dass die Herstellung von zentimetergroßen 3D-Gebilden möglich ist.

Die Herstellung von größeren 3D-Strukturen mittels der TPA-Technologie für Anwendungen im Bereich des Tissue Engineering ist noch mit weltweit ungelösten Herausforderungen verbunden. Einerseits muss eine geeignete Belichtungsstrategie entwickelt werden, um Strukturen in gewünschter Größe zu erhalten. Andererseits muss die Herstellungszeit solcher Strukturen signifikant verringert werden, wobei chemische, prozesstechnische und mathematische Aspekte einander bedingen. Daher wurden zunächst Materialien aus dem Bereich der Mikrosystemtechnik verwendet, um die Eignung der TPA-Technologie zu untersuchen und die Prozesse unter Variation der Belichtungsparameter (u. a. Schreibgeschwindigkeit, mittlere Laserleistung) entsprechend anzupassen. Dazu wurden Scaffolds mit unterschiedlichsten Initiatorkombinationen hergestellt und die erhaltenen Strukturen gegeneinander qualifiziert. Gleichzeitig wurde so ein Pool an Strukturparametern geschaffen, der im Weiteren zur Herstellung neuer, am Fraunhofer ISC entwickelter biodegradierbarer Materialien



*Scaffoldstruktur aus einem biodegradierbaren Hybridpolymer (RENACER®)**



In Originalgröße nachgebildete Gehörknöchelchen aus ORMOCER®

herangezogen werden konnte. Anhand dieser Scaffolds konnten die unterschiedlichen Reaktionen der Materialien auf die eingebrachte Energie untersucht und geeignete Prozessfenster ermittelt werden. Diese Unterschiede resultieren aus der je nach Material variablen Photonendosis – bestimmt durch das Projekt auf Belichtungszeit *t* und dem Quadrat der Laserleistung *P* – die zur Initiierung der Polymerisation notwendig ist. Darüber hinaus spielt für die Strukturqualität auch das chemische Wechselwirkungsvolumen eine wichtige Rolle, wobei dieses durch materialspezifische Parameter, wie z. B. Dichte und Viskosität, gegeben ist. Zum besseren Einwachsen und zur verbessertern Vernetzung von Zellen wurden hochporöse Scaffolds mit variablen Porenstrukturen reproduzierbar erzeugt.

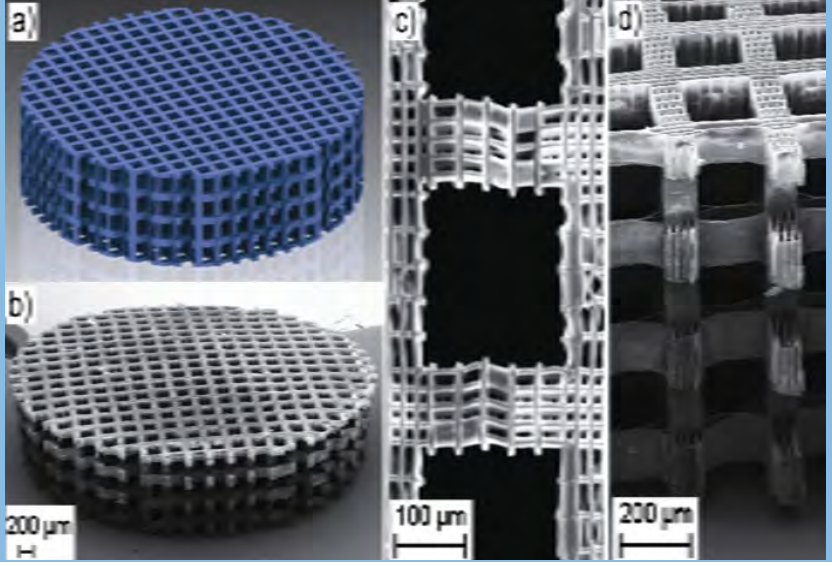
Um TPA-strukturierbare Scaffold-Materialien zu erhalten, wurden biokompatible und potenziell biodegradierbare Moleküle mit photochemisch aktiven funktionellen Gruppen synthetisiert. Dabei wurde bei der Auswahl der funktionellen Gruppen darauf geachtet, dass sie über eine hohe Reaktionskinetik während der organischen Vernetzung (Polymerisation) verfügen und dass auf toxische Substanzen während der Synthese verzichtet wird. Es wurde eine Reihe potenziell für die Anwendung geeigneter Materialien entwickelt und hinsichtlich ihrer tatsächlichen photochemischen Reaktionskinetik, Degradierbarkeit in physiologischer Umgebung und Anwendbarkeit im TPA-Prozess untersucht.

Durch Zugabe definierter Mengen von Photoinitiatoren polymerisieren sie nach Bestrahlung mit Licht innerhalb kurzer Reaktionszeiten, wobei ein hoher Umsatz erreicht wird. Die Materialien wurden in ihrer reinen Form sowie auch in bestimmten Formulierungsverhältnissen mit ausgewählten anorganisch-organischen Hybridpolymeren (ORMOCER®en)*, deren Materialprofile sich definiert einstellen lassen, für die Strukturierungen im TPA-Prozess verwendet. Untersuchungen an unterschiedlichen Materialformulierungen ergaben, dass beide Komponenten an der Reaktion beteiligt sind, wobei die zur Verfügung stehenden Messverfahren keine Aussage über die Homogenität der resultierenden (Hybrid-)Polymer-Zusammensetzung liefern. Erste Degradationsuntersuchungen wurden an Stäbchen verschiedener Zusammensetzungen durchgeführt, die in etwa 1,5 ml Phosphat-gepufferter Saline (PBS) bei 37 °C aufbewahrt und nach bestimmten Zeitabständen hinsichtlich ihres Gewichtsverlusts untersucht wurden. In ersten Zellbesiedelungstests an (Hybrid-)Polymerpellets, die mit unterschiedlichen Photoinitiatoren formuliert waren, konnte anhand der Besiedelung mit Maus-Fibroblasten L929 gezeigt werden, dass die unterschiedlichen Photoinitiatoren die Zellbesiedelung nicht negativ beeinflussen, sich aber auf die Besiedelungsgeschwindigkeit auswirken.

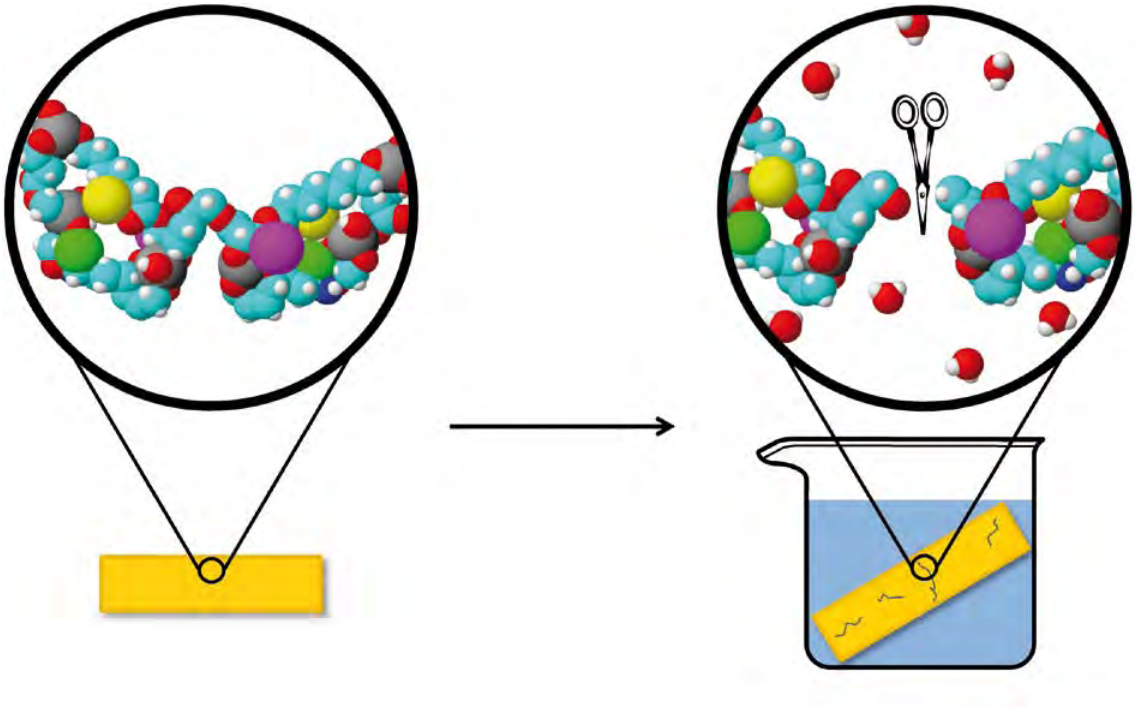
Ein Material der Zukunft

Der gewählte Technologieansatz hat entscheidende Vorteile gegenüber anderen im Bereich des Tissue Engineering verwendeten Verfahren, wie z. B. dem Herstellen poröser Strukturen aus Mischungen von Polymerlösungen durch Sprühen, dem Verweben biodegradierbarer Polymerfäden zu Vlies-Scaffolds oder auch dem 3D-Inkjet-Drucken. Diese resultieren daraus, dass sich die Eigenschaften von auf die Anwendung zugeschnittenen Materialien auf einzigartige Weise mit einem Prozess verbinden lassen zu einer Technologie. Dadurch können beliebige dreidimensionale, formstabile Scaffolds mit einer kontrollierbaren Porenstruktur und insbesondere auch verbundenen Poren aus biodegradierbaren Materialien hergestellt werden. Durch die Art des Material- und Prozessansatzes lassen sich Porenstruktur (Geometrie, Größe, Porösität) und Degradationsrate besser als bei anderen Material- und Verfahrenskombinationen kontrollieren.

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



(a) Scaffold-Design; (b-d) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen eines Scaffolds, hergestellt in ORMOCER®



Bisherige Anlagen und Systeme waren darauf ausgelegt, kleine Strukturen mit sehr hoher Auflösung zu generieren. Die dabei verwendeten Schreibgeschwindigkeiten ließen nur sehr langsame Brauraten in der Größenordnung von 10^{-4} bis 10^{-3} mm³/h zu. Im Rahmen dieser Arbeiten konnte alleine schon durch die Optimierung der Prozessparameter eine Baugeschwindigkeit von etwa 10 mm³/h erzielt werden. Die weiteren Arbeiten in diesem Bereich werden sich an den Erfordernissen der Anwendung der Scaffolds für Tissue Engineering orientieren und die Technologie gesamtheitlich optimieren. Sie bietet eine einzigartige Möglichkeit, die Chemie biodegradierbarer Materialien auf Anforderungsprofile einzustellen und sie mit einem Prozess zu kombinieren, der beliebige Formgebung gestattet. Forschungsziel ist eine Basistechnologie zur industriellen Fertigung für individualiserte Implantate.

KONTAKT

Dr. Ruth Houbertz
Leiterin Fachbereich
Optik und Elektronik

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

WOHNRAUMGESUNDHEIT FÖRDERN UND SICHERN

Ein gesundes Wohnumfeld genießt heute hohe Wertschätzung. Zum Wohlbefinden können die verwendeten Baumaterialien einen wesentlichen Beitrag leisten. Vor allem dürfen von ihnen keine negativen Einflüsse auf die Bewohner ausgehen. Neben solchen passiven Schutzmechanismen gibt es auch Ansätze, die Behaglichkeit und das Wohlbefinden mit speziellen Werkstoffen aktiv zu erhöhen. Das Fraunhofer ISC arbeitet in beiden Feldern an neuen Werkstofflösungen.

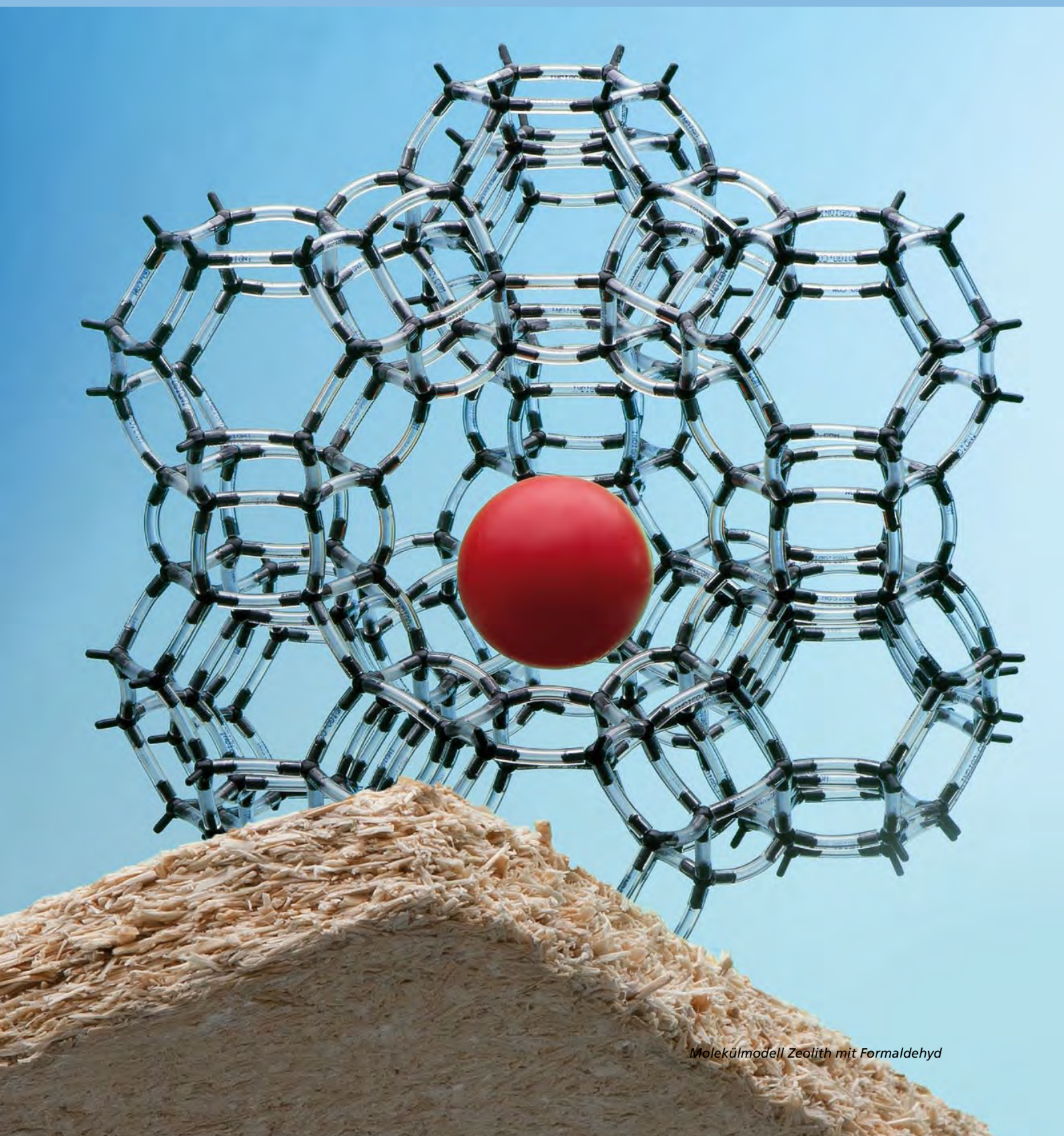
So können Innenraumschadstoffe z. B. durch photokatalytisch ausgestattete Oberflächen abgebaut werden oder durch den Einsatz von nanoporösen Adsorbern, die aus Möbeln austretende Schadstoffe wirksam binden oder sogar abbauen können. Zur selbstständigen Regulierung der Raumfeuchte tragen nanoporöse Füllstoffe bei, deren hoher Porenanteil tagsüber Umgebungsfeuchte aufnehmen und nachts wieder abgeben kann. Das Fraunhofer ISC untersucht dazu in einem öffentlich geförderten Projekt nanoporöse Glasflakes als Füllstoffe für Farben und Putze. Sollen die Innenraumbedingungen geregelt werden, so sind dafür Sensoren nötig, die neben Temperatur- auch CO_2-Gehalt und Feuchte messen können. Diese Sensoren sollten energieautark betrieben werden können. In einem EU-Projekt entwickelt das Fraunhofer ISC gemeinsam mit Industriepartnern und dem Fraunhofer IZM in München eine hochintegrierte energieautarke Sensorlösung auf Folienbasis. Das Fraunhofer ISC liefert hierfür CO_2-sensititve Schichten.

Aber nicht nur Baustoffe beeinflussen die Gesundheit. Seit Langem ist bekannt, dass auch die Lichtverhältnisse bzw. die Beleuchtung großen Einfluss nehmen auf Wachheit und Leistungsfähigkeit des Menschen. Werden durch den Einsatz von speziell vergüteten Fenstergläsern Wellenlängenbereiche besonders verstärkt, so kann dadurch die Melatoninproduktion erhöht werden, was zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit und zu einer Abnahme der sogenannten Winterdepression führt. Am Fraunhofer ISC wurden Fenstergläser entwickelt, die in ihrer Transparenz an den spektralen Intensitätsverlauf des natürlichen Lichts angepasst sind zur Steuerung des menschlichen Körperrhythmus. Ein solches »Wohlfühlglas« weist im Bereich um 460 nm eine besonders hohe Transmission auf, was zur gewünschten Beeinflussung des Melatoninhaushaltes und damit zum Wohlbefinden beiträgt.

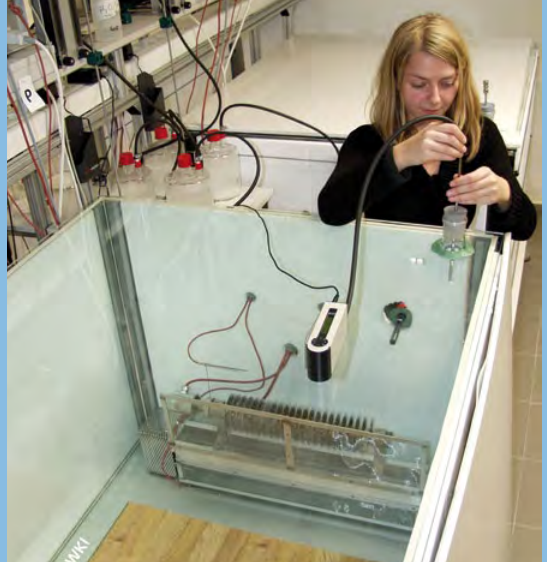
Wohlfühlglas für den Fensterbau

Lange Zeit galt das menschliche Auge als reines Sehorgan. Erst vor dreieinhalb Jahrzehnten gelang mit der Entdeckung des retinohypothalamalischen Traktes (RHT) der Nachweis einer direkten Nervenverbindung zwischen der Netzhaut und dem Hypothalamus. An dessen einem Ende sitzen in der Netzhaut die sogenannten nicht-bildgebenden NIF (non image forming)-Rezeptoren, deren spektrale Empfindlichkeit im Bereich von 380 nm und 580 nm liegt. Sie dienen der Weiterleitung von Hell-Dunkel-Signalen optischer Reize an die am anderen Ende der RHT-Fasern direkt oberhalb der Sehnervenkreuzung lokalisierten Nuclei suprachiasmatici (SCN). Die SCN gelten als anatomischer Sitz der biologischen Uhr. Die dort empfangenen Erregungen beeinflussen zahlreiche vegetative und hormonelle Funktionen im menschlichen Körper, u. a. den für den Schlaf-Wachrhythmus wichtigen Melatonin-Haushalt.

Erhalten die NIF-Rezeptoren im entsprechenden Wellenlängenbereich Strahlung zu geringer Intensität, kann dies zu einer Störung des Melatoninhaushalts führen, was sich ungünstig auf das mental/psychische Befinden des Menschen auswirkt. Mögliche Folgen einer Unterversorgung sind Schlafstörungen, Depressionen oder andere psychische Krankheiten.



Molekülmodell Zeolith mit Formaldehyd



Bestimmung der Formaldehyd-adsorption: Messkammern am WKI (© Fraunhofer WKI)

Besonders deutlich erkennbar wird dieser Zusammenhang bei der Untersuchung des Phänomens der Winterdepression, wie sie in der lichtarmen Jahreszeit auftritt. Nach einer Statistik des Arbeitsministeriums in NRW gehen 27% aller Meldungen von Berufsunfähigkeit auf psychische Erkrankungen zurück, wovon ein Großteil dem Melatoninregelmechanismus ursächlich zugeschrieben wird.

Entwicklung eines transmissionsoptimierten Therapieglases

Bisherige Entwicklungen von Verglasungen konzentrieren sich ausschließlich darauf, Entspiegelungen im Bereich der maximalen Helligkeitsempfindlichkeit der menschlichen Netzhaut (ca. 555 nm bei Tageslicht) zu optimieren. Das Maximum bei 555 nm ist mit dem Strahlungsmaximum des Sonnenlichts identisch. Hauptanwendungsbereiche sind transparente Schaufenster, Fassaden, Eingangsbereiche, Aussichtsräume und Abdeckungen für Solaranlagen. Beispiele von in diesem Marktsektor eingesetzten Produkten sind AMIRAN® von Schott und CENTROSOL-Strukturgläser der Fa. Centrosolar.

Unberücksichtigt bleiben dabei die gesundheitlichen Wirkungen optischer Strahlung auf den menschlichen Organismus, insbesondere die photoinduzierte Melatoninsupression, ein circadian (von lat. circa: ungefähr; dia: Tag), d. h. ein in einem Rythmus von 24 Stunden ablaufender Prozess im menschlichen Organismus, der die innere Uhr steuert und dessen Störung zu verschiedensten Störungen von Körperfunktionen führt. Brainard und Thapan fanden heraus, dass die relative spektrale Wirksamkeit der Melatoninsuppression sich im Vergleich zur Helligkeitskurve für das Tagessehen zum kurzwelligen Bereich des sichtbaren Spektrums verschiebt. Daraus resultiert, dass die Blauanteile des Lichtes wirksamer sind bei der Melatoninsupression, mit einem Maximum an Wirksamkeit bei rund 460 nm.

Ideal wäre es daher, Fenstergläser mit Beschichtungen zu versehen, die im Bereich 450 nm – 550 nm ihre maximale Transmittivität entfalten, um beide Aspekte, ein möglichst unsichtbares, da reflexionsfreies Glas und eine möglichst hohe Ausbeute an circadian wirksamen Strahlungsanteilen der Lichtquelle, zu kombinieren.

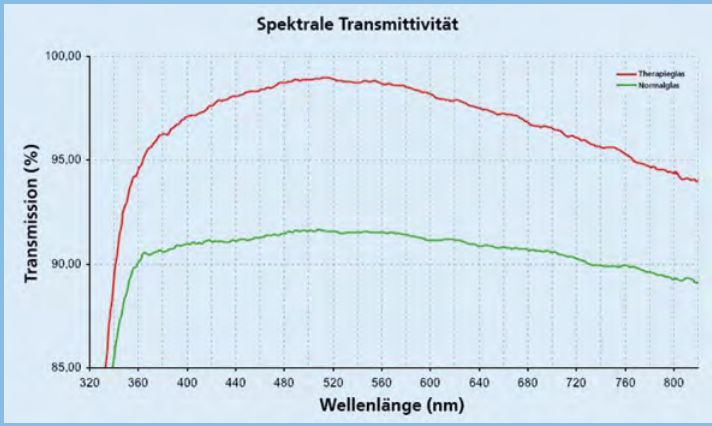
Am Fraunhofer ISC wurden derartige Gläser entwickelt, die in ihrer Transparenz an den spektralen Intensitätsverlauf des natürlichen Lichts unter besonderer Berücksichtigung des psychisch wirksamen Wellenlängenbereichs angepasst sind, so dass blaues Licht den menschlichen Körperrhythmus steuern kann. Die Abschwächung des Lichts durch die Reflexion des Glases ist in diesem Wellenlängenbereich nahezu aufgehoben und die natürliche Emission des Sonnenlichts kann ungehindert zur Steuerung des menschlichen Melatoninhaushaltes genutzt werden. Zwar ist man von Wind und Wetter weiterhin durch das Glas abgeschirmt, hinsichtlich der Lichtdurchlässigkeit jedoch wirkt es wie ein geöffnetes Fenster.

Potenzielle Anwendungsgebiete liegen in der Verglasung von Wohn-, Arbeits- oder Freizeitstätten und in Zusatzverglasungen für Bestrahlungsgeräte, Lichttherapiegeräte oder Wohlfühlbeleuchtungen.

Verbesserte Raumluft durch formaldehydabsorbierende Zusätze in Spanplatten

Formaldehyd ist ein gesundheitsschädliches Gas: Es reizt die Schleimhäute und kann beim Einatmen Krebs auslösen, wie neuere Studien des Bundesinstituts für Risikobewertung zeigen. Daher wird es durch die Internationale Krebsforschungsagentur (IARC) als krebserregend für den Menschen eingestuft. Trotzdem wird es nach wie vor zur Herstellung von preiswerten Bindemitteln für Holzwerkstoffe verwendet, wenn auch in erheblich geringeren Konzentrationen als früher.

Durch Emissionen von Formaldehyd beispielsweise aus Möbeln wird die Raumluft belastet, wobei die Belastungen gewöhnlich unterhalb des derzeit gültigen Grenzwertes liegen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass aufgrund immer bessererer



Spektrale Transmittivität des am Fraunhofer ISC entwickelten Glases mit einem Transmissionsmaximum bei 510 nm (rote Kurve) im Vergleich zu normalem Glas (grüne Kurve)

Gebäudeisolierungen bzw. dicht schließender Fenster ein natürlicher Luftaustausch in Innenräumen kaum mehr stattfindet. Daher ist zu erwarten, dass die Emissionen mittelfristig bis auf den Wert des natürlichen Holzes gesenkt werden müssen. Die Verwendung von schadstofffreien Baustoffen rückt somit mehr und mehr in den Vordergrund.

Das Fraunhofer ISC verfolgt deshalb gemeinsam mit dem Fraunhofer WKI einen neuen Ansatz: Durch Zugabe speziell modifizierter Zeolithe bei der Spanplattenproduktion wird der Großteil des freiwerdenden Formaldehyds adsorbiert. Da die Adsorptionskapazität der Zeolithe in gewissem Maße begrenzt ist, ist in einer weiteren Entwicklung geplant, Formaldehydgas mit Hilfe der Zeolithe im Holzwerkstoff nicht nur zu adsorbieren, sondern auch katalytisch abzubauen. Auf diese Weise gelangen nur noch geringe Mengen Formaldehyd, deutlich unterhalb des derzeitig gültigen Grenzwerts von 0,1 ppm für die Emissionsklasse E1, in die Raumluft.

Bei dem verwendeten Zeolith handelt es sich um ein feines silicatisches Pulver, das mit den Holzspänen vermischt wird. Die Holzspäne werden anschließend zu Spanplatten verpresst, so dass der Zeolith direkt in die Spanplatte eingearbeitet wird. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass Formaldehyd dort adsorbiert wird, wo er sich bildet, und dadurch eine Emission verhindert wird. Durch Einarbeitung eines speziell modifizierten Zeolithen konnte die Formaldehydemission einer Modellspanplatte um 40 % gesenkt werden. Die Eigenschaften der Spanplatte wurden dabei nicht negativ beeinflusst.

Potenzial für noch bessere Wirkung

Die weiteren Untersuchungen konzentrieren sich darauf, geeignet modifizierte Zeolithe auf ihr Potenzial zum katalytischen Abbau von Formaldehyd zu testen und selektiert weiterzuentwickeln. Die Formaldehydemissionen aus Spanplatten sollen auf diese Weise nochmals deutlich reduziert und eine langfristige Wirksamkeit der Zeolithe gewährleistet werden. Weiterhin werden modifizierte Zeolithe derzeit auch auf ihre Adsorptionsfähigkeit gegenüber anderen sogenannten flüchtigen organischen Verbindungen (VOC – volatile organic compounds) untersucht. Diese Substanzen können beispielsweise aus Kunststoffprodukten ausdampfen und ebenfalls die Raumluft belasten. Langsfristig ist geplant, geeignete Zeolithe auch in anderen Baustoffen einzusetzen, um die Innenraumluft zu verbessern, indem verschiedene Schadstoffe adsorbiert und katalytisch abgebaut werden können.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Walther Glaubitt
Leiter Fachbereich
Sol-Gel-Werkstoffe und -Produkte

✆ +49 9314100- 406
walther.glaubitt@isc.fraunhofer.de

Dr. Katrin Bokelmann
Fachbereich
Sol-Gel-Werkstoffe und -Produkte

✆ +49 931 4100-403
katrin.bokelmann@isc.fraunhofer.de

SCHADSTOFFANALYTIK IM ZEICHEN AKTUELLER EU-REGELUNGEN

REACH, WEEE und RoHS*

Mit dem Inkrafttreten der Europäischen Abfallrahmenrichtlinie RL 2008/98 am 12.12.2008 wurden die Kreislaufwirtschaft und das Abfallrecht neu geordnet. Dies hat auch Auswirkung auf das Glühlampen-Verbot. Aufgrund des Übergangs von konventionellen Glühlampen zu Energiesparlampen ist mit verstärktem Aufkommen von Blei und Quecksilber aus Leuchtstoff- und Gasentladungslampen, Cadmium aus elektrischen Kontakten und sechswertigem Chrom aus Korrosionsschutzmitteln im Abfall und Recyclingprozess zu rechnen. Das diskutierte Ende der Abfalleigenschaft bei Glasscherben führt zu neuen Herausforderungen bei der Schadstoffanalytik der Scherben und der Festlegung zulässiger Grenzwerte von Verunreinigungen.

Gleichzeitig erließ die Europäische Union (EU) Gesetze und Verordnungen, die u. a. den Umgang mit Chemikalien (REACH), das Recycling elektrischer und elektronischer Geräte (WEEE) und den Umgang mit giftigen Substanzen in elektrischen und elektronischen Geräten (RoHS) regeln. Als Beitrag zur Verwertung und Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sowie zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden Vorschriften zur Beschränkung und zum Verbot der Verwendung gefährlicher Stoffe verabschiedet. Gängige Substanzen der Elektronik gelten als höchst umweltgefährdend, da sie zum einen toxisch wirken, zum anderen nicht oder nur schlecht abgebaut werden können. Diese Substanzen sollen durch RoHS aus den Produkten verbannt werden. Davon betroffen sind bisher Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromierte Biphenyle (PBB) und polybromierte Diphenylether (PBDE). Konkrete Grenzwerte für die im Produkt enthaltenen homogenen Materialien wurden mit maximal 0,01 Gewichtsprozent Cadmium, maximal je 0,1 Gewichtsprozent Blei, Quecksilber, sechswertiges Chrom, PBB und PBDE festgelegt. Mindestens alle vier Jahre überprüft die Kommission die bisherigen Ausnahmeregelungen (Anhänge der Richtlinie 2002/95/EG), um festzustellen, ob diese angesichts des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts noch gerechtfertigt sind. Die Richtlinie behält sich auch ein Verbot weiterer Substanzen vor, wenn neue wissenschaftliche Studien auf eine Gesundheits- und/oder Umweltgefährdung dieser Substanzen hinweisen. Die Europäische Kommission überprüft den Anwendungsbereich der RoHS-Richtlinie innerhalb von drei Jahren und eine weitere Revision innerhalb von zehn Jahren. Eine Kandidatenliste für künftige Stoffverbote wurde nicht verabschiedet.

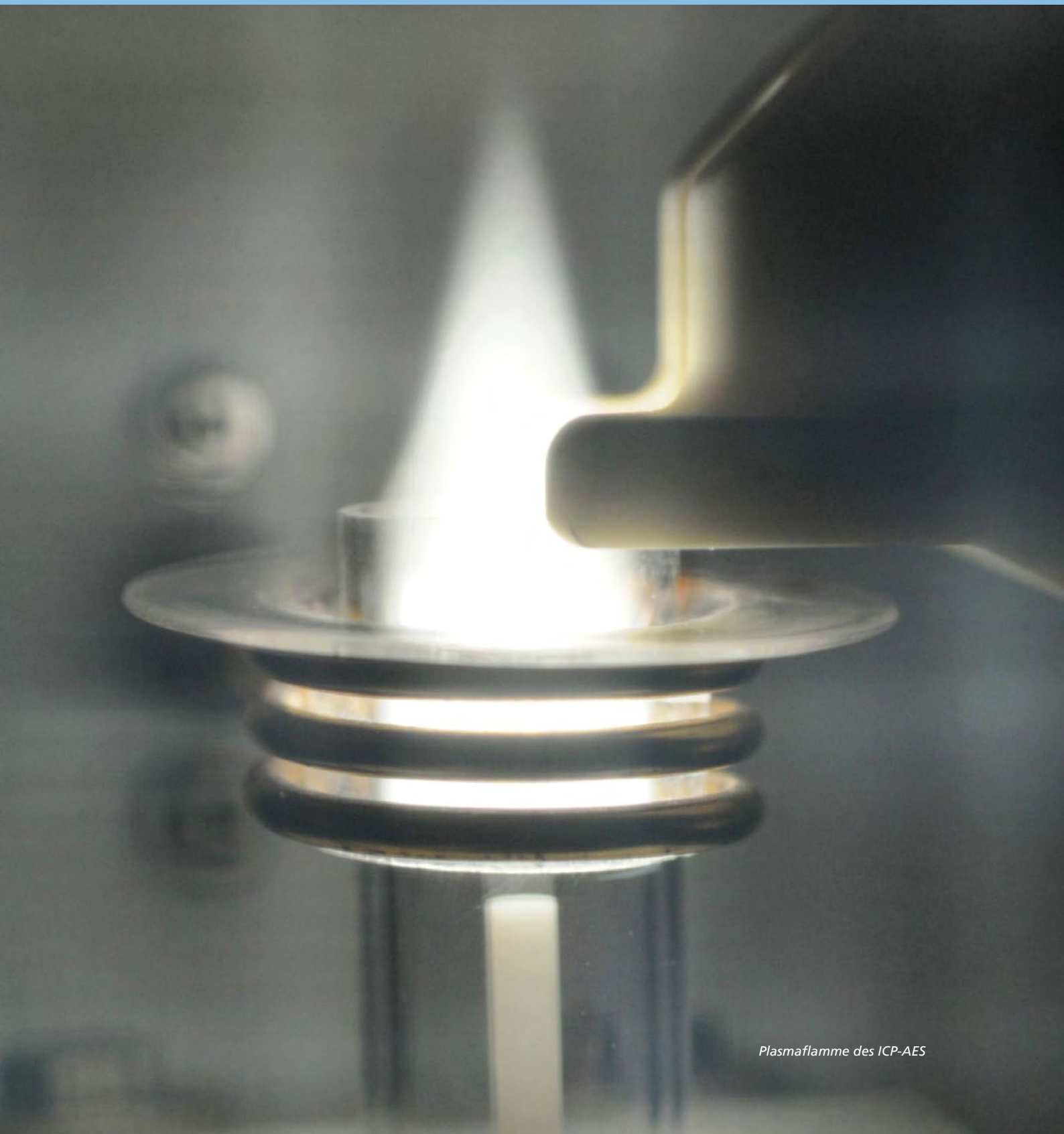
Noch umfassender verpflichtet die am 1.6.2007 in Kraft getretene EU-Verordnung REACH Hersteller oder Importeure zur Ermittlung der gefährlichen Eigenschaften (z. B. giftig, krebserregend, umweltgefährlich) von Stoffen (Chemikalien und Naturstoffe) und zur Abschätzung der Wirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt. Neben der Erfassung der Verwendung der Stoffe als Bestandteil von Produkten werden Zulassungsverfahren für besonders gefährliche Stoffe (Aufnahme in REACH, Anhang XIV) eingeführt und bestimmte gefährliche Stoffe beschränkt oder verboten.

---

*REACH: Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe, Verordnung EG Nr.1907/2006 EG

WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment, 2002/96/EG.

RoHS: Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, 2002/95/EG



Plasmaflamme des ICP-AES

ICP-OES Spektrometer

Als Verordnung ist sie unmittelbar geltendes Recht in allen EU-Mitgliedstaaten.Von REACH ausgenommen sind Stoffe unter einer Tonne Jahresproduktion und Stoffe der Anhänge IV (ungefährliche Stoffe, über die ausreichende Informationen vorliegen z. B. Wasser, CO_2) und V (ungefährliche Stoffe, die die Ziele der Verordnung nicht beeinträchtigen, z. B. Naturstoffe, Glas) REACH-Verordnung sowie Stoffe für prozess- und produktorientierte Forschung und Entwicklung. Für die Werkstoffentwicklung des Fraunhofer ISC ist die REACH-Verordnung daher wenig relevant. Für zukünftige Upscaling-Projekte und für industrielle Auftraggeber und Anwender kann sie aber interessant werden, ebenfalls für die weitere Beschaffung von Spezialchemikalien, die aufgrund geringer Herstellungsmengen vom Hersteller/Importeur gegebenenfalls nicht in der EU registriert werden.

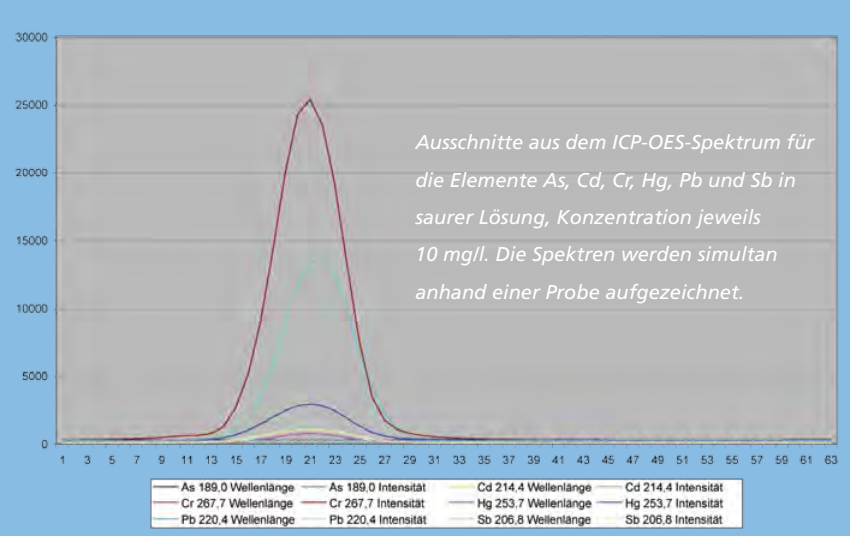
Sonderstellung Glas - bedenkliche Bestandteile vermeiden

Glas ist von der Registrierungspflicht (Anhang V Ziffer 11 zur Änderung der REACH-Verordnung (EG) Nr. 987/2008) ausgenommen. Ausnahme ist Mineralwolle, die als Stoff registriert wurde. Voraussetzungen sind, dass das Glas selbst nicht gefährlich ist, es keine gefährlichen Bestandteile enthält (entsprechend EU-Richtlinie 67/548/EWG Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe, ca. 5000 gefährliche Stoffe aufgelistet) und mögliche gefährliche Bestandteile während des Lebenszyklus nicht verfügbar sind. Glashersteller sind aber Teil der Verwendungskette für einige zu registrierende Stoffe, z. B. Soda und Borate. Die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) hat für die SVHC-Liste in Anhang XIV, REACH-VO mit »besonders besorgniserregenden Stoffen« (SVHC = substances of very high concern) weitere elf Stoffe vorgeschlagen. Mittlerweile erfüllen 38 SVHC-Stoffe die Kriterien zur Einstufung als CMR (kanzerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch) oder als PBT (persistent, bioakkumulierend und toxisch) oder als vPvB (sehr persistent und sehr bioakkumulierend) oder Stoffe mit ähnlich schwerwiegenden Wirkungen, wie etwa endokrinen Eigenschaften, d. h. mit besonders unerwünschten Wirkungen auf Mensch und Umwelt. Insgesamt plant die ECHA, bis 2012 insgesamt 136 Stoffe für die Kandidatenliste zu nennen. Glasrelevante Stoffe auf der Kandidatenliste sind die Glasrohstoffe Dinatriumtetraborat und Borsäure, Arsentrioxid und Kobaltsulfat sowie Hochtemperaturwollen für Isolationszwecke. Rechtsfolgen der Kandidatenliste sind Informationspflichten nach Art. 33 REACH und ggf. Zulassungs- und Verbotsverfahren. Da Borrohstoffe Hauptbestandteil der Borosilicatgläser und von Mineralfasern sind, wird eine Registrierung erfolgen und technische Dossiers und Sicherheitsdatenblätter werden für das REACH-Zulassungsverfahren erarbeitet werden, um den möglichen sicheren Gebrauch von Boraten nachzuweisen. Neben den Forderungen der Europäischen Gesetzgebung, japanischer und amerikanischer Initiativen sowie der GHS (Globally Harmonised System of Classification and Labelling of substances and Mixtures) sprechen Gesundheits- und Umweltschutz sowie die Wünsche der Kunden für die Entwicklung umweltfreundlicher Werkstoffe und Produkte. Dies führt zu erhöhtem Analytik- und Beratungsbedarf, insbesondere bei Mittelstandsunternehmen, verringertem Stoffangebot, Reformulierungen von Produkten und der Suche nach Substitutionsstoffen oder völlig neuen Stoffen.

Schadstoffanalytik von Glas - Nachweismöglichkeiten von Einzelbestandteilen

Glas ist ein seit vielen Jahren bewährter Werkstoff, der aufgrund seiner Beständigkeit u. a. im Lebensmittel- und Arzneimittel-Bereich eingesetzt wird. In seltenen Fällen können anorganische Elemente, z.B. As, Cd, Cr(VI), Hg, Pb und Sb, im Glas enthalten sein, die als Schadstoffe einzustufen sind. Durch Versuche zur Oberflächen-Auslaugung wurde gezeigt, dass diese oxidischen Bestandteile aus dem Glas nicht in toxisch relevanter Menge in den menschlichen Organismus gelangen können, da sie sehr gut ins Glas-Netzwerk eingebunden sind. In der REACH-Verordnung geht es hingegen

Glasgemengebestandteile



Ausschnitte aus dem ICP-OES-Spektrum für die Elemente As, Cd, Cr, Hg, Pb und Sb in saurer Lösung, Konzentration jeweils 10 mg/l. Die Spektren werden simultan anhand einer Probe aufgezeichnet.

um den Gehalt der toxischen Bestandteile im gesamten Materialvolumen, d. h. auch um die Konzentration von nicht auslaugbaren Substanzen. Die Analyse dieser Schadstoffe ist aufgrund der stabilen Einbindung ins Glas eine anspruchsvolle Aufgabe. Im Fraunhofer ISC sind eine Reihe von akkreditierten Methoden etabliert, die für die speziellen Anforderungen der quantitativen Elementanalytik geeignet sind, z.B. die ICP-OES-Spektroskopie. Hierzu werden das Glas bzw. die Glaskeramik durch spezielle Prozeduren in saure wässrige Lösung gebracht. Die Lösungen werden in eine Plasmaflamme (6000 bis 8000 K) eingesprüht, das Verfahren erfolgt nach DIN 51086-2. Unter diesen Bedingungen senden die angeregten Ionen der Schadsubstanzen Licht von spezifischen Wellenlängen aus (Flammenfärbung). Die jeweiligen Intensitäten werden im Spektrometer simultan für Li bis U bis in den ppm-Bereich (mg/kg), in manchen Fällen sogar in den ppb-Bereich (µg/kg) bestimmt. Die Oxidationsstufe eines Elements kann ausschlaggebend für die Bewertung der Toxizität sein, ein wichtiges Beispiel dafür ist Chrom. Das im Grünglas in Konzentrationen von mehreren 1000 ppm vorhandene Cr(III) ist unbedenklich, während Cr(VI) zwar lediglich in Spuren von wenigen ppm auftritt, aber als karzinogen eingestuft ist. Die sehr empfindliche Unterscheidung und quantitative Bestimmung wird durch ein photometrisches Verfahren nach Aufschluss erreicht (DIN 51086-3).

Doch auch andere Materialien wie Rohstoffe und Reststoffe werden im Fraunhofer ISC auf ihren Schadstoffgehalt untersucht. Eine besondere Herausforderung stellt Elektronikschrott in Bezug auf die Verordnungen RoHS bzw. WEEE dar. Dieses Material erweist sich aufgrund seiner Vielfalt, Inhomogenität und z. T. sehr geringen Konzentration bestimmter Elemente als problematisch in der quantitativen und qualitativen Analytik. Es konnte aber bereits gezeigt werden, dass sich durch geeignete Verfahren bei Vorsortieren, Mühlenaufbereitung, Feinmahlen und Probenteilung repräsentative Prüfmuster für die Bestimmung von toxischen Bestandteilen herstellen lassen.

DIN 51086-2 (Ausgabedatum: 2004-07)
Prüfung von oxidischen Roh- und Werkstoffen für Keramik, Glas und Glasuren - Teil 2: Bestimmung von Ag, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Er, Eu, Fe, La, Mg, Mn, Mo, Nd, Ni, P, Pb, Pr, S, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Y, Yb, Zn, Zr durch optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP OES)

DIN 51086-3 (Ausgabedatum: 2007-04)
Prüfung von oxidischen Roh- und Werkstoffen für Keramik, Glas und Glasuren - Teil 3: Spektralphotometrische Bestimmung von Chrom(VI) mit Diphenylcarbazid in Anwesenheit von Chrom(III)

KONTAKT

Rudi Flegler
Leiter Zentrum für
Angewandte Analytik ZAA

✆ +49 931 4100-245
rudi.flegler@isc.fraunhofer.de

SUBSTITUTION BEDENKLICHER INHALTSTOFFE BEI DER GLASHERSTELLUNG

Bisher werden bei der Glasherstellung häufig Elemente wie Blei (für optische Bleigläser und niedrigschmelzende Glaslote) oder Arsen und Antimon als Läutermittel verwendet. Gelegentlich werden auch toxische Elemente wie Cadmium und Chrom (VI) als Farbpigment (rot-orange, grün-gelb) eingesetzt. Will man diese Elemente durch andere ersetzen, so kann das beim Erschmelzen dieser Gläser zu einer Reihe von Problemen führen. Das Fraunhofer ISC bietet neben Kompetenzen zur Prozesssteuerung bei der Glasherstellung auch die Expertise in der Entwicklung neuer Spezialgläser zur Substitution von toxikologisch bedenklichen oder teuren Komponenten an.

Substitution von Blei

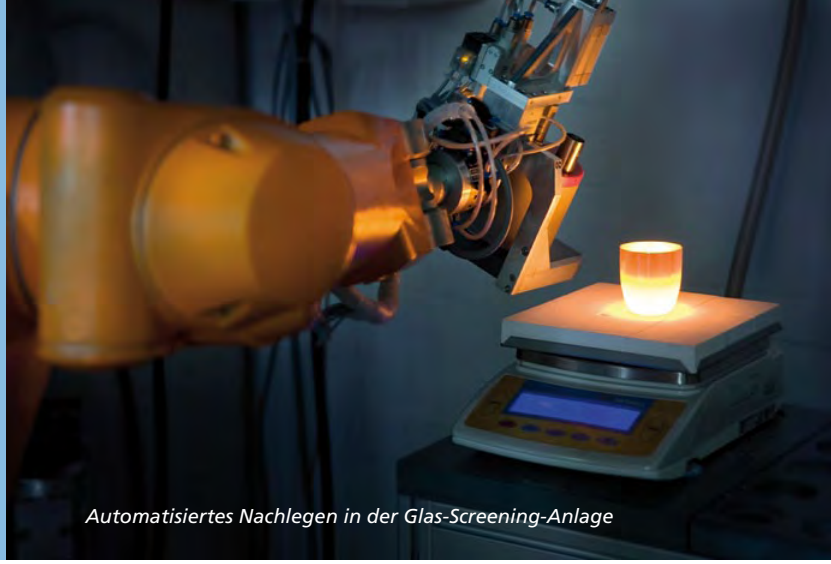
Für optische Gläser wird Blei – üblicherweise in Form von Pb_3O_4 in die Glasschmelze eingebracht – unter anderem genutzt, um eine hohe Lichtbrechung zu erzeugen. Der Bleianteil in den Gläsern kann sehr hoch werden. Bleikristallglas enthält z.B. mehr als 50 Gewichtsprozent Blei und wird auch heute noch in einem Umfang von etwa 100.000 Tonnen pro Jahr in Deutschland produziert. Ersetzen lässt es sich durch eine Reihe von anderen Elementen wie Ti, Bi, Ta oder auch Lanthanide Optische Gläser, die den Anforderungen von bisherigen Bleigläsern entsprechen, sind allerdings häufig komplexer in der chemischen Zusammensetzung und neigen gelegentlich zur Kristallisation. Außerdem ist in fast allen Beispielen bleifreier optischer Gläser die Viskosität stärker von der Temperatur abhängig als in Bleigläsern. Dies bedeutet, dass das Verfahren zur Prozessierung der Glasschmelze sehr viel besser kontrolliert werden muss und die entsprechenden Verarbeitungstemperaturen genauer einzuhalten sind als bei Bleigläsern.

Das Fraunhofer ISC hat dazu eine Reihe von speziellen Messverfahren entwickelt, um die Temperaturkontrolle während des Prozesses der Glasverarbeitung in hoher räumlicher, thermischer wie auch zeitlicher Auflösung zu messen. Für den Ersatz von Blei in niedrigschmelzenden Glasloten gilt analog, dass sich die chemische Wechselwirkung zwischen Glas und Fügematerial schwerer kontrollieren lässt als im Bleiglas, da diese Gläser mehr Komponenten enthalten.

Substitution von Arsen und Antimon

Arsen und Antimon sind hervorragende Läutermittel, d. h. sie können kleine Gasbläschen aus einer Glasschmelze entfernen, da sie bei typischen Schmelztemperaturen ihre Oxidationsstufen ändern können. Dadurch können sie gelösten Sauerstoff aufnehmen bzw. abgeben und kleine Gasblasen in einer Glasschmelze in große überführen, die während der Verarbeitung entfernt werden können. In konventionellen Gläsern liegen Arsen und Antimon in Gehalten von bis zu einem Gewichtsprozent vor. Will man Arsen und Antimon – beide ähnlich giftig – aus der Schmelze entfernen, müssen andere Läuterverfahren entwickelt werden. Ein bekanntes Verfahren ist das Läutern durch sogenanntes Gasbubbling. Hierbei wird z. B. Helium durch eine Glasschmelze geblasen, das dann kleine Gasblasen »mitreißen« kann. Nachteile sind die hohen Kosten für Helium und die Erniedrigung des Sauerstoffpartialdrucks in der Schmelze beim Bubbling. Dadurch können reduktionsempfindliche Komponenten des Glases reduziert werden. Wenn aus diesem Grund das Bubbling nicht möglich ist, kann man zumindest den Anteil an Arsen und Antimon massiv reduzieren, wenn eine Reihe von anderen Maßnahmen beim Schmelzprozess getroffen wird.

Pb_3O_4-Gemengebestandteil zur Erzeugung hochbrechender Gläser



Automatisiertes Nachlegen in der Glas-Screening-Anlage

So kann durch besonders sorgfältige Auswahl, Vorbereitung und Zugabe der Rohstoffe sowie durch Erhöhung der Läuterzeit und -temperatur die Gasbildung um den Faktor 5 bis 10 auf deutlich unter 0,1% reduziert werden.

Substitution von Cadmium-, Chrom VI

Die Herstellung von transparenten roten, orangefarbenen bzw. gelb-grünen Gläsern ist sehr anspruchsvoll. Während es eine Reihe von Elementen gibt, die Glas blau, grün oder gelb färben, können nur wenige Elemente eine rote Farbe in Glas über eine direkte ionische Färbung bewirken. Neben der direkten ionischen Färbung gibt es noch eine Reihe von anderen Prinzipien zur Farberzeugung. Eines beruht auf dem Entstehen von sehr kleinen kolloidalen Partikeln im Glas. Der bekannteste Vertreter hierfür ist das sogenannte Goldrubinglas. Während jedoch ionische Gläser vollständig miteinander mischbar sind und so auch Mischfarben erzeugen können, ist das im Fall von kolloidalen Farben nicht möglich. Für Farbvarianten muss der Temperprozess verändert werden. Auch enthalten Rubingläser Edelmetalle (neben Gold auch Platinmetalle) und sind deshalb teuer. Durch eine gezielte Prozesssteuerung und eine geschickte Kombination verschiedener Edelmetalle lässt sich jedoch der Gesamtbedarf dieser extrem teuren Rohstoffe reduzieren.

KONTAKT

PD Dr. Martin Kilo
Leiter Fachbereich Glas

✆ +49 931 4100-234
martin.kilo@isc.fraunhofer.de

PROJEKT

TGRUPPE

PROJEKTGRUPPE KERAMISCHE VERBUNDSTRUKTUREN

DIE FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE HAT DIE ERSTEN FÜNF JAHRE IHRER GRÜNDUNGSPHASE ERFOLGREICH ABGESCHLOSSEN. UMFANGREICHE ANLAGENTECHNIK ZUR HERSTELLUNG VON CERAMIC MATRIX COMPOSITES UND ZUR 3D-BAUTEILCHARAKTERISIERUNG SIND GESCHAFFEN WORDEN.

NACHFOLGEND EINE ZUSAMMENFASSUNG DER AKTIVITÄTEN:

5 JAHRE PROJEKTGRUPPE KERAMISCHE VERBUNDSTRUKTUREN 74

EIN NEUES VERFAHREN ZUR QUANTITATIVEN BESTIMMUNG DER FASERORIENTIERUNG IN FASERVERSTÄRKTEN WERKSTOFFEN FÜR DIE FE-MODELLIERUNG 78

ENTWICKLUNG VON FASERVERSTÄRKTEN VERBUNDKERAMIKEN UND KOMPONENTEN FÜR EINE NEUE GENERATION VON TRIEBWERKEN 82

DIE WIRTSCHAFTLICHE HERSTELLUNG VON KOHLENSTOFFFASERVERSTÄRKTEN SIC-KERAMIKEN 86

REKORDBETEILIGUNG BEI DER HTCMC 7 IN BAYREUTH 88

PROJEKTGRUPPE

Wickelkörper aus oxidischer Faserkeramik

5 JAHRE PROJEKTGRUPPE

Um das Zukunftsthema Hochtemperatur-Leichtbau (HT-Leichtbau) wissenschaftlich und marktgerecht weiterzuentwickeln, wurde im Juni 2006 mit Fördermitteln des Freistaats Bayern die Fraunhofer-Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen in Bayreuth gegründet. Ziel war und ist ein eigenständiges Fraunhofer-Institut für Hochtemperatur-Leichtbau in Bayreuth. Anfang 2007 bezogen Projektgruppenleiter Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel und seine damals vier Mitarbeiter eine 350 m² große Technikumshalle im Gebäude der NMB GmbH in Bayreuth-Wolfsbach und begannen mit der Entwicklung von Leichtbaustrukturen aus faserverstärkten Verbundkeramiken. Heute umfasst die Projektgruppe acht Vollzeitmitarbeiter, fünf wissenschaftliche Mitarbeiter in Teilzeit, drei Doktoranden sowie zahlreiche Diplomanden und befindet sich planmäßig auf Wachstumskurs. Die genutzte Fläche für die Technologieentwicklung wurde auf 700 m² erweitert, so dass inzwischen eine geschlossene Prozesskette zur Herstellung von Bauteilen aus faserverstärkten Keramiken in einem industrienahen Maßstab angeboten werden kann. Die Weiterentwicklung der Ceramic Matrix Composites (CMC) stellte in den ersten fünf Jahren der Projektförderung den Arbeitsschwerpunkt dar, wobei die Grundlagenforschung am Lehrstuhl Keramische Werkstoffe der Universtität Bayreuth angesiedelt ist und die anwendungsorientierte Hochskalierung auf Bauteilgröße bei der Projektgruppe erfolgt. Die enge Zusammenarbeit zwischen Lehre und Forschung brachte eine Vielzahl erfolgreicher Verbund- und bilateraler Industrieprojekte auf dem Gebiet oxidischer und nicht-oxidischer Verbundkeramiken hervor.

Vor dem Hintergrund weltweit steigender Rohstoffpreise und immer knapperer Ressourcen gewinnt der Leichtbau zunehmend an Bedeutung und beschränkt sich schon lange nicht mehr nur auf die Luft- und Raumfahrt. Der Anspruch auf hohe individuelle Mobilität in der Gesellschaft erfordert einerseits neue Leichtbaukonzepte für zukünftige Transportsysteme bis hin zum Ultra-Leichtbau, andererseits werden insbesondere in künftigen Energie- und Antriebssystemen höhere Einsatztemperaturen für die verwendeten Werkstoffe benötigt. Verbesserungen in der Temperaturbeständigkeit beeinflussen direkt den Wirkungsgrad der Energiewandlung, da sich dadurch der Kühlluftbedarf in Energieerzeugungs- und Antriebsmaschinen verringert. Das Marktpotenzial für eine neue Generation von Verbundwerkstoffen wird daher als enorm hoch eingeschätzt. Besonders attraktive und perspektivisch weitreichende Anwendungsgebiete von Verbundkeramiken jenseits der Luft- und Raumfahrt sind der Gasturbinenbau (stationär und mobil), die Antriebs- und Verbrennungstechnik, aber auch tribologische Anwendungen wie Reib- oder Lagerwerkstoffe.

HT-Leichtbau ist eine ausgeprägt interdisziplinäre und werkstoffübergreifende ingenieurwissenschaftliche Disziplin. Sie reicht von der Synthese neuer HT-Materialien über die Auslegung, Modellierung, Herstellung und Systemintegration bis zur Lebensdaueranalyse von Strukturbauteilen unter Einbeziehung einer prozessbegleitenden Qualitätssicherung. Durch ihr hohes Potenzial für Energieeinsparung und Ressourceneffizienz sind faserverstärkte Verbundwerkstoffe mit keramischer, metallischer oder auch polymerer Matrix prädestiniert für HT-Leichtbaustrukturen. Bevor sie industriell zum Einsatz gelangen können, müssen jedoch noch materialgerechte Auslegungstools, Fügetechniken und kostengünstige Herstelltechnologien entwickelt werden. Hier sind faserkeramische Bremsscheiben und Reibbeläge ein gutes Beispiel dafür, wie erfolgreich sich die sehr forschungsintensive Technologie in die industrielle Produktion mit hohen Stückzahlen umsetzen lässt.

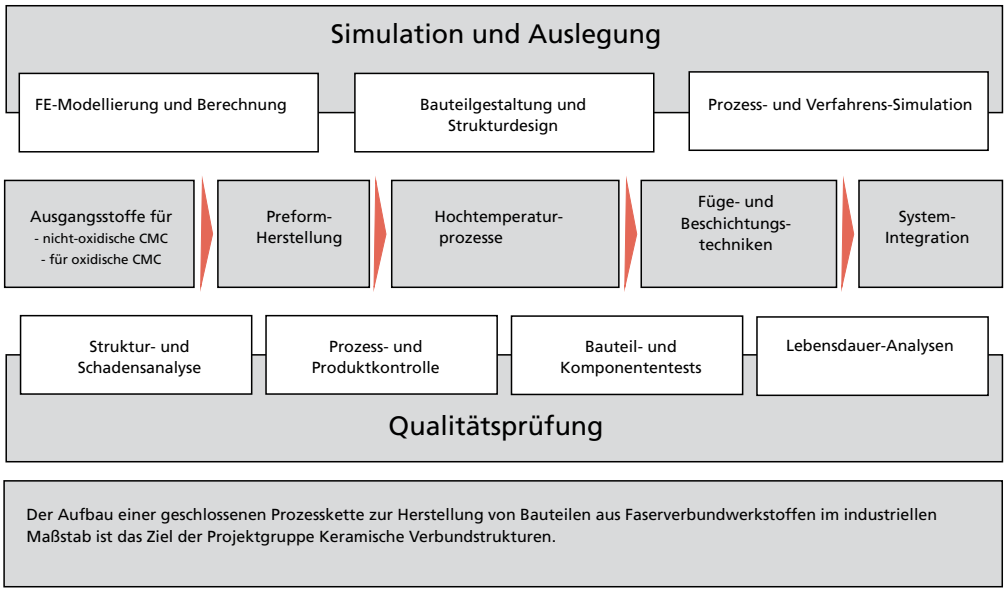
Das erste Etappenziel auf dem Weg zu einem eigenständigen Zentrum für HT-Leichtbaustrukturen in Bayreuth – der Aufbau einer geschlossenen Prozesskette zur Entwicklung und Herstellung von CMC-Strukturbauteilen im industrienahen Maßstab – ist in den mittlerweile zwei angemieteten Technikumshallen anlagentechnisch umgesetzt. Zur Grünkörperfertigung stehen neben der Warmpresstechnik eine hochmoderne Wickelanlage und die RTM-Technologie zur Verfügung. Die Ende 2009 in Betrieb genommenen Hochtemperaturöfen zur Pyrolyse und Silicium-Schmelzphaseninfiltration vervollständigen die Technikumsausstattung.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt der Projektgruppe ist die Prozess- und Qualitätskontrolle, die durch analytische Methoden sichergestellt wird: Eine Computertomografieanlage, ausgelegt für die Untersuchung großer Bauteile bis 700 mm Durchmesser, ermöglicht die zerstörungsfreie Prüfung und Darstellung von Bauteilen als 3D-Modelle mit einer hohen Auflösung von wenigen Millimetern.

Die nächsten Ziele der Projektgruppe sind die Etablierung von Simulations-und Berechnungstools für die Auslegung von Bauteilen und von speziellen Bauteilprüfständen.

Neben ihren FuE-Aktivitäten fördert die Projektgruppe den wissenschaftlichen Austausch und den Kenntnisstand über keramische Verbundwerkstoffe. Hierzu wurden Fortbildungsseminare und zwei materialwissenschaftliche Konferenzen in Bayreuth durchgeführt:
Im April 2009 fand das 17. Symposium »Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde« mit ca. 200 wissenschaftlichen Teilnehmern (aus dem In- und deutschsprachigen Ausland) an der Universität Bayreuth statt. Im September 2010 erlangte Bayreuth als Veranstalter der 7. Internationalen Tagung für Hochtemperaturkeramiken (HT-CMC 7) mit 350 Teilnehmern auch international hohe Aufmerksamkeit. Das Interesse der Konferenzteilnehmer, neben der Fachtagung im Rahmen von Institutsführungen einen Einblick in die Forschungsthemen der Bayreuther Projektgruppe zu bekommen, war groß und wurde vor allem von internationalen Gästen wahrgenommen.

Geschlossene Prozesskette zur Entwicklung und Herstellung von CMC-Strukturbauteilen



Der Aufbau einer geschlossenen Prozesskette zur Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen im industriellen Maßstab ist das Ziel der Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen.

Eine weitere wichtige Station mit dem Ziel der fachlichen Vernetzung war Ende 2008 die Gründung von Ceramic Composites in Bayreuth, einer Abteilung des Carbon Composites e.V., Augsburg. Für die Leitung dieser Abteilung konnte der ehemalige Leiter des Fraunhofer ISC, Prof. Dr. Gerd Müller, gewonnen werden. Die Abteilung hat nur zwei Jahre nach ihrer Gründung 34 Mitglieder, 22 davon aus der Industrie, die in insgesamt neun Arbeitsgruppen zu Themen der CMC-Herstellung, -Prüfung und -Verarbeitung eng und projektorientiert zusammenarbeiten.

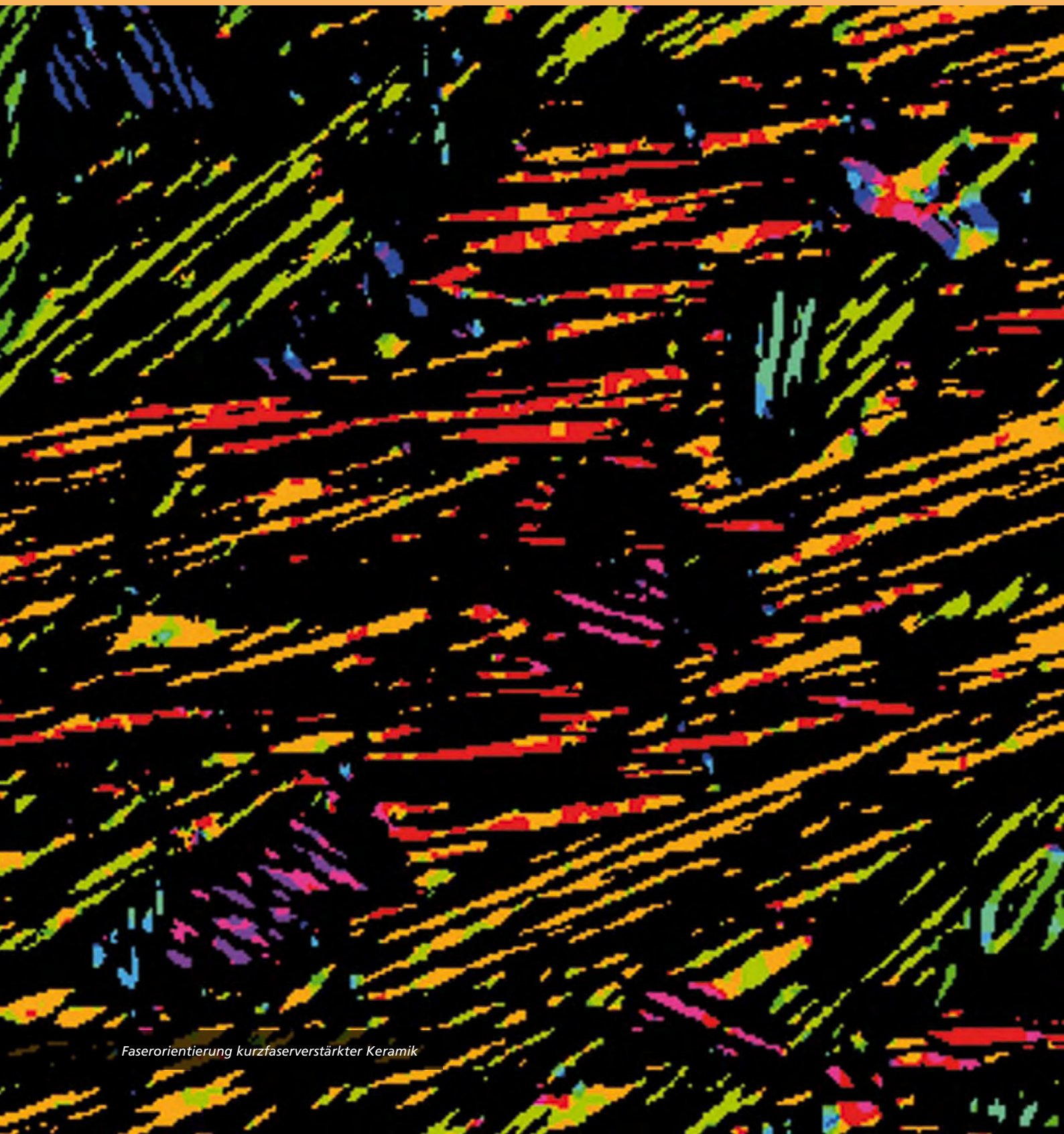
Mit Ablauf des Jahres 2011 endet die Anschubfinanzierung der Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen, im Sommer 2011 wird die fachliche Evaluierung erfolgen. Bei erfolgreicher Evaluierung bildet die CMC-Arbeitsgruppe die Keimzelle des Ausbaus zum Institut für HT-Leichtbau mit der Einbindung von weiteren Hochtemperaturmaterialien. So ist zunächst die Integration des Themas »Keramische Schichten« in das Forschungsspektrum geplant, ebenfalls in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl Keramische Werkstoffe. Die Themen »Hochtemperatur-Polymer-Verbundwerkstoffe« (HT-PMC) und »Hochtemperatur-Metall-Verbundwerkstoffe« (HT-MMC) sollen neu implementiert und ausgebaut werden. Voraussetzung für die Wachstumspläne ist allerdings die dauerhafte Lösung der derzeit bestehenden Raumproblematik.

KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel
Leiter Fraunhofer-Projektgruppe
Keramische Verbundstrukturen

✆ +49 921 786931-21
walter.krenkel@isc.fraunhofer.de

PROJEKTGRUPPE



Faserorientierung kurzfaserverstärkter Keramik

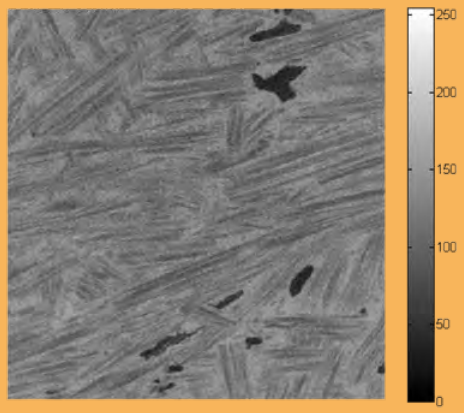
Ein neues Verfahren zur quantitativen Bestimmung der Faserorientierung in faserverstärkten Werkstoffen für die FE-Modellierung

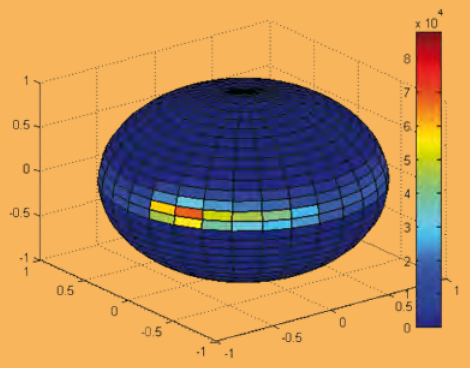
Bei der Entwicklung von faserverstärkten Werkstoffen, speziell mit Kurzfaserverstärkung, ist die genaue Kenntnis der Faserorientierung wichtig für eine beanspruchungsgerechte Auslegung von Bauteilen, da durch die Ausrichtung der Fasern die Werkstoffeigenschaften, speziell Festigkeiten und Steifigkeiten, stark beeinflusst werden. Die Faserorientierung in einem Bauteil ist im Allgemeinen sehr vom gewählten Herstellverfahren abhängig, so werden beim Spritzgießverfahren beispielsweise andere Vorzugsorientierungen erzielt als beim Pressverfahren.

Mit bisherigen Untersuchungsmethoden können die Faserorientierungen nur indirekt ermittelt werden. Bei der Herstellung von kurzfaserverstärkten Kunststoffen mittels Spritzguss werden beispielsweise die Faserorientierungen mit Strömungsanalysen abgeschätzt, indem die Orientierungen abhängig von den Fliesseigenschaften errechnet werden (Flow-Mold-Verfahren). Einzelne Ebenen werden durch Schliffuntersuchungen zerstörend überprüft und rechnerisch auf das gesamte Bauteil extrapoliert. Eine quantitative Bestimmung im Realbauteil ist jedoch bislang nur unzureichend möglich.

Eine neue Methode zur quantitativen zerstörungsfreien Ermittlung der Faserorientierung wird an der Fraunhofer-Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl Keramische Werkstoffe der Universität Bayreuth entwickelt. Der Ansatz basiert auf der analytischen Auswertung von dreidimensionalen Volumenabbildungen von Composite-Bauteilen, die mit dem Computertomografen (CT) ermittelt werden. Aus diesen Daten werden zuerst die Fasern von der umgebenden Matrix mittels einer Segmentierung getrennt.

Anschließend wird von den Fasern die lokale räumliche Ausrichtung im Bauteil bestimmt und ausgewertet. Das Ergebnis zeigt entweder die exakte Faserverteilung in beliebigen Ebenen als Kombination von Azimuth- (Winkel in der x-y-Ebene) und Polarwinkel (Winkel zur x-y-Ebene) oder die Gesamtverteilung als Abbildung auf einer Kugel. Das Verfahren ist in der Lage, die Faserorientierung in beliebigen Faser-Matrix-Kombinationen (z. B. Polymer- oder Keramikmatrix, Glas- bzw. Kohlenstofffasern) zu bestimmen, sofern ein ausreichend deutlicher Kontrast zwischen Fasern und Matrix besteht.





1 *Faserorientierung in kurzfaserverstärktem CISiC mit ca. 50% Faservolumengehalt (a-d) (a) Eine ausgewählte Ebene aus dem CT-Volumen (b) Orientierungsverteilung im Raum: Orientierung der Fasern in die jeweiligen Raumrichtungen*

Abbildung 1 zeigt eine Schnittebene durch eine kohlenstofffaserverstärkte Siliciumcarbid-Keramik (C/SiC) mit einem Faservolumengehalt von ca. 50 %. Dargestellt ist eine Schnittebene aus dem CT (Abbildung 1a) sowie die entsprechende Gesamtverteilung als Kugeldarstellung (Abbildung 1b) und die Winkelverteilung der Fasern in der Ebene (Abbildung 1c, d). Die Fasern weisen eine bevorzugte Ausrichtung in der x-y-Ebene, d. h. senkrecht zur Pressrichtung auf. Dies ist sowohl in der Kugeldarstellung (Abb. 1b) als auch in der Ebenendarstellung erkennbar. Die Orientierung in x-y-Richtung (Azimuthwinkel) in Abb. 1c zeigt eine bevorzugte Verteilung von ca. 20° innerhalb der Ebene, während die Ausrichtung in z-Richtung (Polarwinkel) nahezu konstant bei 0° Grad liegt. Dies entspricht der Aufsummierung aller Fasern in der Kugeldarstellung (Abb. 1b).

Im Rahmen der Veröffentlichung »Correlation Between Fibre Orientation and Mechanical Properties of Short-Fibre C/C Composites« wurde der Algorithmus dazu verwendet, die Faserorientierung in verschiedenen C/C-Biegeproben mit ausgerichteten Kurzfasern zu bestimmen. Die Korrelation zwischen der ermittelten globalen Faserorientierung und der Biegefestigkeit zeigte die zu erwartende Steigerung der Biegefestigkeit aufgrund erhöhter Faseranteile.

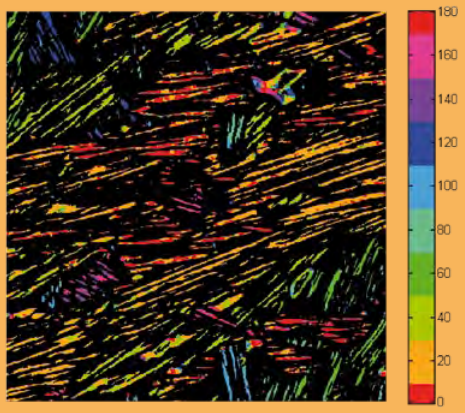
Die Kenntnis der lokalen Faserorientierung kann des Weiteren dazu benutzt werden, um Finite-Elemente-Modelle (FE-Modelle) zu generieren, in denen die lokalen Änderungen der Steifigkeiten/Festigkeiten aufgrund der bekannten Faserorientierung berücksichtigt sind. Dabei wird die Geometrie des Bauteils anhand der Volumendaten bestimmt und mittels einzelner Finite-Elemente (FE) abgebildet. Anschließend wird die in jedem Element vorherrschende Orientierungsrichtung bestimmt und damit die individuellen Werkstoffkennwerte zugewiesen.

Das Ergebnis ist ein FE-Modell, welches sowohl die Geometrie als auch die entsprechende morphologischen Eigenschaften einer Struktur berücksichtigt. Abbildung 2 zeigt als Beispiel das FE-Modell einer 3-Punkt-Biegeprobe unter Berücksichtigung der lokalen Faserorientierung.

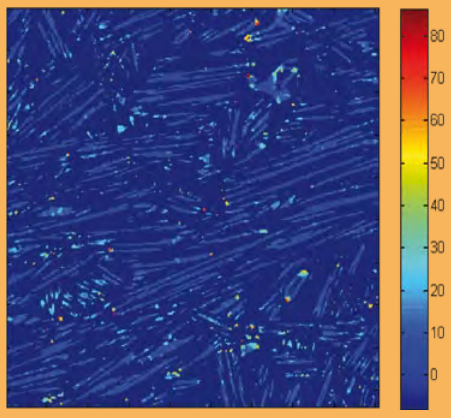
KONTAKT

Jan-Marcel Hausherr
Fraunhofer-Projektgruppe
Keramische Verbundstrukturen

✆ +49 921 786931-33
jan-marcel.hausherr@isc.fraunhofer.de

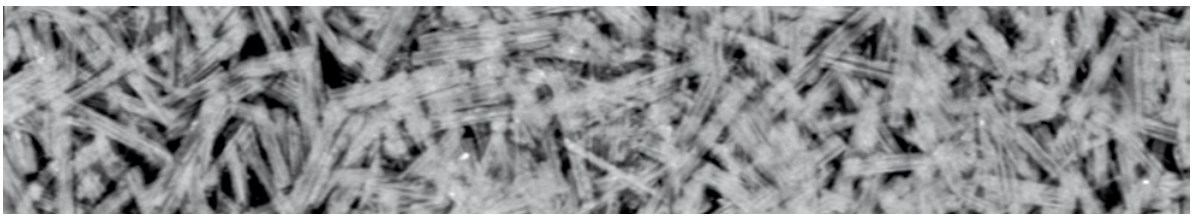


(c) Faserorientierung in der x-y-Ebene (Azimuthwinkel)

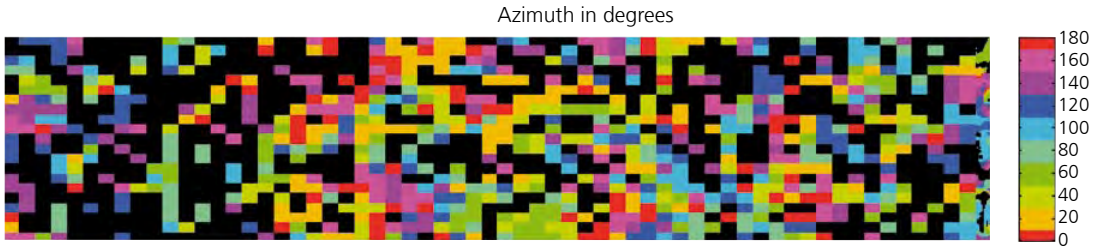


(d) Faserorientierung senkrecht zur x-y-Ebene (Polarwinkel)

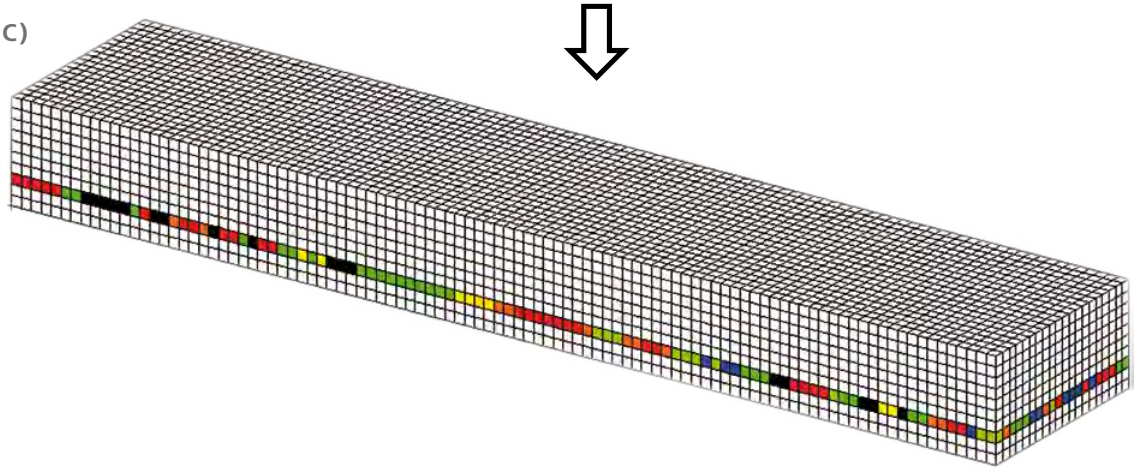
A)



B)



C)



Generieren eines FE-Modells aus CT-Volumendaten. Aus den Volumendaten (A) wird die lokale Faserorientierung bestimmt, auf Quader-Elemente reduziert (B) und in ein FE-Modell überführt (C).

A380 mit vier GP7000 Triebwerken, Quelle: MTU Aero Engines

ENTWICKLUNG VON FASERVERSTÄRKTEN VERBUNDKERAMIKEN UND KOMPONENTEN FÜR EINE NEUE GENERATION VON TRIEBWERKEN

Zur Erhöhung des Wirkungsgrads von Gasturbinen entwickelt die Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen des Fraunhofer ISC für Triebwerksanwendungen 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. Neben früheren Überlegungen, höhere Betriebstemperaturen durch den Einsatz von Keramiken zu erzielen, treten heute im Triebwerksbau die Vorteile der Gewichtseinsparung durch Leichtbauwerkstoffe in den Vordergrund.

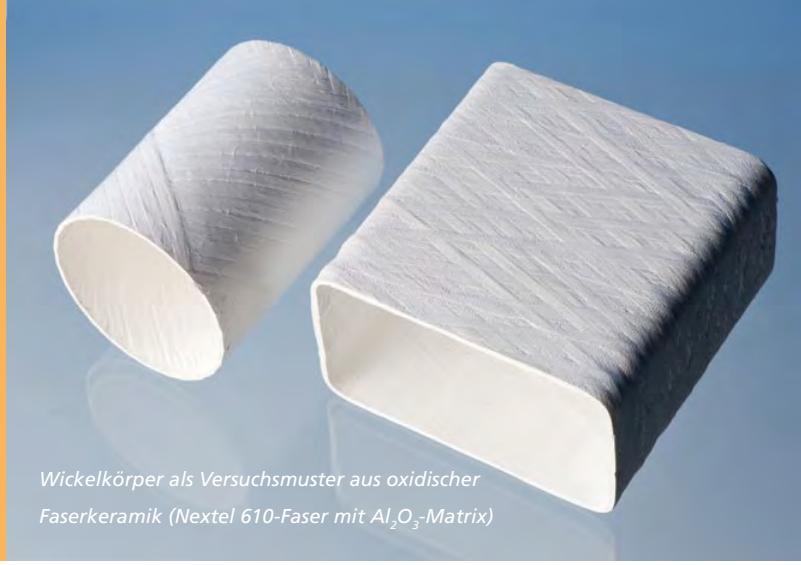
Motivation für die Entwicklung ist der Zuwachs des zivilen Luftverkehrs, derzeit weltweit um ca. 4,9 % jährlich (Airbus 2007) und allein seit dem Jahr 2000 um nahezu 30 %, verbunden mit einer Steigerung der Schadstoffemissionen. Für eine Kompensation dieses Zuwachses muss verstärkt auch in neue Leichtbauwerkstoffe und Strukturen investiert werden. Die Triebwerkshersteller haben sich zum Ziel gesetzt die NO_x-Emissionen um 80 % zu reduzieren und die CO_2-Emissionen bis zum Jahr 2020 zu halbieren. Diese Selbstverpflichtung der europäischen Luftfahrtindustrie wurde durch das Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE) formuliert.

Um Luftfahrzeuge und deren Betrieb effizienter zu gestalten, wird an verschiedenen Maßnahmen zur Optimierung gearbeitet. So lässt sich der spezifische Kerosinverbrauch von Luftstrahltriebwerken weiter verringern und damit die Emissionen senken, wenn deren Gesamtwirkungsgrad verbessert wird.

Eine Steigerung des thermischen Wirkungsgrades von derzeit 50 % könnte durch einen erhöhten Komponentenwirkungsgrad erzielt werden, welcher technisch durch den Einsatz hochfester Keramikwerkstoffe erreicht werden kann. Derzeit werden heiße Triebwerkskomponenten jedoch ausschließlich aus Nickel- oder Kobaltbasislegierungen gefertigt, deren Einsatzgrenze bei ca. 1000 °C liegt und deren Wandtemperatur trotz intensiver Kühlung und Thermalschutzschichten nur auf maximal 1200 °C erhöht werden kann.

In einem bilateralen Projekt mit MTU Aero Engines München als Projektpartner werden einsatznahe Testbedingungen und Prüfnormen für neu entwickelte CMC festgelegt sowie Korrosion, Kriechbeständigkeit und Ermüdungsverhalten unter realitätsnahen Versuchsbedingungen untersucht. Erste Werkstoffmuster mit kommerziell verfügbaren, oxidischen Keramikfasern aus Mullit und Aluminiumoxid sowie mit Zirkonoxid und Aluminiumoxid als Matrixkomponenten sind bereits entwickelt. Die Verarbeitung von SiC-Fasern mit Si-Polymeren zu SiC/SiC-Keramiken befindet sich hingegen noch in einem frühen Entwicklungsstadium.

Zur Probenherstellung werden unterschiedliche Verfahren eingesetzt. Oxidische Verbundkeramiken werden mittels Nasswickelverfahren und Sinterprozessen gefertigt. Für die Herstellung von SiC/SiC werden Infiltrations-Verfahren wie die Polymer-Infiltration, die Pyrolyse oder die Silicium-Flüssigphaseninfiltration untersucht.



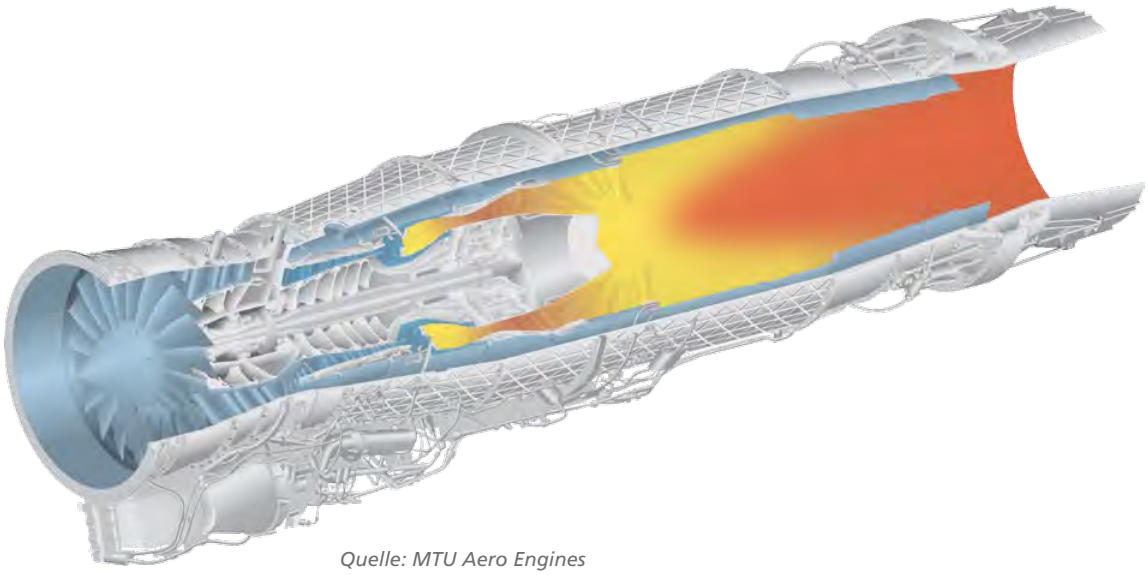
Wickelkörper als Versuchsmuster aus oxidischer Faserkeramik (Nextel 610-Faser mit Al_2O_3-Matrix)

Ziel sind möglichst schadenstolerante und hochfeste Keramiken. Schlüssel für eine hohe Schadenstoleranz ist die Einstellung einer geeigneten Faser-Matrix-Grenzflächenschicht, die über Gasphasenabscheidung oder Sol-Gel-Prozesse erfolgen kann.

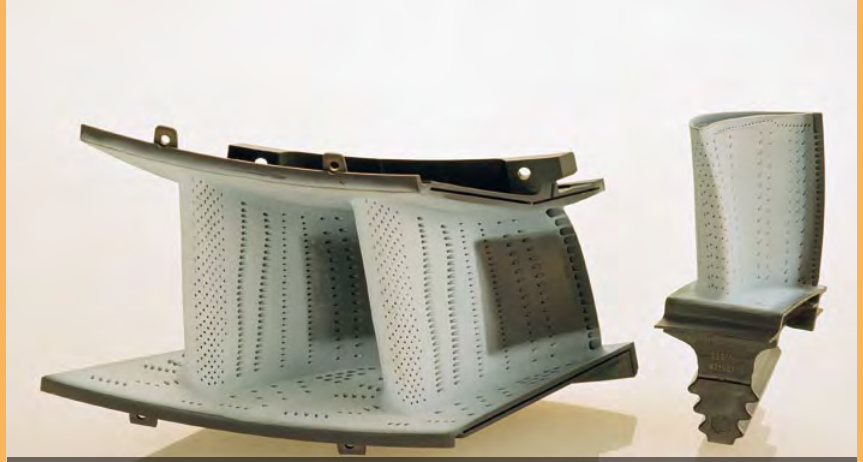
Die Langzeitbeständigkeit dieser CMC soll auf dem Heißgasprüfstand ab Anfang 2011 bei hohen Temperaturen > 1000 °C, hohen Gasgeschwindigkeiten, hohem Druck sowie korrosiven Medien wie Wasserdampf erprobt werden. Bisherige Versuche haben jedoch gezeigt, dass es auch bei Keramiken in Gasturbinenatmosphäre zur Materialdegradation durch Bildung und Abtransport flüchtiger Verbindungen wie Oxiden und Hydroxiden kommt. Aus diesem Grund ist mittelfristig die Entwicklung keramischer Korrosionsschutzschichten, sogenannte Environmental Barrier Coatings (EBC), notwendig, die eine deutliche Steigerung der Langzeitbeständigkeit auf mehrere 10.000 Stunden ermöglichen sollen.

Die Herstellung der Faserkeramiken für Triebwerkskomponenten befindet sich derzeit noch in einer frühen Entwicklungsphase. Bis zum Meilenstein werden sowohl die oxidischen als auch die nicht-oxidischen Faserkeramiken mechanisch und thermophysikalisch charakterisiert.

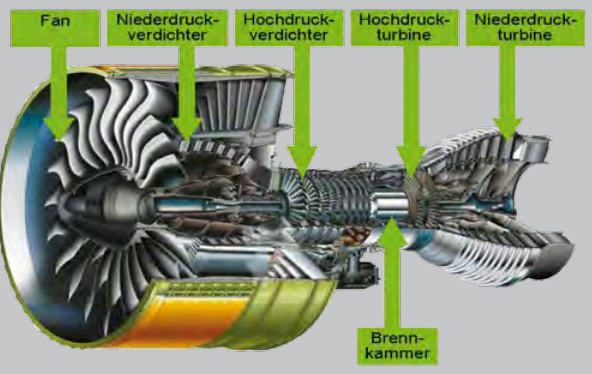
Wenn die Ergebnisse der Heißgasversuche vorliegen, soll eine Vorauswahl der am besten geeigneten Stoffsysteme getroffen werden. Mit einer schadenstoleranten Verbundkeramik soll dann in einem Folgeprojekt ein ausgewähltes Turbinenbauteil keramikgerecht konstruiert und ausgelegt werden. Für die fertigungstechnische Umsetzung dieser keramischen Leichtbaustruktur stehen bei der Projektgruppe Bayreuth verschiedene Formgebungsverfahren zur Verfügung.



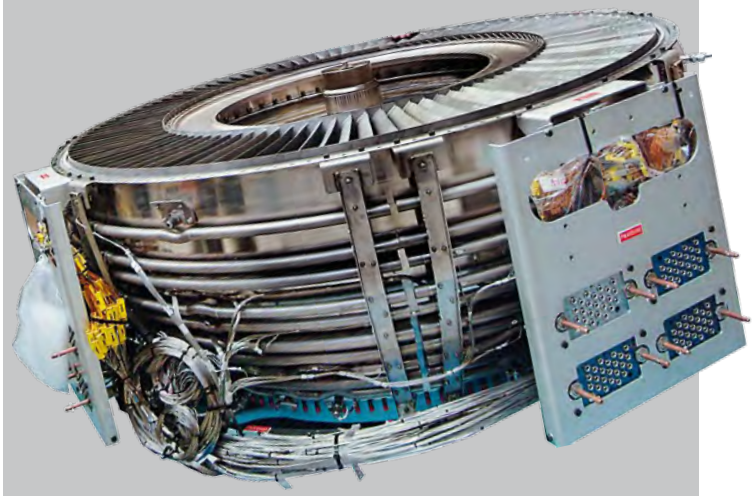
Quelle: MTU Aero Engines



Leit- und Laufschaufel aus Metall-Legierungen der GP7000-Hochdruckturbine versehen mit einer Thermalschutzschicht, Quelle: MTU Aero Engines



Schnittzeichnung ziviles Zwei-Wellen-Triebwerk GP7000 Potenzielle Einsatzgebiete von Keramik sind Brennkammer, Turbine und Niederdruckturbine, Quelle: MTU Aero Engines

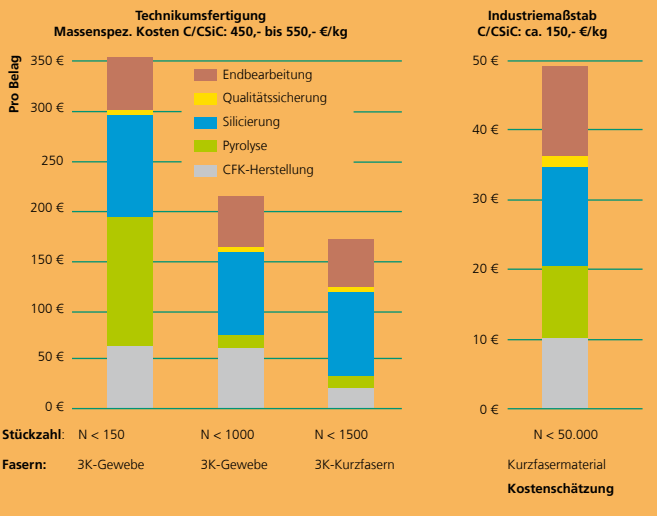


Erste bei der MTU Aero Engines zusammengebaute Niederdruck-turbine des GP7000 kurz vor dem Versand zu Pratt&Whittney, Quelle: MTU Aero Engines

KONTAKT

Dr. Jens Schmidt
Fraunhofer-Projektgruppe
Keramische Verbundstrukturen

✆ +49 921 786931-25
jens.schmidt@isc.fraunhofer.de



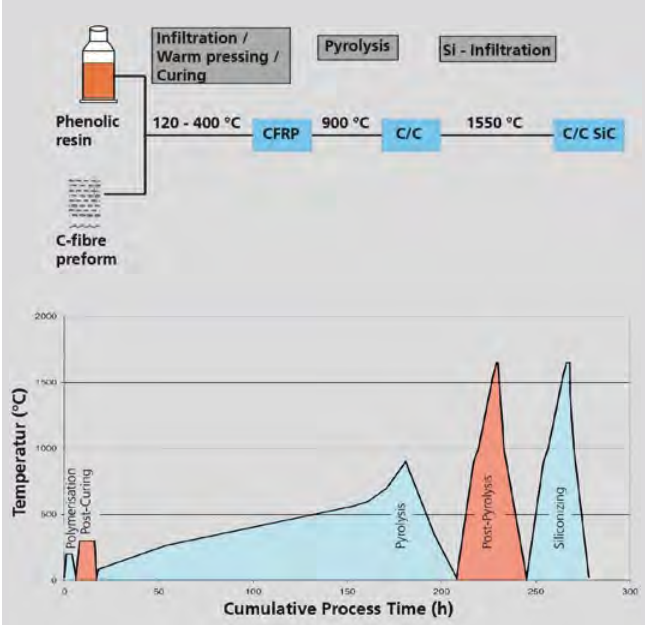
1 *Kostenbetrachtung am Beispiel eines C/SiC Reibbelages mit dem Anteil der einzelnen Prozessschritte vom LSI-Prozess, den Preformen und Stückzahlen*

DIE WIRTSCHAFTLICHE HERSTELLUNG VON KOHLENSTOFFFASERVERSTÄRKTEN SiC-KERAMIKEN

Kohlenstofffaserverstärkte SiC-Keramiken (C/SiC) werden bereits seit einigen Jahren neben den ursprünglichen Anwendungsgebieten in der Luft- und Raumfahrt auch in Friktionsanwendungen im Automobil- und Maschinenbau eingesetzt. Jedoch sind die Herstellungskosten für Bauteile aus C/SiC durch teure Rohstoffe und Halbzeuge (Phenolharze und C-Faser-Gewebe mit Luftfahrtzertifizierung) sowie aufwendige Fertigungsprozesse sehr hoch (Abb.1). Dadurch wird eine breite Marktdurchdringung verhindert und derartige Bauteile sind gegenwärtig Nischenanwendungen im Premium-Segment vorbehalten.

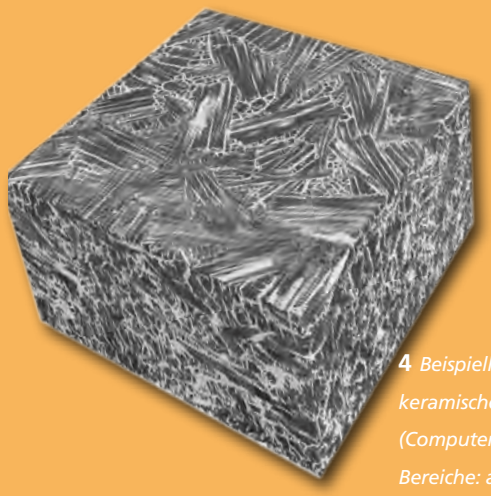
Ziel ist es deshalb, die Herstellungskosten für C/SiC-Bauteile deutlich zu reduzieren, ohne eine Verschlechterung der Werkstoffeigenschaften (Festigkeit, Versagensverhalten, Temperaturbeständigkeit, Tribologie) in Kauf nehmen zu müssen. Dies soll durch Erprobung und Etablierung günstigerer Rohstoffe und Halbzeuge sowie durch eine Reduzierung der Prozesskosten mittels signifikanter Verkürzung der einzelnen Schritte oder Kombination bekannter Herstellungsrouten zu günstigeren Hybridverfahren erreicht werden.

Durch eine Kombination von kosteneffizienter Preformherstellung mit neuen Pyrolyse- und Silizierungsverfahren gelang es, im Rahmen eines von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderten Projekts, Einsparpotentiale in der Herstellung von C/SiC aufzuzeigen und Kosten deutlich zu senken. Besonders die über 200 Stunden andauernde Prozesszeit für die Herstellung der C/SiC-Bauteile sollte unter Berücksichtigung der Anteile der einzelnen Prozesse an den Gesamtkosten verkürzt werden (Abb. 2).

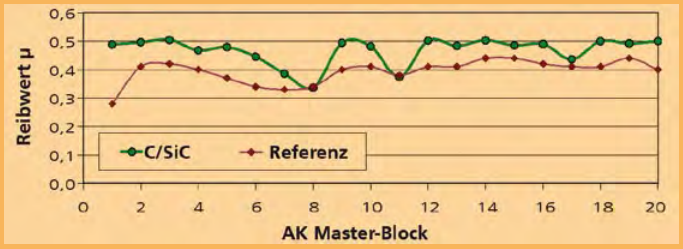


2 *LSI-Prozess (Liquid Silicon Infiltration)*

In der Preformherstellung stand dabei die Kurzfasertechnologie im Mittelpunkt, die eine endkonturnahe Herstellung von C/SiC-Bauteilen (z. B. Reibbelägen) ermöglicht. Damit entfallen die teilweise beträchtlichen Verschnittmengen bei gewebeverstärkten Bauteilen. Zusätzlich gelang es durch den Einsatz von formstabilen 3D Preformen wie Filzen und Vliesen, Matrices so aufzubauen, dass auf den sehr zeitaufwendigen und entsprechend kostenintensiven Prozessschritt der Pyrolyse (Abb. 3) verzichtet werden kann.



4 *Beispielhafte Darstellung eines Teils von einem keramischen CfSiC-Reibbelag, 20x20x10 mm (Computertomographie-Aufnahme), dunkle Bereiche: amorphe C-Matrix und C-Faserbündel; helle Bereiche: SiC und Rest-Silizium*

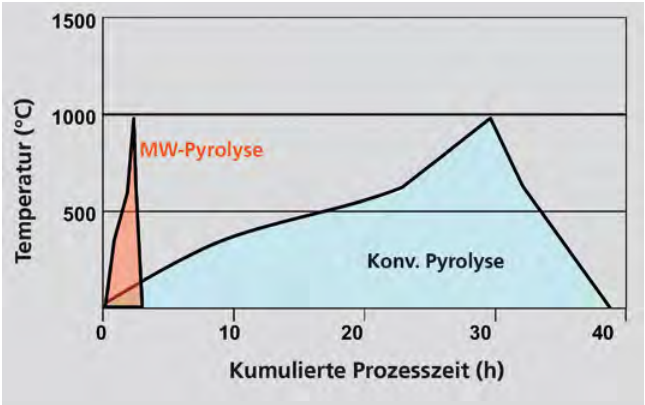


5 *Vergleich des Reibwertverlaufs zwischen den modifizierten CfSiC Belägen und einem organisch gebundenen Reibbelag (Referenz)*

Darüber hinaus wurde ein Hybridheizverfahren entwickelt, mit dem Pyrolyse und Nachpyrolyse erheblich verkürzt und die Kosten pro Bauteil um mindestens 50 % gesenkt werden konnten. Dafür wurde eine Kombination aus herkömmlicher Strahlungsheizung und Mikrowellenheizung eingesetzt. Durch hohe Heizraten von bis zu 50 K/min ist es möglich, sowohl Pyrolyse als auch Nachpyrolyse um bis zu Faktor 10 zu verkürzen. Die so hergestellten C/SiC-Bauteile entsprechen in ihrer Mikrostruktur und in ihren thermischen und mechanischen Eigenschaften herkömmlichen hergestellten C/SiC.

Auch bei der Silizierung besteht die Möglichkeit, Prozesszeit und damit Kosten einzusparen. Durch direkte Beheizung von C/C-Preformen mit gepulstem Gleichstrom gelingt es mit der FAST-Methode (Field Assisted Sintering Technology), die für die Silizierung erforderliche Zeit deutlich zu verkürzen. Die Heizraten betragen bis zu 300 K/min und verkürzen die Prozesszeit auf etwa ein Zehntel.

Neben der Entwicklung einer kostengünstigeren Herstellung von C/SiC-Materialien wurde angestrebt, konventionelle organisch gebundenen Reibbeläge durch leichtere faserverstärkte keramische C/SiC-Beläge zu ersetzen. Ziel war hier die Beibehaltung bzw. Verbesserung der tribologischen Eigenschaften herkömmlicher C/SiC-Reibwerkstoffe. Die keramische Matrix besitzt im Vergleich zum organischen Phenolharz im herkömmlichen Bremsbelag eine deutlich höhere Temperaturstabilität. Im Laufe des Projekts wurden mit Additiven modifizierte C/SiC-Bremsbeläge für PKW entwickelt (Abb. 4), deren Verschleiß in ersten Tests an realen Bauteilen vergleichbar war mit dem von derzeit eingesetzten organisch gebundenen Reibbelägen, jedoch bei durchschnittlich höheren Reibwerten (Abb. 5). Als Testprozedur wurde dabei AK-Master verwendet, welches ein Test zur Untersuchung der Performance von Reibbelägen unter realistischen Prüfbedingungen mit Schwungmassen zur Fahrzeugsimulation darstellt.



3 *Vergleich Prozesszeit Pyrolyse – Mikrowelle (MW) - Konventionell*

KONTAKT

Dr. Nico Langhof
Fraunhofer-Projektgruppe
Keramische Verbundstrukturen

✆ +49 921 786931-66
nico.langhof@isc.fraunhofer.de

Rekordbeteiligung bei HT-CMC 7 in Bayreuth

Vom 20 – 22. September 2010 fand an der Universität Bayreuth die siebte internationale Konferenz zu keramischen Verbundwerkstoffen HT-CMC 7 statt. Diese in deutsch-französischer Zusammenarbeit unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel und Dr. Jacques Lamon (CNRS, Lyon) organisierte Tagung war mit ihren 350 Besuchern, davon rund zwei Drittel ausländischen Teilnehmern aus 21 Ländern, ein voller Erfolg. Veranstalter waren neben der Fraunhofer Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen, dem Lehrstuhl Keramische Werkstoffe der Universität Bayreuth und dem Cluster Neue Werkstoffe in Nürnberg das Institut National des Sciences Appliquées de Lyon und das Laboratoire des Composites Thermostructuraux, Bordeaux.

Keramische Faserverbundwerkstoffe (Ceramic Matrix Composites, CMC), ursprünglich für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt entwickelt, haben als leichte, temperaturstabile und gleichzeitig verschleißbeständige (Werkstoff-)Alternativen zu metallischen Werkstoffen bereits den Weg in die Serienfertigung gefunden. So werden inzwischen Reibbeläge für Hochleistungsaufzüge oder Lebensdauer-Bremsen für die Automobil-Oberklasse in wachsenden Stückzahlen daraus hergestellt. Das Interesse der Industrie konzentriert sich derzeit auf kostengünstige Herstelltechniken, um den CMC-Werkstoffen mit ihren außergewöhnlichen Eigenschaften (z. B. hohe Schadenstoleranz, hohe massenspezifische Kennwerte) einen breiteren Marktzugang zu ermöglichen, insbesondere für einen Einsatz in der Energie- und Antriebstechnik.

Die Konferenz in Bayreuth brach alle Rekorde: Nahmen an den Vorläufertagungen durchschnittlich knapp 200 Experten teil, so waren es bei dieser siebten Veranstaltung mit mehr als 350 nahezu doppelt so viele. Diese hohe Teilnehmerzahl und die gute Qualität der Präsentationen belegen die Fortschritte, die seit der letzten HT-CMC-Konferenz im Jahre 2007 in New Delhi erzielt worden sind. Zusammen mit den Präsentationen über neue, kostengünstige Faserentwicklungen sowie der Vorstellung von neuen Anwendungsgebieten war eine deutliche Aufbruchsstimmung während der Tagung spürbar, die auf einen Durchbruch dieser Werkstoffklasse in naher Zukunft hoffen lässt.

In der begleitenden Fachausstellung nutzten insgesamt 16 Aussteller aus Industrie und Forschung die Gelegenheit, den hohen technologischen Stand Deutschlands auf diesem Gebiet zu zeigen. Nicht zuletzt dieser erstmalig angebotenen Ausstellung ist es zuzuschreiben, dass mit einem Anteil von mehr als 20 Prozent die Beteiligung von Industrievertretern für einen wissenschaftlichen Kongress außerordentlich hoch war.

In insgesamt 260 Beiträgen wurden die neuesten Entwicklungen im Bereich der Verbundkeramiken aufgezeigt. Die große Zahl an Vorträgen erforderte an allen drei Konferenztagen jeweils vier Parallelsitzungen, gegliedert in die Themenbereiche Ceramic Matrix Composites, Carbon/Carbon Composites, Polymer Derived Ceramics, Thermal and Environmental Barrier Coatings, MAX-Phases und Ultra High Temperature Ceramics. Hierbei wurden alle Aspekte der Herstellung, Verarbeitung und Prüfung dieser Hochleistungskeramiken beleuchtet, wobei die einzelnen Werkstoffgruppen derzeit einen unterschiedlichen technischen Entwicklungstand und Grad der industriellen Umsetzung besitzen. Im Vergleich zu den Vorläufertagungen war eine Verschiebung der Schwerpunkte in Richtung Simulation, Modellierung und Lebensdaueranalyse festzustellen, ein Zeichen für die zunehmende Anwendungsreife dieser Werkstoffklasse.

Zwei Jahre hatte Prof. Krenkel, Leiter der Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen und Inhaber des Lehrstuhls Keramische Werkstoffe, darauf hingearbeitet, diese renommierte Tagung, die im Rhythmus von drei Jahren zwischen den Kontinenten Europa, Asien und Nordamerika wechselt, nach Bayreuth zu holen. Sein Ziel, Bayreuth als Zentrum eines sich entwickelnen CMC-Netzwerkes zu positionieren und den aktuellen Stand der CMC-Forschung in Deutschland zur präsentieren, wurde mit dieser Veranstaltung vollständig erreicht. Das Interesse der Teilnehmer sowohl an den präsentierten Themen als auch an der Vorstellung der Bayreuther und Würzburger Aktivitäten war groß. Die im Anschluss an die Konferenz angebotenen Institutsführungen zur Information der internationalen Besucher über den aktuellen Stand der Bayreuther Forschung fanden großen Anklang. Die in Bayreuth beheimatete Abteilung Ceramic Composites des Carbon Composites e.V. präsentierte auf einem Gemeinschaftsstand mit eindrucksvollen Exponaten die gesamte Bandbreite ihrer Mitglieder und illustrierte die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der keramischen Faserverbundwerkstoffe.

Der Keramikstandort Bayreuth hat sich auf diesem anspruchsvollen und vielversprechenden Gebiet der Werkstoffforschung binnen Kurzem einen hervorragenden Namen gemacht. Die breite materialwissenschaftliche Ausrichtung der Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften der Universität Bayreuth sowie die ingenieurwissenschaftliche und anwendungsorientierte Ausrichtung der Fraunhofer-Projektgruppe Keramische Verbundstrukturen bilden eine sehr gute Basis für das angestrebte Ziel, in der Hauptstadt Oberfrankens ein Zentrum für den Hochtemperatur-Leichtbau aufzubauen. Der erfolgreiche Verlauf der HT-CMC 7 war ein wichtiger Meilenstein auf diesem Weg.

KONTAKT

Angelika Schwarz
Fraunhofer-Projektgruppe
Keramische Verbundstrukturen

✆ +49 921 786931-20
angelika.schwarz@isc.fraunhofer.de

GESCHÄFT

TSFELDER

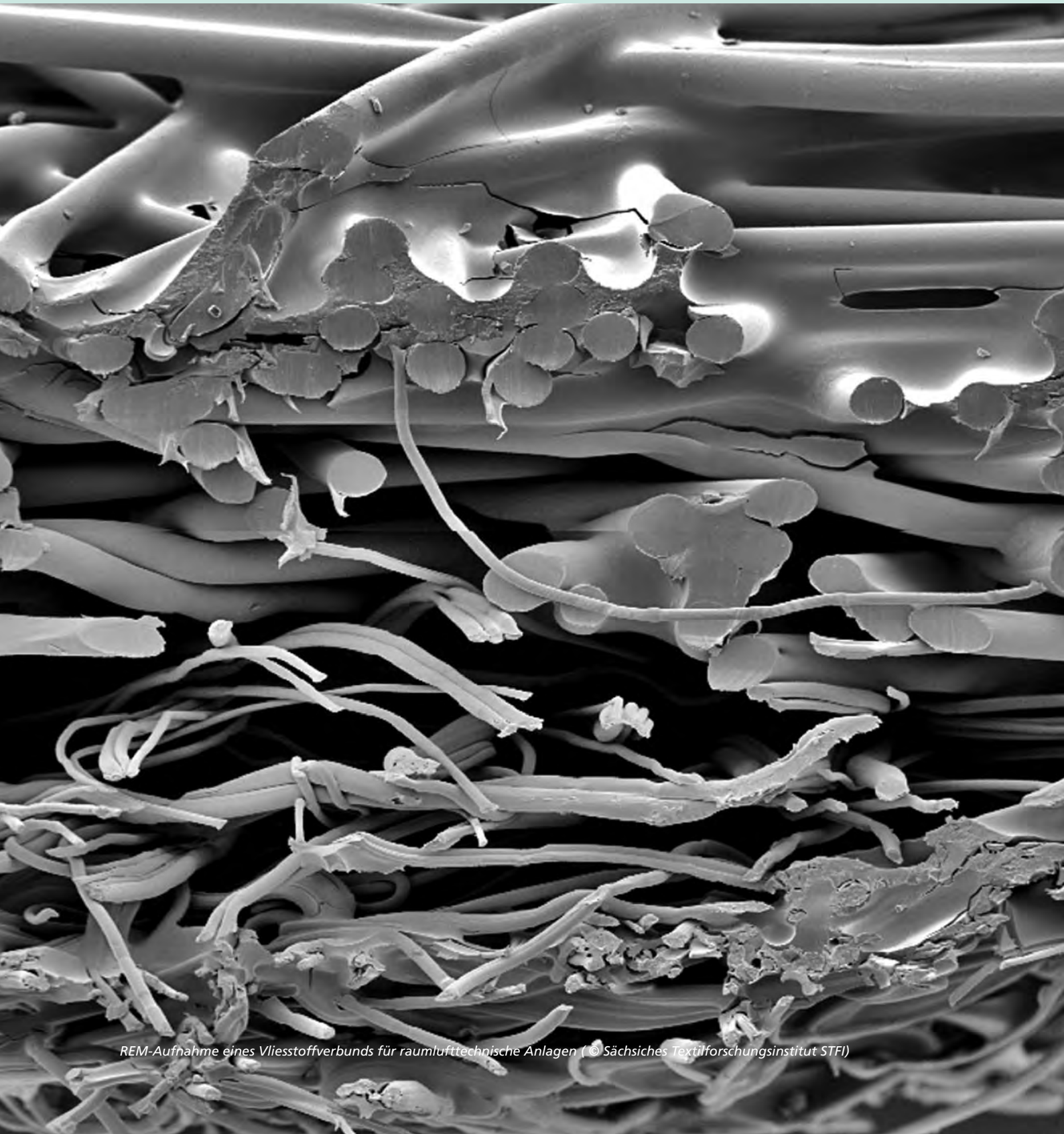
2010 GESCHÄFTSFELDER

- Oberflächen und Schichten
- Energietechnik
- Glas und Keramik
- Mikrosysteme
- Life Science
- Bau und Umwelt

2011 GESCHÄFTSBEREICHE

- Energie
- Umwelt
- Gesundheit

OBERFLÄCHEN UND SCHICHTEN



REM-Aufnahme eines Vliesstoffverbunds für raumlufttechnische Anlagen (© Sächsisches Textilforschungsinstitut STFI)

Ein Schwerpunkt der Geschäftsfeldaktivitäten ist die Entwicklung, die Anpassung entsprechender Produktionsprozesse sowie die Charakterisierung von neuartigen Nanokompositen mit multifunktionellem Eigenschaftsprofil unter Einsatz von Verfahren der chemischen Nanotechnologie.

Das Leistungsangebot des Geschäftsfelds Oberflächen und Schichten umfasst Material- und Technologieentwicklungen auf dem Gebiet nasschemischer Beschichtungsverfahren zur Wertsteigerung und Konservierung einer Vielzahl von polymeren, glasartigen, keramischen sowie metallischen Werkstoffen. Dafür steht im Institut ein breites Spektrum an materialwissenschaftlichen Kompetenzen und Schichtapplikationstechnologien zur Verfügung. Funktionelle oder aktive Schichten verändern die Oberflächeneigenschaften von Bauteilen und Produkten und steigern damit ihren Wert oder verändern die Einsatzmöglichkeiten und den Funktionsumfang.

Als chemisch-synthetisches Verfahren dient der Sol-Gel-Prozess. Er erlaubt die Herstellung anorganischer und hybrider Werkstoffe – ausgehend von molekular-dispersen Vorstufen über nanoskalige Cluster und Partikel bis hin zu dünnen Schichten mit einer Stärke von bis zu einigen Mikrometern. Diese Methode eröffnet auf der Grundlage kommerziell erhältlicher Silane und Metallalkoxide zahllose Möglichkeiten, Werkstoffe zu funktionalisieren und die Eigenschaften von Oberflächen und Schichten maßzuschneidern.

Farbgebung, Anfälligkeit gegenüber Verschleiß und Korrosion, optisch-funktionelle und elektrische Eigenschaften können ebenso beeinflusst werden wie die Anhaftung von Schmutzpartikeln, die Benetzbarkeit durch Öl, Lösemittel oder Wasser oder die Bioverträglichkeit. Die Permeabilität von Schichtsystemen kann selektiv eingestellt werden, so dass sie gegenüber bestimmten Stoffen Barriereeigenschaften haben, für andere dagegen durchlässig sind. Über den Sol-Gel-Prozess können durch Variation der Ausgangsstoffe die unterschiedlichsten Schichteigenschaften in weiten Bereichen kombiniert und je nach Kundenwunsch verändert werden.

Von passiven Schutzfunktionen zu aktiven Schichten

Die aktuelle Entwicklung im Bereich der Beschichtungstechnik geht von passiven Schutzfunktionen, wie z. B. kratzfesten Beschichtungen für transparente Kunststoffe oder Korrosionsschutzanwendungen, immer mehr in Richtung aktiver Schichten, z. B. photochrome oder elektrochrome Schichtsysteme, die auf äußere Einflüsse reagieren und ihre optischen Eigenschaften ändern. Ein zweiter wichtiger Zweig der aktuellen Forschung im Dünnschichtbereich betrifft die Ausrüstung von Oberflächen mit leicht zu reinigenden oder sogar weitgehend selbstreinigenden Eigenschaften.

Ziel ist, mehrere Funktionen möglichst gleichzeitig mit einer oder wenigen dünnen Schichten zu realisieren. Ein wichtiges Beispiel sind die bereits kommerziell erhältlichen Antireflexschichten aus porösem SiO_2 auf Glasabdeckungen für Photovoltaikmodule, die zu einem signifikant höheren Energieeintrag in den Solarkollektor führen und eine nur gering verschmutzende Oberfläche aufweisen, die durch Regen leicht gereinigt werden kann. Dies kann durch Schichtsysteme mit geeigneter Porenradienverteilung und Rauigkeit erreicht werden. Derartige poröse Sol-Gel-Schichten haben inzwischen zu der nachfolgend beschriebenen Anwendung im Bereich des Kulturgüterschutzes geführt.

Antireflexschichten für Außenschutzverglasungen am Kölner Dom

Der Einbau von Außenschutzverglasungen mit dem Ziel, historische Glasfenster vor Witterungseinflüssen und Schadstoffimmissionen zu schützen, ist international anerkannter Standard in der Denkmalpflege. Dabei werden Schutzglasscheiben mit gewisser Distanz vor die historischen Originale montiert, was bei sachgerechter Trägerkonstruktion und angemessener Luftzirkulation im Zwischenraum eine gute Schutzwirkung erzielt. Allerdings wird die Außenansicht der umgebenden Architektur durch den Spiegelungseffekt des Schutzglases unvorteilhaft verändert.

Fenster Nord VI, um 1300, (© Dombauhütte Kölner Dom) Partner: Dombauhütte Kölner Dom, Centrosolar Glas GmbH

In einem Projekt mit der Dombauhütte Köln erhielt im Jahr 2003 eines der 17 m hohen vierbahnigen Königsfenster im Chor des Kölner Doms eine Schutzverglasung, deren Glasflächen mit einer Antireflexbeschichtung auf Basis der porösen SiO-Schichten versehen sind. Verglichen mit herkömmlichem Schutzglas stören diese Antireflexgläser – unabhängig vom gewählten Sichtabstand – das ästhetische Erscheinungsbild der Architektur weit weniger, und sie erlauben zudem einen unverstellten Blick auf das historische Original. Ein weiteres Königsfenster (Süd VIII) erhielt im vergangenen Jahr eine entsprechende Schutzverglasung. Die Antireflexbeschichtung hat sich seit 2003 bestens bewährt – übrigens nicht zuletzt auch wegen ihrer geringen Schmutzanfälligkeit. In den kommenden Jahren sollen auch die anderen 13 Königsfenster des Domchores eine Schutzverglasung mit dem neuen Antireflexglas erhalten. Ebenso werden die Glasmalereien des 19. Jahrhunderts im Querhaus des Domes nach und nach auf diese Weise schutzverglast. Produziert wird das antireflexbeschichtete Glas von der CENTROSOLAR GLAS GmbH & Co. KG Fürth.

Neue Trennmittel für die Entformung

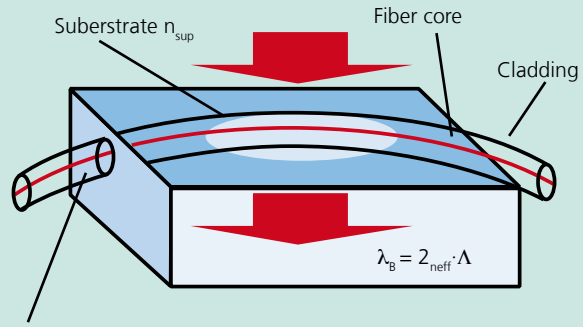
Bei der Herstellung von Kunststoffteilen mit Hilfe von Spritzguss, Powder-Slush- oder Schäumverfahren werden Trennmittel benötigt. Sie sorgen für die saubere Entformung aus den Werkzeugen und bestimmen die optischen und haptischen Eigenschaften der Produkte. Ihre Leistungsfähigkeit hat direkte Auswirkung auf Prozesskosten und -sicherheit sowie Produktqualität.

Am häufigsten werden zur Entformung von Polyurethan (PUR)- und PVC-Produkten Trennmittel eingesetzt, die auf die Form-innenseite gegeben werden (externe Trennmittel). Nachteil dieses Verfahrens ist, dass vor jedem Vorgang die Form neu beschichtet werden muss. Eine Alternative sind interne Trennmittel – dem Kunststoff werden Zuschlagsstoffe für ein besseres Trennverhalten beigegeben, die aber die Eigenschaften des Fertigteils beeinflussen und zudem kostenintensiv sind. Mehrfache Entformungen sind mit semi-permanenten Trennmitteln möglich. Für eine höhere Wirtschaftlichkeit und geringere Standzeiten sprechen aber permanente Trennmittel. Die hierfür bisher verwendeten Polytetrafluorethylen-Materialien sind jedoch nur begrenzt haltbar, schwer erneuerbar und recht empfindlich.

Das Fraunhofer ISC hat im vom BMBF geförderten Projekt »Permanente Trennmittelbeschichtung auf Basis hybrider Nanokomposite (PermaTrenn)« gemeinsam mit Industriepartnern die Entwicklung einer neuartigen permanenten Trennmittelbeschichtung für kunststoffverarbeitende Prozesse in der Automobilzulieferindustrie vorangetrieben. Erstmalig wurden hierfür Heteropolysiloxan-basierte Nanokomposite (H-POS) evaluiert und mit verschiedenen Trennmittelsystemen beteiligter Partner verglichen. Die Erkenntnisse aus der erfolgreichen Aufklärung von Schädigungsmechanismen in gängigen semi-permanenten Trennmittelbeschichtungen flossen dabei unmittelbar in die Entwicklung ein. Beim Projektpartner Intier Automotive wurde die Herstellung von Formhäuten für Automobil-Cockpit-Module über das (In-Mould-Coating-)Powder-Slush-Verfahren sowie die Herstellung von akustisch wirksamen, mit PUR-Weichschaum hinterschäumten Automobil-Innenverkleidungen direkt in der Produktion getestet.

Für die permanente Ausrüstung der metallischen Formoberflächen sind dünne Schichten mit guter Haftung gefragt, die ebenfalls hohe Härte und Abriebbeständigkeit, gute Gleitwirkung und ausgeprägtes Antihaftverhalten aufweisen. Um die Trennwirkung zu optimieren, hat das Fraunhofer ISC die bereits recht niedrigen Oberflächenspannungen von anorganisch-organischen H-POS weiter reduziert und die mechanischen Eigenschaften gezielt eingestellt. Umweltbedenkliche fluororganische Komponenten kamen dabei nicht zum Einsatz. Im industriellen PVC-Slush-Prozess zeigte die Beschichtung auch nach 200 Zyklen eine hervorragende, kaum nachlassende Trennwirkung und war bei gleicher optischer Qualität der entformten Teile weit leistungsfähiger als die

Opto-chemical sensor basing on side-polished optical fiber bragg grating FBG sensitive to superstrate



Embedded and side-polished optical single-mode fiber
(Quelle: IPHT)

üblicherweise eingesetzten semi-permanenten Systeme. Diese leistungsfähige und umweltfreundliche Werkzeugbeschichtung minimiert den Einsatz von Trennmitteln und macht sie teils gänzlich überflüssig – ein Erfolg aus ökonomischer und ökologischer Sicht.

Innovative Beschichtungen für optische Spezialfasern

In der thermischen und mechanischen Sensorik und bei Hochleistungslasern, im Leistungsbereich bis zu mehreren Kilowatt, werden spezialoptische Fasern mit ausgezeichneten Oberflächeneigenschaften benötigt. In der industriellen Anwendung werden solch hohe Leistungen über Lichtwellenleiter aus hochreinen synthetischen Quarzglasfasern transportiert, wobei die Beschichtung der Fasern dieser Beanspruchung standhalten können muss. Für die verlustfreie Übertragung sind eine hohe thermische Belastbarkeit und ein niedriger Brechungsindex Voraussetzung. Bei Glasfasern für Faser-Bragg-Gitter-Dehnungssensoren sind dagegen eine exzellente Haftung der Beschichtung auf der Glasfaser und eine gute mechanische Stabilität bei höherem Brechungsindex unerlässlich. Zudem sollen die aufgebrachten Schichten UV-härtend sein, damit sie kostensparend direkt in den Faserzieh-Prozess integrierbar sind.

Herkömmliche Fasercoatings zeigen entweder eine nicht ausreichende Haftung auf Glas oder sind nicht UV-härtend. Im vom BMBF geförderten Projekt »Innovative Beschichtungssysteme für optische Spezialfasern auf Basis von nanoskaligen hybridpolymeren Schichtsystemen (BEOS)« hat das Fraunhofer ISC für die beiden Anwendungen UV-härtende und stabile Sol-Gel-Beschichtungsmaterialien mit jeweils angepasster Brechzahl und hoher thermischer Stabilität entwickelt.

Die für Hochtemperatur-Faser-Bragg-Gitter-Sensoren entwickelten Schichten haben einen Brechungsindex von über 1,46 und eine thermische Stabilität bis Temperaturen über 300 °C. Für Faserlaser und Leistungstransmission sind die Beschichtungen durch variabel einsetzbare Fluorkomponenten auf unterschiedlich niedrige Brechzahlen bis zu 1,38 einstellbar und besitzen eine thermische Stabilität von über 200 °C.

Multifunktionelle Vliesstoffe für die Tiefenfiltration

In vielen öffentlichen Gebäuden, Bürokomplexen und Fertigungshallen sind raumlufttechnische (RLT) Anlagen installiert, die Feinstaub, Flüssigkeitsteilchen und Pollen aus der Zuluft filtern. Allein in Deutschland sind rund 400 000 solcher RLT-Anlagen in Betrieb. Erhöhte Umweltbelastungen durch Industrie und Verkehr sowie eine zunehmende Allergieempfindlichkeit in der Bevölkerung erfordern immer leistungsfähigere Filtermedien. Dabei sind die Abscheidung feinster Staub- und Flüssigkeitspartikel genauso wie die Verringerung mikrobieller Belastung zu gewährleisten.

Die Partikelbindung der in RLT-Anlagen eingesetzten Tiefenfilter erfolgt im Inneren des Filtermediums. Die Filter sind aus mehrschichtigen Vliesstoffverbunden aus Synthesefaserstoffen aufgebaut, die ein kompliziertes Faser-Poren-Labyrinth ergeben. Ziel des AiF-geförderten Forschungsprojekts »Funktionalisierung von Vliesstoffen für die Tiefenfiltration mit wasserbasierten anorganisch-organischen Beschichtungssolen« war die Entwicklung hochleistungsfähiger Tiefenfiltermedien für den Einsatz in RLT-Anlagen zur Klimatisierung öffentlicher Gebäude und von Fahrzeuginnenräumen.

Multifunktionelle Lacke wurden hierfür am Fraunhofer ISC entwickelt, die verschiedene Effekte wie Versteifung, Antistatik, Hydrophobie und zusätzlich antimikrobielle Eigenschaften zeigen. Voraussetzung für den praktischen Einsatz in der Textilindustrie war außerdem die Realisierung wasserbasierter anorganisch-organischer Hybridpolymere mit diesen Eigenschaften.

Kombi-Anlage für ATL, KTL und elektrochemische TL

Die applizierten Lacke sollten einen Elektreteffekt, d. h. eine permanente Oberfächenladung, auf den Faseroberflächen zur Verbesserung der Partikelabscheidung im Größenbereich von 0,05 bis 0,5 µm im Vliesstoffinneren erzeugen. Dafür wurden die Lacke elektrisch isolierend gestaltet. Dazu wurden Fluorsilane eingebaut und Fluorpolymere wie PTFE-Dispersionen den wässrigen Solen zugegeben. Zusätzliches Ziel war eine Hydrophobierung der Filtervliesstoffe als Isolation, um die Feuchtigkeitsaufnahme zu verhindern.

Darüber hinaus wurden die Lacke mit antimikrobiellen Wirkstoffen ausgerüstet, um die Besiedelung der Filteroberflächen durch Keime zu verhindern. Ausgewählte antimikrobiell wirkende Beschichtungssole konnten ihre Aktivität schon bei Feststoffgehalten von 5 Prozent entfalten.

Insgesamt ist es im Projekt gelungen, die Leistung der Filter zu steigern und deren Verkeimung effizient zu verringern. Potenzielle Einsatzgebiete dieser neuen Tiefenfiltermedien sind, neben RLT-Anlagen und Innenraumfiltern für Verkehrs- und Transportmittel, auch Reinräume in Produktionsstätten und Anlagen zur Emissionsminderung.

Kombi-Anlage zur Vorbehandlung und Tauchlackierung

In der Industrie werden zur Beschichtung komplexer Strukturbauteile in großer Stückzahl mit organischen Lacken elektrochemisch unterstützte Verfahren eingesetzt. Prinzipiell unterscheidet man zwischen anodischer (ATL) und kathodischer (KTL) Tauchlackierung, je nachdem, ob das Werkstück am positiven (Anode) oder negativen (Kathode) Pol angeschlossen wird. Die Lackpartikel sind jeweils entgegengesetzt geladen und scheiden sich entsprechend ab. Außerdem können Schichten elektrolytisch mittels eines Potentiostaten appliziert werden.

Um Werkstücke mit industrieüblichen (ATL, KTL) und neuen Lackierverfahren (elektrolytische Abscheidung) mit Hybridpolymeren und anorganischen Sol-Gel-Schichten beschichten zu können, hat das Fraunhofer ISC im Jahr 2010 eine kombinierte Anlage zur elektrophoretischen (ATL, KTL) und elektrochemischen Tauchlackierung, inklusive Vorbehandlung, in Betrieb genommen.

Für die Entwicklung von neuartigen Korrosionsschutzschichten ist es wichtig, Metalle unter den gleichen Bedingungen vorzubehandeln und beschichten zu können, wie sie in Lackierbetrieben und Firmen der Galvanotechnik anzutreffen sind. Mit definierten Vorbehandlungsmethoden lassen sich Schwankungen der Schichthaftung vermeiden. Eine Automatisierung der Lackierung minimiert Qualitätsschwankungen der Schichtoberfläche.

Detailbild
Metallsubstrate

Hydrophobe Ausrüstung, © STFI

REM-Aufnahme des Vliesstoffverbund, © STFI

Von den industrienahen Bedingungen profitieren aktuell die beiden Projekte »Multimetallfähiger umweltverträglicher Korrosionsschutz« (AiF/BMBF) und »INGRAD« (Innovative Gradientenschichten mit nanoskaligen Hybridpolymeren, BMBF). Ziel bei INGRAD ist es, die Gesamtleistungsfähigkeit einer Schicht durch Erzeugen von Dichte-, Härte- und Flexibilitätsgradienten deutlich zu steigern. Bei einer Verdichtung der anorganischen Schichtkomponenten zur Oberfläche hin wird z. B. ein deutlich höherer Kratzschutz für verschiedene Substratoberflächen möglich, und mit zunehmendem Anteil organischer oder hybrider Komponenten in der Schichttiefe bleibt die Flexibilität weitgehend erhalten. Insgesamt kann durch die Gradierung in die Oberfläche eingetragener Stress über das gesamte Schichtvolumen und nicht nur in der Grenzfläche zum Substrat abgefangen werden, was u. a. zu einer verbesserten Temperaturwechselbeständigkeit des Schichtverbundes führt. Die analog zu industriellen Verfahren durchgeführte Vorbehandlung und Beschichtung beschleunigen die auf die Produktionsbedingungen ausgerichtete Entwicklung von maßgeschneiderten Chrom (VI) freien Systeme zur Substitution der Chromatierung und der Primersysteme im Korrossionsschutz.

KONTAKT

Dr. Gerhard Schottner
Geschäftsfeldleiter
Oberflächen und Schichten
Neu: Leiter Geschäftsbereich
Umwelt

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

ENERGIETECHNIK

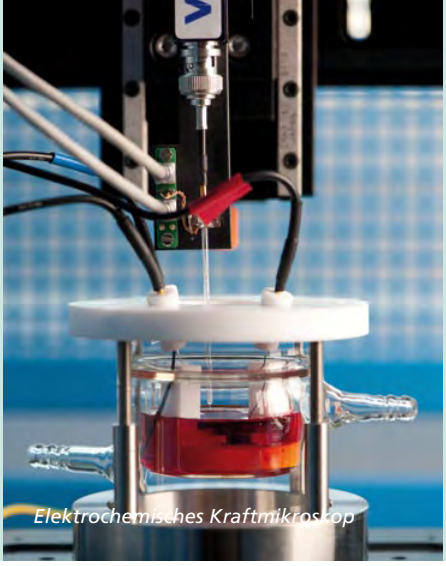
Messung von Ladezyklen an Batteriezellen

Der Schwerpunkt der aktuellen Arbeiten des Geschäftsfelds Energietechnik liegt auf Themen der angewandten Elektrochemie im Bereich der elektrochemischen Energiespeicher: Dies umfasst neben der Materialentwicklung für Lithiumionenbatterien die Entwicklung nanostrukturierter Elektroden für elektrochemische Doppelschichtkondensatoren und deren Kombination mit Batterieelektrodenmaterialien.

Elektrochemische Energiespeicher sind aus dem heutigen Alltag nicht mehr wegzudenken: In jedem Auto, in jedem tragbaren elektronischen Gerät wie Laptop oder Mobiltelefon werden wiederaufladbare Batterien, auch Akkumulatoren genannt, täglich millionenfach eingesetzt. Während im Automobil noch der gute alte Bleiakku seinen Dienst versieht, ist der Markt der portablen elektronischen Geräte mit modernsten Batteriesystem ausgestattet: Die Lithiumionenbatterie, erst 1991 von SONY in den Markt gebracht, ist inzwischen Standard geworden und ersetzt die früher verwendete Nickelmetallhydridbatterie. Dieser Siegeszug erklärt sich durch die hohen erreichbaren Energiedichten, die mit über 200 Wh/kg jeden anderen wiederaufladbaren elektrochemischen Energiespeicher um mindestens das Dreifache übertreffen und damit die langen Laufzeiten von Laptops oder die vielen Funktionalitäten heutiger Multimediahandys überhaupt erst ermöglichen. In anderen Bereichen jedoch tut sich die Lithiumionenbatterie noch schwer: So fahren noch über 99 % aller Hybridfahrzeuge mit Nickelmetallhydridbatterien – die Lithiumionenbatterie ist ein Exot und nur in einigen wenigen Oberklassemodellen zu finden. Auf dem Weg über an der Steckdose wiederaufladbare Hybridfahrzeuge (Plug-in-Hybride) zum reinen Elektrofahrzeug ist allerdings die Lithiumionenbatterie das Maß der Dinge: Mit keinem anderen Batteriesystem ist es möglich eine Reichweite von 200 km und mehr zu erreichen, ohne größere Einbußen beim Raumangebot für Passagiere und Gepäck.

Ziel der deutschen Bundesegierung ist es, bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf den Straßen zu haben und Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität zu machen. Dazu sind seitens der Batterieforschung noch viele Hürden zu nehmen. Denn es geht nicht nur darum, für bessere Reichweiten der Elektrofahrzeuge die Energiedichte der Speicher weiter zu erhöhen, sondern auch die Leistungsdichte, die Langlebigkeit und insbesondere die intrinsische Sicherheit in die für diese Anwendungen geeigneten Bereiche zu bringen.

Besonders vielversprechend für die Verbesserung der Sicherheit sind Lithiumpolymerbatterien. Das Geschäftsfeld Energietechnik nutzt dabei die langjährige Erfahrung des Fraunhofer ISC auf dem Gebiet der anorganisch-organischen Hybridpolymere (ORMOCER®e) und setzt diese als lithiumionenleitende Separatorschicht ein, um die bisher verwendeten leichtentzündlichen organischen Flüssigelektrolyte zu ersetzen: Elektrolytseparatoren müssen zwei grundlegende Kriterien erfüllen. Sie fungieren erstens als elektrischer Isolator, um eine schlagartige Entladung zwischen den Elektroden zu verhindern und damit die Explosions- und Brandgefahr zu minimieren, und sie müssen zweitens eine ausreichende Ionenleitfähigkeit aufweisen, um einen schnellen, aber kontrollierten Ladungstransport zwischen Anode und Kathode zu ermöglichen. Festelektrolyte mit einem hohen Vernetzungsgrad weisen dabei eine deutlich geringere Ionenleitfähigkeit auf als Flüssigelektrolyte. Favorisiert werden deshalb Gele, deren Leitfähigkeit bei Raumtemperatur zwischen Fest- und Flüssigelektrolyten anzusiedeln ist. Das anorganische Polysiloxangerüst der Hybridpolymere sorgt einerseits für eine hohe thermische, mechanische und elektrochemische Stabilität – und damit für eine besonders hohe Sicherheit – und lässt sich andererseits problemlos funktionalisieren. Je nach Moleküldesign, Kettenlänge und Vernetzungsgrad der Polymergruppen lassen sich die Elektrolyteigenschaften an die jeweiligen Anforderungen anpassen. Zur Optimierung der Leitfähigkeit wird noch ein weiterer, äußerst vielversprechender Ansatz verfolgt: Sogenannte Nano-Building-Blocks auf Basis von Siloxanen werden in die ORMOCER®-Matrix eingebettet und durch organische Gruppen funktionalisiert und vernetzt. Die bisher erreichten Leitfähigkeiten von knapp 1 mS/cm beweisen die Leistungsfähigkeit dieses Konzeptes.


Elektrochemisches Kraftmikroskop

Zusätzlich zu den neuartigen Polymerelektrolytsystemen werden basierend auf den Kompetenzen des Fraunhofer ISC auf dem Gebiet der Feststoffsynthese durch Sinterprozesse und Solvothermalsynthesen 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.

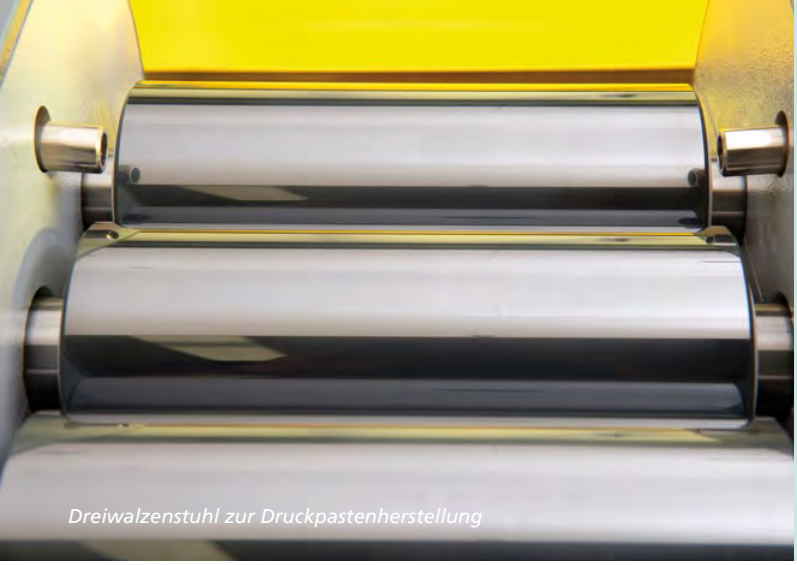
Nach umfangreichen Investitionen für Materialentwicklung und Probenpräparation sowie elektrochemische Messverfahren können jetzt die Materialien fachgerecht zu Elektroden verarbeitet und charakterisiert werden. Die Vorbereitung der Proben erfolgt in Planetenkugelmühlen oder dem Dreiwalzenstuhl, die Elektroden werden mittels Labcoater und Siebdrucker präpariert. In einer Reihe von Gloveboxen erfolgt die Assemblierung zu elektrochemischen Messzellen unter Ausschluss von Luft und Feuchtigkeit. Zur elektrochemischen Charakterisierung der entwickelten Materialien werden die Messzellen an einem Mehrkanalmessgerät unter kontrollierten Temperaturbedingungen getestet, wobei über 200 Messkanäle für verschiedene voneinander unabhängige Messungen zur Verfügung stehen. Insbesondere Langzeitzyklisierungen mit Referenzelektrode erlauben dabei 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 elektrochemischen Charakterisierungsmethoden.

Systemforschung Elektromobilität

Mit der »Systemforschung Elektromobilität« will die Fraunhofer-Gesellschaft den Wandel zu einer nachhaltigen »All-electric Economy« wirkungsvoll unterstützen. Die Besonderheit des Fraunhofer-Ansatzes ist es, alle Wertschöpfungsstufen der Elektromobilität zu betrachten und aufeinander abgestimmt zu erforschen – von der Energieerzeugung über den Transport und die Verteilung der Energie durch die Stromnetze als Schnittstellen zwischen Stromnetz und Fahrzeug bis hin zur Energiespeicherung und neuen Fahrzeug-, Nutzungs- und Abrechnungskonzepten. Im Teilprojekt »Materialentwicklung«, das von Dr. Kai-Christian Möller koordiniert wird, arbeitet das Fraunhofer ISC zusammen mit elf anderen Fraunhofer-Instituten daran, Energiedichte und Sicherheit von Lithiumionenbatterien zu erhöhen. Außerdem werden neuartige Batterietypen untersucht, die die Basis zukünftiger Energiespeicher werden könnten. Das Fraunhofer ISC bringt seine Kompetenz bei der Herstellung von Anoden- und Kathodenmaterialien sowie bei der Polymerelektrolytsynthese ein. Der Fokus liegt dabei auf der Synthese von inhärent sicheren Anoden- und Kathodenmaterialien und nichtentzündlichen Elektrolyten für Lithiumionenbatterien. Für das Arbeitspaket »Batterien der nächsten Generation« werden Elektrodenträger mit hoher Oberfläche mit interkalationsfähigen Materialien beschichtet, um hybride Konzepte zwischen Batterien und Doppelschichtkondensatoren zu entwickeln.

Hochleistungsspeicher für Anwendungen im Bereich der erneuerbaren Energieversorgung

Im Projekt »EnergyCap« soll in einem Konsortium aus Forschungsinstituten, Materialherstellern und Anwendern die Effizienz von elektrochemischen Doppelschichtkondensatoren gesteigert sowie die Produktionsqualität und Zuverlässigkeit verbessert werden, bei gleichzeitiger Senkung der Herstellkosten. Doppelschichtkondensatoren sind, obwohl im Aufbau sehr ähnlich, im Gegensatz zu Batterien sehr schnelle elektrochemische Energiespeicher, da keine Festkörperreaktionen auftreten, sondern nur schnelle Ladungsumlagerungen in der elektrochemischen Doppelschicht an den Elektroden. Die gespeicherte Energie kann innerhalb von Sekunden abgegeben werden, so dass sich sehr hohe Leistungsdichten erreichen



Dreiwalzenstuhl zur Druckpastenherstellung

Siebdrucker

lassen. Die Energiedichte allerdings liegt im Vergleich zu Lithiumionenbatterien um mindestens einen Faktor 20 niedriger.

Das Fraunhofer ISC beteiligt sich an einem Teilprojekt zur Entwicklung gewünschter Eigenschaften von Lithiumionenbatterien und Doppelschichtkondensatoren in sogenannten Hybridkondensatoren. Wie die Batterie verwenden Hybridkondensatoren zusätzlich zur Speicherung von Ladungen an einer Doppelschicht einen Redoxmechanismus und können so die niedrigen Energiedichten von Doppelschichtkondensatoren verbessern. Dazu werden hochporöse Materialien eingesetzt und mit verschiedenen Batteriematerialien beschichtet, so dass die Porösität weitgehend erhalten bleibt und ein aufeinander abgestimmtes Elektrodenpaar aus Anode und Kathode entsteht. Zusätzlich zur Entwicklung der Hybridelektroden müssen geeignete Elektrolytkomponenten evaluiert werden, die sowohl den Doppelschicht- als auch den Batteriespeichermechanismus ermöglichen.

Innovationsallianz Lithiumionenbatterie

Im Rahmen der Innovationsallianz »Lithiumionenbatterie LIB 2015« entwickeln acht Partnerinstitute innerhalb des mit vier Millionen Euro dotierten Verbundprojekts »KoLiWIN« unter Leitung von Dr. Kai-Christian Möller gemeinsam neue Materialkonzepte für elektrochemische Energiespeicher, die nicht nur ein schnelleres Laden ermöglichen und eine größere Energiemenge bereitstellen als herkömmliche Batterietypen, sondern auch erheblich sicherer sind. Neben zwei weiteren Fraunhofer-Instituten, dem IWM aus Freiburg und dem IKTS aus Dresden, sind Fachgruppen der Universitäten Münster, Marburg, Ulm, Köln und das Karlsruher Institut für Technologie an der Entwicklung beteiligt. Ein namhafter Batteriehersteller begleitet das Forschungsprojekt. In »KoLiWIN« sollen nun die einzelnen Batteriekomponenten – nanostrukturierte Kathoden, Anoden und Polymerelektrolyte – so aufeinander abgestimmt werden, dass daraus leistungsfähige, schnelle und sichere Batteriezellen gebaut werden können. Während der dreijährigen Projektlaufzeit sollen Erkenntnisse aus der Festkörper- und Elektrochemie sowie der Materialforschung zusammengeführt werden, unterstützt durch umfangreiche Charakterisierungsverfahren am Fraunhofer ISC und neue Simulationsverfahren am Fraunhofer IWM, die von der Wechselwirkung der Atome im Material bis hin zum Einsatzverhalten im Produkt über alle Skalen hinweg die neuen Materialien bewerten. Am Ende soll ein industriell umsetzbares, leistungsfähiges und sicheres Batteriekonzept stehen, das auch für den Einsatz in Fahrzeugen geeignet ist.

KONTAKT

Dr. Kai-Christian Möller
Geschäftsfeldleiter
Energietechnik
neu: Leiter Kompetenzbereich
Angewandte Elektrochemie
✆ +49 931 4100-519
kai-christian.moeller@isc.fraunhofer.de

GLAS UND KERAMIK

Schnitt durch einen Ofen zum Sintern von Gleitringen aus SiC

Das Geschäftsfeld fasst die Kompetenzen des Fraunhofer ISC auf den Gebieten der technischen Spezialgläser, der Glaskeramiken, der Hochleistungskeramiken sowie der keramischen Hochtemperatur-Verstärkungsfasern zusammen.

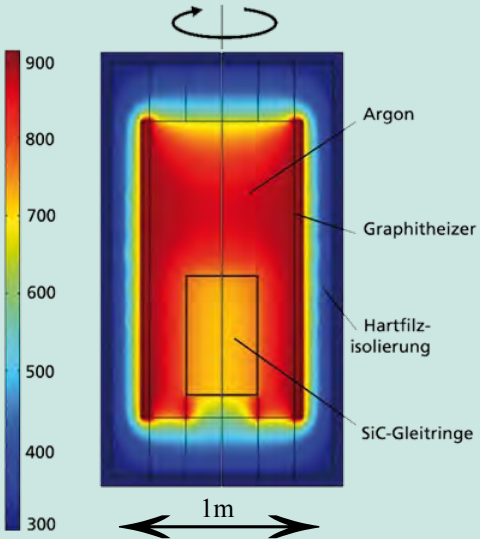
Ein zentrales Aufgabengebiet ist die Verfahrens- und Parameteroptimierung für eine inhärent sichere und kostengünstige Herstellung von Hochleistungskeramiken bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch. Innerhalb der Prozesskette stehen dabei die zentralen Verfahrensschritte Formgebung, Entbinderung und Sinterung im Mittelpunkt. Die Kombination von Modellierung und In-situ-Messung ermöglicht die zielgerichtete Optimierung der Materialien sowie die Ausarbeitung angepasster Prozessparameter. Das Angebot des Geschäftsfelds schließt auch die Entwicklung und den Bau von Messgeräten ein, wie z. B. thermooptische In-situ-Messsysteme zur Prozessüberwachung, die weltweit von Kunden aus der Glas- und Keramikindustrie nachgefragt werden.

Die Entwicklung und Synthese von Ausgangsmaterialien wie auch die Entwicklung und Anpassung von Herstellungsverfahren für hochtemperaturstabile keramische Verstärkungsfasern, bis hin zur Faserherstellung im Pilotmaßstab, ist ein weiterer Schwerpunkt der Materialentwicklung im Bereich der technischen Keramik. Extrem belastbare und verschleißarme Materialien können einen wichtigen Beitrag zur Effizienzverbesserung von Verbrennungsprozessen leisten. Keramische Komposite, die hohen Temperaturen standhalten, bei denen klassische metallische Werkstoffe bereits versagen, machen beispielsweise höhere Prozesstemperaturen in der Kraftwerkstechnik möglich und tragen so zur Wirkungsgraderhöhung bei.

Die Entwicklung kundenspezifischer Spezialgläser, wie sie unter anderem in der Optik, der Bautechnik oder der Elektronik eingesetzt werden, ist ein weiteres Leitthema des Geschäftsfelds. Angefangen bei Simulationsverfahren zur Identifizierung geeigneter Glaszusammensetzungen für ein spezifisches Anforderungsprofil über die eigentliche Glasentwicklung und Glascharakterisierung bis hin zur Prozessentwicklung wird der gesamte Entwicklungs- und Herstellungsprozess abgedeckt. Mit der automatisierten Schmelzscreening-Anlage des Fraunhofer ISC wird der Entwicklungszeitraum dabei erheblich verkürzt. Bei Bedarf können die anwendungsspezifisch optimierten Gläser in Kleinmengen bis in den kg-Maßstab ausgeliefert werden.

Vertiefte Materialkenntnis und die Analyse der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen bilden die Grundlage für eine zielgerichtete Verbesserung von Produkten und Prozessen. Im Zentrum für Angewandte Analytik ZAA steht ein breites Spektrum an Methoden und Verfahren zur chemischen Analyse, Oberflächenanalytik und Gefügeanalyse zur Verfügung. Die Kombination artefaktfreier Präparationsmethoden wie das Cross-Section-Polishing oder das Focused Ion Beam Verfahren (FIB) mit höchstauflösender elektronenmikroskopischer Analytik sind die Basis für eine schnelle Analyse möglicher Schadensursachen einerseits und für Verbesserungsansätze andererseits. Das ZAA ist damit zentraler Ansprechpartner für analytische Fragestellungen bei industriellen Produktentwicklungen und -optimierungen.

Nachfolgende Projektbeispiele informieren über den Stand der Entwicklung von hochtemperaturbeständigen oxidkeramischen Verstärkungsfasern für Isolationsanwendungen sowie über die Energieminimierung bei der Keramikherstellung, die Entwicklung von neuen thermooptischen Prüfanlagen und die Entwicklung eines opaleszenten Glases mit hoher Temperaturwechselbeständigkeit.



Simulation der Temperaturverteilung im Brennofen

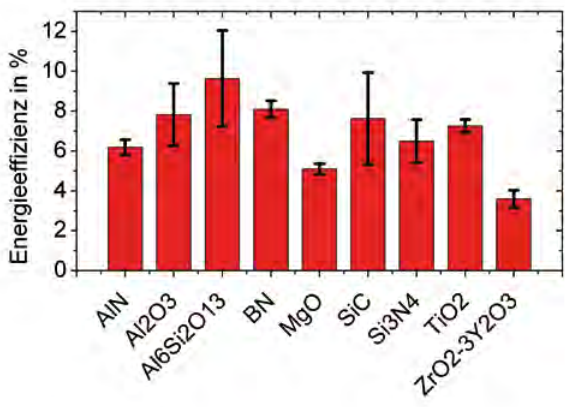
Energie- und Kostenreduktion bei der Wärmebehandlung von Keramiken

Konstruktionsingenieure wählen Werkstoffe in erster Linie unter Funktions- und Kostenaspekten aus. Zunehmend wird jedoch auch die CO_2-Bilanz bei der Werkstoffherstellung berücksichtigt. Es wird damit gerechnet, dass die CO_2-Bilanz in naher Zukunft zu einem wichtigen Wettbewerbskriterium wird. Der theoretisch notwendige Energiebedarf beim keramischen Brand wird aus der Änderung der inneren Energie des Brennguts berechnet. Aus dem Quotienten von theoretischem Energiebedarf und tatsächlichem Energieverbrauch ergibt sich die Energieeffizienz des Brennvorgangs. Diese liegt heute bei 3 bis 10 % und zeigt damit ein sehr großes Verbesserungspotenzal auf.

Im Verbundprojekt ENITEC werden Methoden entwickelt, mit denen der Energiebedarf bei der Keramikherstellung minimiert werden kann. Drei Keramikhersteller – CeramTec AG, Lapp Insulators GmbH & Ko. KG und BCE Special Ceramics – zwei Hersteller von Ofenanlagen – Eisenmann Maschinenbau KG und FCT Systeme GmbH – sowie das Fraunhofer ISC und das Fraunhofer IWM in Freiburg arbeiten in dem Projekt zusammen. Die Wärmebehandlung wird an kontinuierlich arbeitenden Öfen wie auch im Batchbetrieb untersucht. Es werden Oxid- und Nichtoxidkeramiken mit Bauteilgrößen im Millimeterbereich bis hin zu Bauteilgrößen im Meterbereich betrachtet. Ziel ist eine Absenkung des Energiebedarfs um mindestens 40 %.

Bei der Energieminimierung der Wärmebehandlung ergibt sich für viele Prozessparameter ein Zielkonflikt. Werden Aufheiz- und Abkühlraten erhöht, so sinkt – wegen der kürzeren Zykluszeit – zwar der Energiebedarf, aber die Ausschussrate kann ansteigen. Außerdem führen zu hohe Aufheizraten aufgrund der Temperaturgradienten zu Verzug im Bauteil bzw. zu ungleichmäßigen Sinterergebnissen im Brennstapel. Diese erhöhen den Energieaufwand bei der Nachbearbeitung.

Für neue Ofenanlagen und Prozesse ist die Computersimulation unerlässlich, um im Zielkonflikt aus Energieminimierung, hohem Durchsatz, niedriger Ausschussrate und endformnahen Sinterteilen das Optimum präzise ermitteln zu können. Dabei muss eine Kopplung zwischen Temperaturverteilung und Energiebilanz des Ofens bis zum Bauteil und – bei größeren Bauteilen – auch zu kleineren Bereichen innerhalb der Bauteile hergestellt werden. Die relevanten Größenskalen reichen also über 3 Größenordnungen: von einigen Metern im Ofen bis zu wenigen Millimetern im Bauteil. Für die Simulation werden FE-Modelle verwendet, die über Submodelle verbunden sind. Der Brennstapel mit den Gleitringen wurde in mehreren Schritten homogenisiert. Der Modellofen wurde mit einem virtuellen Temperaturregler ausgestattet, so dass beliebige Temperaturzyklen berechnet werden können. Die Rechenzeit auf einem Standard-PC beträgt für das vereinfachte Modell nur noch ca. 20 Minuten; der simulierte Energieverbrauch stimmt innerhalb von 10 % mit dem gemessenen Energieverbrauch überein.



Energieeffizienz des Brennvorgangs

TOM-AC Gerät zur Messung von Sintereigenschaften unter kontrollierten Atmosphären

Aus der FE-Simulation werden sowohl der Energiebedarf als auch die Temperatur-Zeit-Kurve im Brennstapel vorhergesagt. Mittels der thermooptischen Messverfahren wird aus dem Temperatur-Zeit-Zyklus präzise das Brennergebnis berechnet. Durch die Simulation können die Brennbedingungen gezielt optimiert werden.

Thermooptische Prüfanlagen für die Feuerfestindustrie

Feuerfestmaterialien werden insbesondere zur Auskleidung von Industrieöfen z. B. bei der Stahl- oder Glasherstellung eingesetzt. Die Betriebskosten und der Energieverbrauch dieser Ofenanlagen hängen wesentlich vom Wärmeisolationsvermögen und der Lebensdauer der Feuerfestmaterialien ab. Diese benötigen gute mechanische und thermische Hochtemperatureigenschaften: hohe Kriechfestigkeit, Schadenstoleranz und Thermoschockbeständigkeit sowie eine niedrige Wärmeleitfähigkeit.

Die Prüfung der Hochtemperatureigenschaften von Feuerfestmaterialien ist wichtig für den Leistungsvergleich der Produkte verschiedener Hersteller, zur gezielten Weiterentwicklung der Materialien und zur präzisen Auslegung von Ofenanlagen in FE-Modellen. Weltweit wird deshalb nach geeigneten Prüfverfahren gesucht. Die Prüfung von Feuerfestwerkstoffen stellt aufgrund der Einsatzbedingungen besondere Anforderungen an die Messtechnik. Die Temperaturen erreichen häufig über 1700 °C und die Atmosphäre kann oxidisch, inert oder reduzierend sein. Die heterogene Struktur der Feuerfestmaterialien erfordert zudem die Untersuchung größerer Probenvolumina von einigen Kubikzentimetern, was herkömmliche thermoanalytische Prüfverfahren überfordert. Die speziellen thermooptischen Messmethoden (TOM) des Fraunhofer ISC werden aktuell in einem Projekt für das European Centre for Refractories gemeinnützige GmbH (ECREF) für die Hochtemperaturprüfung von Feuerfestmaterialien weiterentwickelt. Dabei werden zwei neue Anlagen aufgebaut: TWIN-TOM-AC und TOM-IR.

TWIN-TOM-AC besteht aus zwei verschiedenen Messöfen. Einer der beiden ermöglicht die Messung der mechanischen Hochtemperatureigenschaften, am anderen werden thermische Eigenschaften bestimmt. Viskose Moduli werden mit der Druckerweichungs- und der Heißbiegemethode gemessen, die Risszähigkeit mit der Keilspaltmethode, der Elastizitätsmodul über reversible Druckverformung und der Wärmeausdehnungskoeffizient mittels Dilatometrie. In allen Fällen werden induktive Wegaufnehmer mit optischen Messmethoden kombiniert, um eine möglichst vollständige Beschreibung des Materialverhaltens zu erhalten. Während die Wegaufnehmer ausschließlich in Kraftrichtung eingesetzt werden können, dafür aber eine sehr hohe Genauigkeit haben, liefern die optischen Verfahren ein zweidimensionales Bild der Proben. Die Temperaturüberwachung erfolgt durch Thermoelemente, die in Bohrungen in den Feuerfestmaterialproben eingeführt werden, um Temperaturmessfehler durch Temperaturgradienten im Ofen auszuschließen. Am zweiten Messofen von TWIN-TOM-AC wird die Laserflash-Methode zur Messung der Temperaturleitfähigkeit eingesetzt. Dabei wird eine Seite der Probe durch einen Laserpuls erwärmt, während der Temperaturanstieg an der Rückseite mit einem empfindlichen Pyrometer aufgezeichnet wird. Die Temperaturleitfähigkeit wird durch inverse Simulation aus dem Anstiegsverhalten der Rückseitentemperatur ermittelt. Aus der Temperaturleitfähigkeit kann die Wärmeleitfähigkeit berechnet werden.

Die zweite Anlage, TOM-IR, dient zur automatisierten Messung der Thermoschockbeständigkeit. Feuerfestproben werden in kontrollierter Atmosphäre mittels Infrarot-Heizung schnell auf Temperaturen bis zu 1200 °C aufgeheizt und anschließend sehr rasch in kalter Umgebung abgekühlt. Die dabei auftretenden Risse werden mit empfindlichen akustischen Sensoren erfasst. Zusätzlich wird auch das Schattenwurfbild der Probe aufgezeichnet und im Hinblick auf Rissbildungen analysiert. Temperaturen und Temperaturgradienten in den Proben werden mit zwei Pyrometern bestimmt. Die Anlage

wird eine automatische Prüfung von vielen Temperaturzyklen an einer Probe sowie einen automatischen Probenwechsel ermöglichen. Diese neue Messtechnik entspricht dem realen Belastungsprofil von Feuerfestmaterialien besser als herkömmliche Thermoschockprüfungen, die eine Abkühlung in flüssigen Medien verwenden. Anhand der neuen Hochtemperaturprüfmethoden sollen zukünftig neue Normprüfungen aufgebaut werden.

Polykristalline Langfasern für Hochtemperaturanwendungen

Fasermatten aus Aluminiumoxid und Siliziumoxid werden als Material zur Wärmedämmung im Hochtemperaturbereich z. B. für Industrieöfen eingesetzt. Besonderes Augenmerk wird auf die technischen Materialeigenschaften gelegt. Ziel eines laufenden Projekts mit einem namhaften Hersteller solcher Fasermatten, der Firma Rath GmbH, ist deshalb, ein Herstellungsverfahren für oxidische Fasern zu entwickeln und in der Produktion zu etablieren, das eine genaue Steuerung der Mattenherstellung in der Produktion erlaubt.

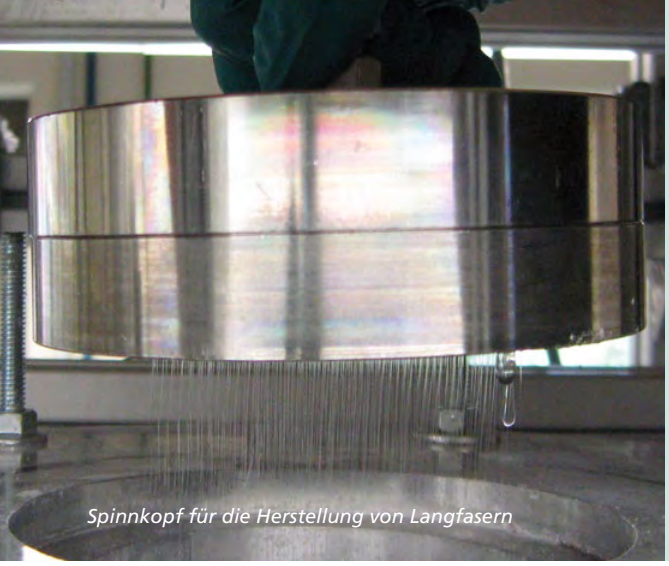
Die bisher zur Mattenherstellung verwendeten Stapelfasern im Stoffsystem Al_2O_3-SiO_2 werden im Schleuderspinnverfahren hergestellt. Sie weisen verfahrensbedingt eine sehr breite Eigenschaftstreuung auf. Rath GmbH und das Fraunhofer ISC konnten bereits in einem früheren gemeinsamen Projekt zeigen, dass nach einer Optimierung des Schleuderspinnverfahrens die Fasereigenschaften deutlich geringer schwanken. Allerdings lag trotzdem ein kleiner Teil der Fasern immer noch im kritischen Durchmesserbereich, so dass das Risiko einer karzinogenen Gefahr nicht vollständig ausgeschlossen werden konnte.

In dem aktuell über das ZIM-Programm geförderten Projekt »Polykristalline Langfasern für Hochtemperaturanwendungen« soll eine keramische Langfaser im Stoffsystem Al_2O_3-SiO_2 entwickelt und das bestehende Schleuderspinnverfahren beim Hersteller auf ein Langfaserspinnverfahren umgestellt werden. Das Langfaserspinnverfahren erlaubt im Vergleich zum Schleuderspinnverfahren die genauere Einstellung der Fasereigenschaften bei gleichzeitig deutlich reduzierten Schwankungsbreiten. Erreicht werden soll ein mittlerer Faserdurchmesser von 10 µm bei einer Durchmesserschwankung von ±10 %. Eine Lungengängigkeit der Fasern wird dadurch vermieden, so dass nach derzeitigem Kenntnisstand eine karzinogene Wirkung der Fasern ausgeschlossen werden kann. Aus diesen Langfasern lassen sich homogene Fasermatten herstellen, wenn es gelingt, die Faserablage vor dem Keramisierungsofen in einen kontinuierlichen Prozess zu überführen.

Im Berichtszeitraum wurde eine am Fraunhofer ISC vorhandene Laboranlage zum Spinnen von Langfasern entsprechend den Anforderungen im geförderten Projekt modifiziert. Die Spinnsole wurden von Rath hergestellt und angepasst. Es konnte ein stabiler Langfaserspinnprozess mit 300 Filamenten bei weniger als 3 % Abrissen im Labormaßstab realisiert werden. Erste Untersuchungen zur thermischen Aufarbeitung der gesponnen Grünfasern zeigten, dass die gewünschte Phasenzusammensetzung nach der Keramisierung der Fasern eingestellt werden kann. Weiterhin wurde am Fraunhofer ISC ein Konzept zum Aufbau der Technikumsanlage für das Langfaserspinnverfahren der Fasermatten erstellt, so dass nun bei Rath GmbH, dem Hersteller der Fasermatten, mit der Realisierung der Technikumsanlage begonnen werden kann, um das Verfahren unter produktionsnahen Bedingungen weiter zu entwicklen.

Entwicklung einer Glaszusammensetzung mit erhöhter Temperaturwechselbeständigkeit

Im Rahmen der Spezialglasentwicklung am Fraunhofer ISC geht es häufig um die Anpassung bestimmter physikalischer Glaseigenschaften an besondere Anforderungen beim Einsatz der Glasprodukte. So wurde im vergangenen Jahr eine neue Gemengerezeptur für ein weißes Opalglas entwickelt, das als Behälterglas in Zahnarztpraxen eingesetzt wird. Diese Weiter-



Spinnkopf für die Herstellung von Langfasern

Weißes Opalglas mit erhöhter Temperaturwechselbeständigkeit

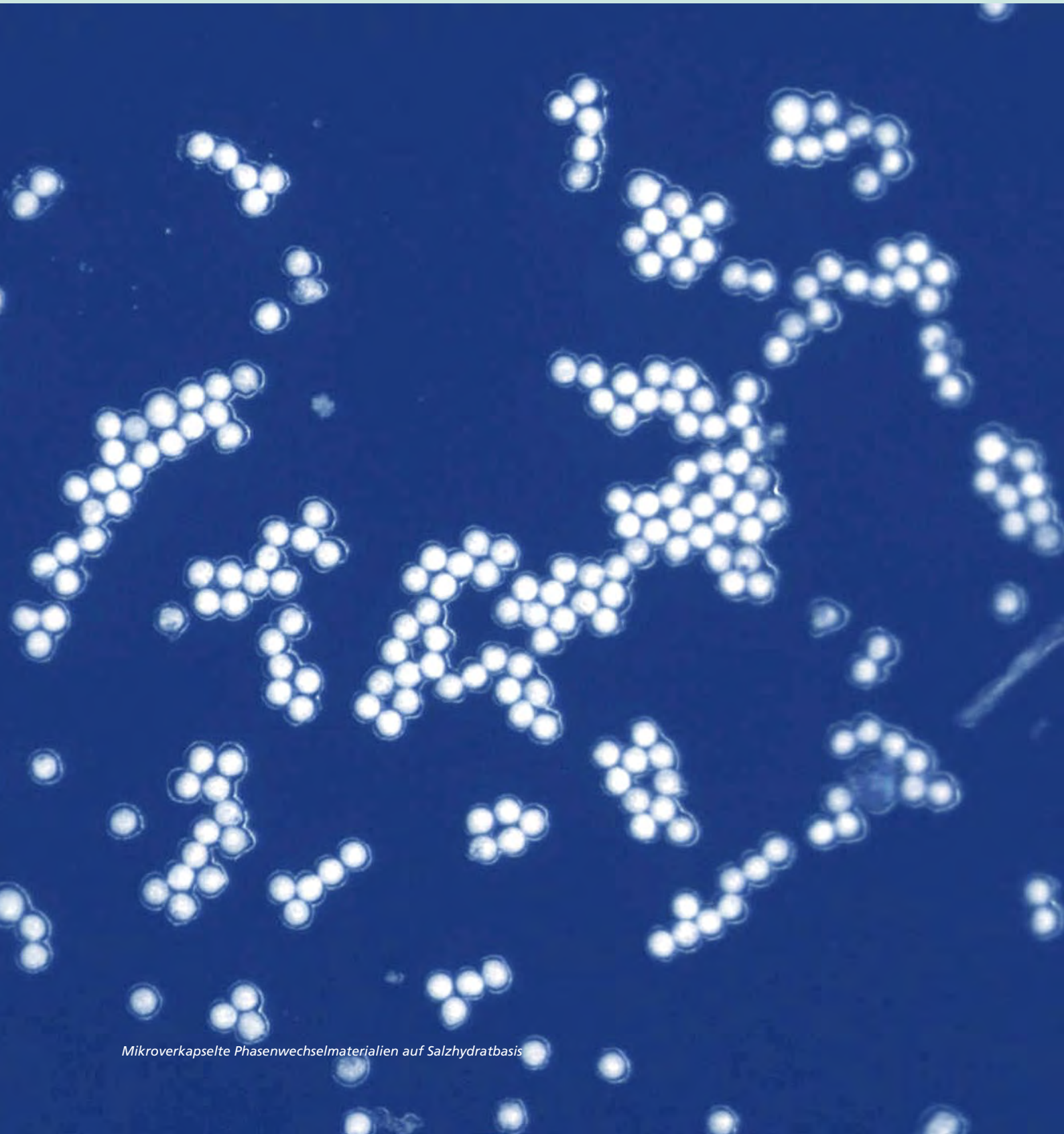
entwicklung wurde von der Firma Alfred Becht GmbH beauftragt, um auch unter gestiegenen Produktanforderungen die gewohnte Qualität zu gewährleisten. Da die neue Generation von Autoklaven, die in Zahnarztpraxen zur Sterilisierung der Glasbehälter eingesetzt wird, schnellere Temperaturwechsel ermöglicht, müssen auch die Glasbehälter entsprechend tolerant gegenüber starken Temperaturschwankungen sein. Die bisherige Rezeptur der Firma Becht sollte dahingehend modifiziert werden. Eine besondere Herausforderung bestand darin, Haptik und optische Wirkung des weiß-opaleszenten Glases jedoch unverändert zu bewahren.

Maßgeblich für das Temperaturschockverhalten von Glas ist der Temperaturausdehnungskoeffizient, der u. a. durch die Gemengezusammensetzung des Glases beeinflusst wird. Die Basis-Rezeptur wurde in mehreren Schritten gezielt verändert und so ein um 25 Prozent verringerter Temperaturausdehnungskoeffizient erreicht. Aussehen und Haptik des erschmolzenen Glases blieben davon unberührt. Da das Gemenge auch die Verarbeitungseigenschaften wie Schmelztemperatur und Viskosität bestimmt, wurde durch geschickte Auswahl der Bestandteile eine Balance zwischen gewünschten und unerwünschten Auswirkungen auf die physikalischen Eigenschaften der Glasschmelze und der Gläser gefunden. Die Verarbeitungstemperaturen des Glases in der Glashütte mussten letztlich für die neue Gemengezusammensetzung nur moderat erhöht werden. Die neue Rezeptur wurde inzwischen an den Auftraggeber und die Glashütte übertragen, weitere Temperaturwechseltests nach DIN ISO 7459 folgen an den aus der neuen Rezeptur hergestellten Glasbehältern.

KONTAKT

PD Dr. Friedrich Raether
Geschäftsfeldleiter
Glas und Keramik
neu: Leiter Geschäftsbereich
Energie
✆ +49 931 4100-200
friedrich.raether@isc.fraunhofer.de

BAU UND UMWELT



Mikroverkapselte Phasenwechselmaterialien auf Salzhydratbasis

Das Geschäftsfeld Bau und Umwelt beschäftigt sich neben klassischen Bauwerkstoffen wie Beton v. a. mit anorganischen und hybriden Funktionsmaterialien, um die vielfältigen Möglichkeiten der chemischen Nanotechnologie für die Baustoffindustrie und für den nachhaltigen Schutz der Umwelt nutzbar zu machen.

Dazu gehören multifunktionelle, nanotechnologisch optimierte Beschichtungen, die sich leichter reinigen lassen, antimikrobiell wirken oder über photokatalytische Prozesse in der Luft enthaltene Schadstoffe wie NOx und Formaldehyd abbauen können. Beispiele für Anwendungen im Bereich der Wohngesundheit finden sich auch unter dem Schwerpunktthema Gesundheit.

Zentrales Anliegen des Geschäftsfelds ist die Verbesserung der Ressourceneffizienz von Energie und Materialien, auch in bereits existierenden Anwendungen. Ein Beispiel hierfür ist die Nutzung von Sekundärrohstoffen durch den teilweisen Ersatz von Zement durch Flugaschen und Hüttensande. Einen großen Beitrag zur Erforschung der noch relativ unbekannten Reaktionsmechanismen beim Einsatz von Sekundärrohstoffen kann das Zentrum für Angewandte Analytik ZAA des Fraunhofer ISC leisten, dem hochauflösende Analysegeräte zur Verfügung stehen. Erst mit einem genauen Verständnis werden Abläufe auch steuerbar.

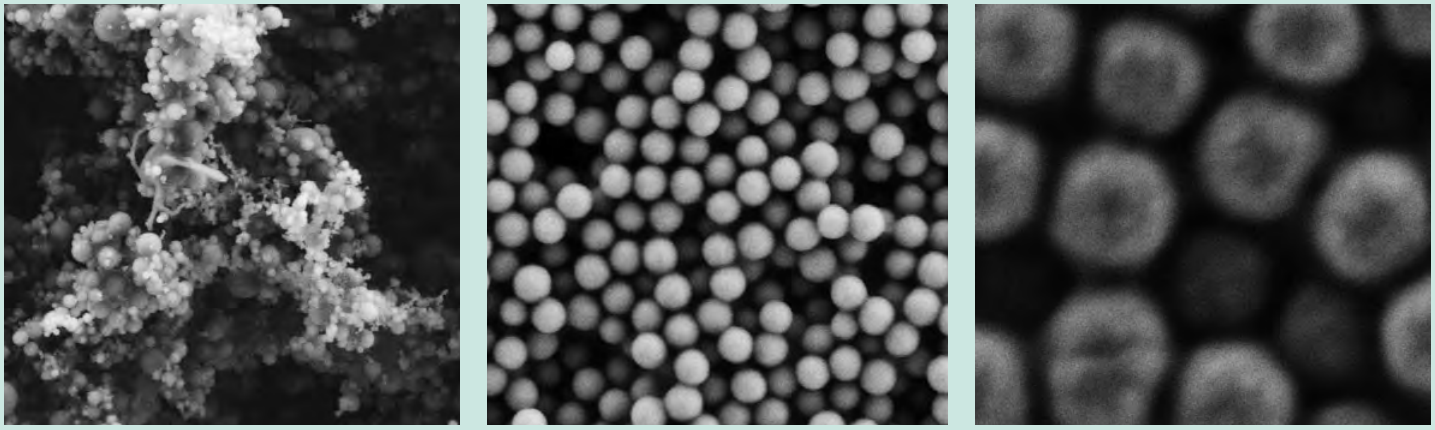
Ressourceneffizienz ist auch das Ziel aktueller Projekte, wie der Entwicklung eines neuartigen Latentwärmespeichers auf Salzhydratbasis oder die Suche nach einer Möglichkeit zur Erhöhung der chemischen und mechanischen Beständigkeit von Betonen durch den Einsatz von Mikro- und Nanosilica.

Kalthärtende Keramik durch nanotechnologische Gefügeoptimierung

Üblicherweise entstehen Keramiken (zumindest teilweise kristalline, anorganische, nichtmetallische Werkstoffe) im sogenannten keramischen Brand bei sehr hohen Temperaturen bis weit über 1 000 °C. Dabei Versintern die einzelnen Körner (Partikel) der Ausgangsstoffe miteinander und bilden so einen kompakten Werkstoff. Diese Prozesse sind energieintensiv und bisweilen schwer zu steuern, z. B. der Formerhalt trotz erheblicher Schwindung. Kann der keramische Brand durch chemische Reaktionen bei moderaten Temperaturen < 100 °C ersetzt werden, spricht man von »kalthärtenden Keramiken«. Viele bekannte Bindemittelsysteme gehören dazu, z. B. verfestigt sich Zementmörtel durch Abbinden mit Wasser. Anstelle der Ausbildung von Sinterhälsen, durch die die Einzelkörner fest verbunden werden, verfilzen sich hier die Calcium-Silicat-Hydrate (C-S-H-Phasen), die aus der Reaktion der Calcium-Silicat-Partikel (C-S-Phasen) mit Wasser entstehen. Zement ist daher ein hydraulisches Bindemittel und wird zur Herstellung von Beton eingesetzt.

Besonders hohe Festigkeiten in Keramiken werden erhalten, wenn ein sehr dichtes Gefüge gelingt. Es enthält dann weniger Hohlräume (Poren) und ist deshalb auch gegen korrodierende Angriffe von außen widerstandfähiger. Um eine möglichst hohe Packungsdichte der Einzelkomponenten zu erreichen, müssen deren Korngrößen und Korngrößenverteilungen fein aufeinander abgestimmt sein und kleinere Partikel genau in die Lücken passen, die von den größeren nicht mehr ausgefüllt werden können. Bei Betonen betrifft diese Abstimmung die Körnungen der Zuschlagsstoffe (Kiese und Sande mit Korngrößen von mehreren Zentimetern bis Zehntelmillimetern) und des Zements (0,1 bis 100 µm).

Die Packungsdichte kann aber bis in den Nanometerbereich (10 bis 1 000 nm) gesteigert werden, wenn es gelingt, entsprechend kleine Partikel im Zementmörtel zu dispergieren. Dazu werden Mikrosilica eingesetzt, die als ein Nebenprodukt bei der Herstellung von Silicium anfallen. Diese bestehen aus amorphem Siliciumdioxid (SiO_2) in Form von kugelförmigen Teilchen mit Durchmessern von ca. 30 bis 600 nm (*Bild 1, links*). Sie werden in den Zementmörtel eingemischt und binden mit dem Calciumhydroxid ($Ca(OH)_2$) aus dem Zement ab (puzzolanische Reaktion).



1 *Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen von Mikrosilica - links: kommerzielles Mikrosilica; Mitte und rechts: synthetische Mikrosilica (Stöberpartikel) unterschiedlicher Größe (Quelle: ISC)*

Zur weiteren Optimierung der Packungsdichte vielleicht noch besser geeignet sind SiO_2-Partikel definierter Größe, wie sie (Bild 1, Mitte und rechts) synthetisch von 50 nm bis 1 µm im sogenannten Stöberprozess hergestellt werden können. Da die im Labor synthetisierten Stöberpartikel zunächst nur in kleinen Mengen zur Verfügung stehen, wurden für die ersten Versuche Zementmörtelproben (Würfel mit 2 cm Kantenlänge) hergestellt, die zwar nicht den üblichen Normprismen (4 x 4 x 16 cm^3) entsprechen, deren Eigenschaften aber mit denen entsprechender Referenzproben vergleichbar sind. Die bisherigen Ergebnisse blieben hier noch hinter den Erwartungen zurück. Der Grund dafür könnte darin liegen, dass unter den Bedingungen der Mörtelherstellung keine vollständige Zerteilung der Partikelagglomerate erfolgte. Daher wird nun versucht, durch den Einsatz alternativer Verfahren die Mikrosilica und Stöberpartikel auch im abgebundenen Mörtel auf die optimalen Partikelgrößen im Nanometerbereich zu dispergieren. Eine Verringerung der Porosität würde den abgebundenen Mörtel widerstandsfähiger und fester machen. Untersuchungen zur resultierenden Festigkeit, Porosität und Korrosionsstabilität werden in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel (Fachgruppe Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie) durchgeführt. Ziel ist ein verbesserter Mörtel, der in Anwendungsfeldern eingesetzt werden kann, für die Beton bisher nicht oder nur bedingt geeignet war, z. B. in Rohren für stark korrodierende Abwässer.

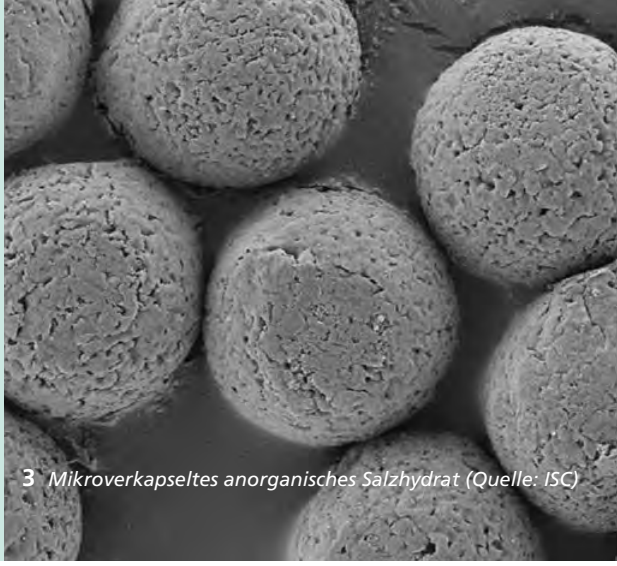
Verkapselung von anorganischen Phasenwechselmaterialien

Energieeffizienz in Gebäuden trägt wesentlich zur Reduktion der CO_2-Umweltbelastung bei. Ein Ziel ist hier die Reduzierung erforderlicher Heizenergie, z. B. durch Wärmedämmmaterialien oder durch die Verwendung von thermischen Speichermaterialien.

Die einfachste Art der Wärmespeicherung ist die Erhöhung der Temperatur einer Speichersubstanz, aus der die Wärmeenergie unter Senkung der Temperatur wieder abgegeben werden kann – das Prinzip einer konventionellen Warmwasserheizung. Daneben existiert eine weitere und vor allem effizientere Form der Wärmeenergiespeicherung. Sie macht sich zunutze, dass manche Stoffe beim Übergang in eine andere Phase, zum Beispiel in den flüssigen Aggregatzustand, Energie aufnehmen oder abgeben können. Diese Energie wird als »latente Wärme« bezeichnet. Entsprechend nennt man die für diese Art der Wärmespeicherung verwendeten Substanzen »Latentwärmespeicher« (oder auch »Phase Change Materials«, PCM). Diese Speichermethode zeichnet sich durch eine hohe Effizienz aus, da sich die Temperatur der Substanz während des Phasenübergangs nicht ändert und somit keine aufwendigen Isolierungen notwendig werden.

Um dieses Speicherverfahren nutzen zu können, sind in den letzten Jahren verschiedene Konzepte für unterschiedliche Anwendungsbereiche und -temperaturen entwickelt worden. Zunächst ist der für den jeweiligen Temperaturbereich geeignete Latentwärmespeicher zu wählen. Für die Abwärmenutzung muss beispielsweise ein Material mit einem viel höheren Schmelzpunkt eingesetzt werden als für ein System zur Gebäudeklimatisierung. Da die Latentwärmespeicher beim »Laden« und »Entladen« ihren Aggregatzustand ändern, sind geeignete Behälter erforderlich. Diese müssen dicht gegen Flüssigkeiten und gegebenenfalls auch korrosionsstabil sein. Die Größe dieser Behälter ist der jeweiligen Anwendung angepasst und reicht von großen Tanks bis hin zur Mikroverkapselung. Letztere bietet die Möglichkeit zum Einarbeiten des Speichermaterials in andere Werkstoffe wie beispielsweise Putze oder Mörtel. Bisher war eine zuverlässige Mikroverkapselung nur möglich, wenn Latentwärmespeicher auf der Basis von wasserunlöslichen organischen Materialien, z. B. Paraffin, verwendet wurden. Anorganische Speichermaterialien sind jedoch für viele Anwendungen wesentlich attraktiver. Sie sind nicht brennbar und weisen im Allgemeinen eine höhere Speicherkapazität auf. Der Nachteil dieser Stoffgruppe ist deren Wasserlöslichkeit. Besondere Herausforderungen stellen sich außerdem bei Stoffen, die für Anwendungen bei Raumtemperatur interessant sind. Dabei handelt es sich

2 *Würfelproben aus abgebundenem Zementmörtel vor (links) und nach (rechts) Messung der Druckfestigkeit (Quelle: ISC)*



3 *Mikroverkapseltes anorganisches Salzhydrat (Quelle: ISC)*

meist um sogenannte Salzhydrate, die selbst unter normalen Umgebungsbedingungen nicht hinreichend stabil sind. Zu leicht geben sie ihr Hydratwasser ab oder nehmen zusätzliches Wasser auf, was ihre physikalischen Eigenschaften nachteilig verändert.

Das Fraunhofer ISC hat daher ein neuartiges Verfahren entwickelt, um auch anorganische Latentwärmespeicher zu verkapseln. Aufgrund der oben erwähnten Wasserlöslichkeit der Salzhydrate werden jedoch an das Verkapselungsverfahren besondere Anforderungen gestellt. Viele der für Verkapselungen üblichen Polymerisationsverfahren können für wasserlösliche Substanzen nicht angewendet werden.

Der Arbeitsgruppe um Dr. Uta Helbig und Dr. Ruth Houbertz ist es gelungen, auf der Basis von ORMOCER®en, die bereits erfolgreich als Barrierematerial in der Mikroelektronik eingesetzt werden, ein Verkapselungsmaterial und ein zugehöriges Polymerisationsverfahren zu entwickeln, das es erlaubt, Salzhydratschmelzen in eine Hybridpolymerhülle einzuschließen. Dank kontinuierlicher Weiterentwicklung des Verfahrens in den letzten beiden Jahren konnten Kapselwand und -durchmesser optimiert werden. Analysiert wurden die erzeugten Kapseln u. a. auch durch neu entwickelte ortsaufgelöste spektroskopische Methoden, die eine Querschnittsabbildung der Kapsel erstmals zerstörungsfrei ermöglichen. So konnte nachgewiesen werden, dass die Kapseldurchmesser mit diesem Verfahren typischerweise etwa 40 µm betragen bei einer Wandstärke der Kapselhülle unter 5 µm. Gerade diese geringe Wandstärke ist für die Anwendung besonders vorteilhaft. Der Anteil an aktivem Material pro Volumen steigt und es kann ein schneller Wärmeübergang über die Kapselwand erfolgen. Der zu Grunde liegende Polymerisationsmechanismus wird derzeit intensiv erforscht. Weiterhin müssen Untersuchungen zur mechanischen Stabilität und zur Barrierewirkung der Kapselwand durchgeführt werden.

KONTAKT

Dr. Karl-Heinz Haas
Geschäftsfeldleiter
Bau und Umwelt
Neu: Leiter New Business Development
✆ +49 931 4100-500
karl-heinz.haas@isc.fraunhofer.de

CENTER SMART MATERIALS CESMA

Rollenaktor

»Smart materials« ist als Oberbegriff für eine stofflich sehr inhomogene Werkstofffamilie zu verstehen, in der polykristalline Festkörper, schaltbare Flüssigkeiten und elastische Polymere vertreten sind. Mit ihrer Fähigkeit, sehr schnell und effizient elektrische in mechanische oder mechanische in elektrische Energie zu wandeln und dabei ihre Geometrie oder Steifigkeit zu ändern, eröffnen Smart Materials völlig neue Anwendungen. Ihr individuell abstimmbares Eigenschaftsspektrum bezüglich der resultierenden Kräfte, Wege oder der Dynamik birgt ein hohes Potential für neue technische und konstruktive Lösungen. Die Fülle von neuen Anwendungen resultiert vor allem daraus, dass neue Bauformen möglich werden für z. B. Kupplungen, Aktoren und Sensoren. Die Vielfalt aus Materialien und Designmöglichkeiten erlaubt Lösungen für komplexe Systeme in nahezu allen Bereichen der Wirtschaft.

Das ist die Grundidee des CeSMa: Rasch reagieren zu können auf neue Marktbedürfnisse für bessere, leichtere und weniger aufwendige technische Produkte. Dies wird antizipiert, fließt in Materialneu- und -weiterentwicklungen und in das Design prototypischer Aktoren, Sensoren oder Wandler ein.

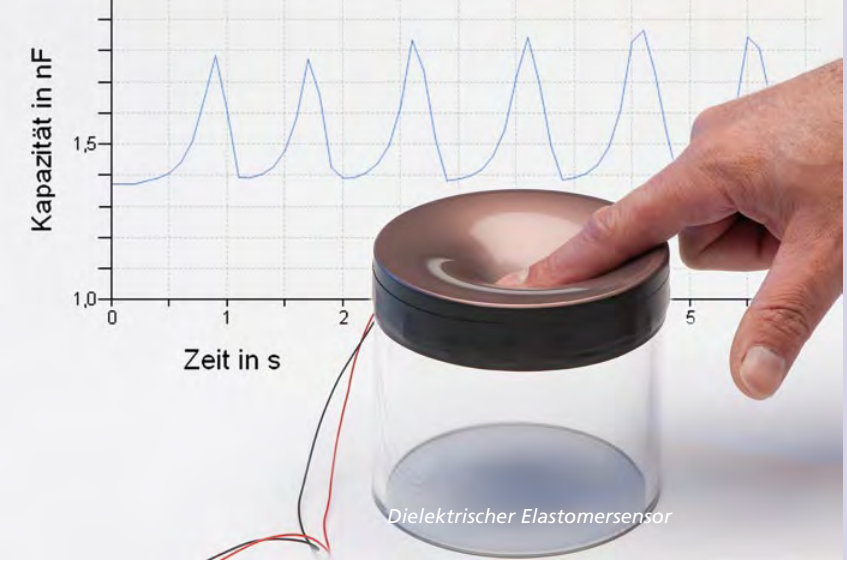
Die treibenden Kräfte für den Einsatz von Smart Materials sind Ressourcen- und Energieeffizienz, Verringerung der Komponentenzahl durch Integration von Funktionen und die Nutzung neuer Funktionalitäten, z. B. durchstimmbare Dämpfungselemente und integrierte Sensor-/Aktor-Funktionen.

Das Materialportfolio wird weiter systematisch ausgebaut, es reicht von hochdynamischen piezoelektrischen Keramiken über magneto- und elektrorheologische Flüssigkeiten bis hin zu hochdehnenden elektro- und magneto-aktiven Elastomeren. Getrieben von den Marktbedürfnissen wurde mit Metallo-Polyelektrolyten ein neues Material auf den Weg gebracht, um diese für den Einsatz in schnell schaltenden »Smart Windows« zu qualifizieren.

»Smart Windows«

Schaltbare Transmission ist ein langgehegter Traum für Gebäude- und Fahrzeugklimatisierung, da hiermit Energieersparnisse von bis zu 30 % erreichbar sind. In der Vergangenheit führten eine Reihe von Entwicklungen von »Smart Windows« nicht zum gewünschten Ziel, andere brauchten sehr lange, um im Markt eingeführt zu werden. Die Gründe sind vielfältig, im Wesentlichen sind die Implementierungsschwierigkeiten jedoch dem bisher üblichen komplizierten Aufbau aus fünf und mehr Funktionsschichten und dem noch mangelhaften Langzeitverhalten (Schaltstabilität) über viele Jahre geschuldet.

In einem vom BMBF geförderten Verbundprojekt mit vier Forschungspartnern wird deshalb ein innovativer Ansatz verfolgt, beginnend bei der Synthese schaltbarer Substanzen über deren vollständige Charakterisierung und Messung unter anwendungsgerechten Szenarien bis zum Aufbau von Testfenstern und anschließender Prüfung im Klimatest. Eine neuartige Stoffklasse soll dabei helfen, die Mängel der bisherigen Konzepte zu beseitigen. Es handelt sich um sogenannte Metallo-Polyelektrolyte (MEPE) aus der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dirk Kurth am Lehrstuhl für Chemische Technologie der Materialsynthese an der Universität Würzburg. Dort werden die Metallo-Polyelektrolyte synthetisiert. Die Untersuchungen zum strukturellen Aufbau vor, während und nach dem Schalten obliegen der BAM in Berlin. Das Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik IWE Karlsruhe untersucht und modelliert Grenzflächenreaktionen. Das Fraunhofer ISC entwickelt auslaufsichere MEPE, bewertet sie über mehr als 100 Schaltzyklen und baut und testet anschließend die Labordemonstratoren. Ziel des Projekts ist es, nach zwei Jahren ein getestetes Demonstrations-Fenster realisiert zu haben, um Interessenten aus der Industrie vom Anwendungspotential dieser Technik überzeugen zu können.



Dielektrischer Elastomersensor

In MEPE sind Metall-Ionen für die Farbe des Materials verantwortlich. Sie lassen sich elektrisch in ihrem Oxidationszustand schalten, wodurch der Farbeffekt entsteht: Geben zum Beispiel zweiwertige Eisen-Ionen Elektronen ab, verschwindet die blaue Farbe und der Komplex absorbiert nicht mehr im sichtbaren Bereich des Lichts. Die Änderung ist umkehrbar. Das Entscheidende ist jedoch, dass diese Schaltungsvorgänge sehr schnell sind und nur niedrige Spannungen von 1 bis 1,5 V erfordern.

Der Aufbau eines »Smart Windows« mit MEPE ist relativ einfach: Es besteht aus zwei Glasscheiben, bei denen die einander zugewandten Seiten mit einer dünnen, transparenten Elektrode bedeckt sind. In den Zwischenraum werden MEPE gefüllt. Ein stabiler Randverbund (isolierend zwischen den Scheiben und dicht nach außen) sorgt dafür, dass die MEPE dauerhaft schaltbar bleiben. Die Optimierung dieses Randverbundes ist Teil des Vorhabens.

Dielektrische Elastomer-Aktoren

Dielektrische Elastomer-Aktoren (DEA) gehören zu den elektroaktiven Polymeren, die ihre Größe oder Form beim Anlegen eines elektrischen Felds ändern. Das Besondere an dieser jungen Klasse von Polymeraktoren sind die im Vergleich zu den bekannten piezokeramischen Aktoren um zwei Größenordnungen höheren Dehnungen. Den DEA wird ein großes Anwendungspotenzial zugeschrieben, weil sie zudem relativ hohe Ansteuerfrequenzen haben und somit schneller auf elektrische Signale reagieren. Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich aus ihrer geringen Dichte bei Verwendung leichter Polymere und ihre potenziell niedrigen Produktionskosten.

Bisher widmen sich Arbeiten auf diesem Gebiet meistens speziellen Aktorformen und möglichen Anwendungen. Das Materialangebot für DEA ist jedoch sehr begrenzt und die Nachteile der bisherigen DEA stehen weiteren Anwendungen im Weg: Noch werden sehr hohe elektrische Feldstärken zur Ansteuerung benötigt, und es gibt noch zu wenige Erkenntnisse über die Lebensdauer der neuen Aktoren. Deshalb widmet sich CeSMa der Entwicklung und Optimierung von Materialien für DEA mit deutlich verbessertem Leistungsprofil. Aktuell wird in zwei vom BMBF geförderten Entwicklungsprojekten – BelievE und INFUNK –- daran gearbeitet, die Betriebsspannung signifikant zu senken sowie die Zuverlässigkeit der Aktoren zu ermitteln und zu verbessern bzw. am Beispiel eines Mini-Ventils die Leistungsfähigkeit zu demonstrieren.

Um elastische DEA mit einer reduzierten Schaltspannung herzustellen, müssen die verwendeten Materialien derart verändert werden, dass sie eine höhere Permittivität haben. Dem Team ist es bereits gelungen, diese auch Dielektrizitätszahl genannte Materialkenngröße wesentlich zu erhöhen. Dieser Erfolg zeigt exemplarisch das Potenzial, das durch die Weiterentwicklung von DEA-Materialien für zukünftige industrielle Anwendungen genutzt werden kann.

Dielektrische Elastomer-Sensoren

Dielektrische Elastomer-Sensoren (DES) sind in Analogie zu den DEA eine neue Klasse von mechanischen Sensoren, mit denen Verformungen, Kräfte oder Drücke relativ einfach gemessen werden können. Sie zeichnen sich durch eine besonders hohe Dehnbarkeit aus und können daher in Strukturen integriert werden, die selbst starken Verformungen ausgesetzt sind.

Farbvarianten von Metallo-Polyelektrolythe (MEPE) (© Dirk Kurth, Lehrstuhl für Chemische Technologie der Materialsynthese, Uni Würzburg)

Der Aufbau dielektrischer Elastomer-Sensoren ist einfach: Sie bestehen aus einer stark dehnbaren Elastomerfolie, die auf beiden Seiten mit hochflexiblen Elektroden beschichtet ist. Der Sensoreffekt beruht auf der Erfassung der elektrischen Kapazität. Bei einer Kompression oder Zugbelastung verringert sich die Dicke der Sensorfolie bei gleichzeitiger Vergrößerung der Fläche, woraus eine Kapazitätserhöhung resultiert.

Die Anwendungsbreite von DES ist groß: Durch die Erfassung der Kapazitätsänderung lassen sie sich beispielsweise für technische Anwendungen wie Auftrittsensoren im Fußboden, Erfassung von Warenlagerbeständen durch Gewichtsmessung oder die kontinuierliche Druckmessung von Gasen und Flüssigkeiten nutzbar machen. Dabei erfordern die verschiedenen Anwendungen jeweils ein anderes Eigenschaftsprofil des dielektrischen Elastomers oder einen anderen Aufbau des Sensors. Die Expertise der interdisziplinär zusammengesetzten CeSMa-Gruppe liegt darin, die Zusammensetzung der Materialien, die Foliengeometrie und das Sensordesign gezielt auf die Anwendung und den Kundenwunsch anzupassen.

KONTAKT

Dieter Sporn
Leiter Center Smart Materials

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

PROJEKTINFORMATIONEN ZU DEN GENANNTEN PROJEKTEN

Oberflächen und Schichten

Permanente Trennmittelbeschichtung auf Basis hybrider Nanokomposite (PermaTrenn)
BMBF gefördertes Projekt
Förderkennzeichen: 03X2511F
Koordinator: Intier Automotive Eybl Interiors GmbH
Partner: Intier Automotive Eybl Interiors GmbH, Intier Automotive Näher GmbH, ACMOS Chemie KG, Nanogate AG, Fichtner & Schicht GmbH, WIS-Tooling GmbH
Laufzeit: 1.12.2006 – 30.11.2009

Innovative Beschichtungssyteme für optische Spezialfasern auf Basis von nanoskaligen hybridpolymeren Materialien (BEOS)
BMBF gefördertes Projekt
Förderkennzeichen: 03X0031C
Koordinator: FiberTech GmbH
Partner: FiberTech GmbH, SurAChemicals GmbH, Institut für Photonische Technologien e.V.
Laufzeit: 1.4.2007 – 30.3.2010

Multifunktionelle Vliesstoffe für die Tiefenfiltration mit wasserbasierten anorganisch-organischen Beschichtungssolen
AiF/BMBF gefördertes Projekt
Förderkennzeichen 261 ZBG
Koordinator Sächsisches Textilforschungsinstitut e. V.
Partner: Sächsisches Textilforschungsinstitut e. V. (STFI), Chemnitz, Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH (ILK), Dresden

Laufzeit 1.7.2007 – 31.3.2010

Multimetallfähiger umweltverträglicher Korrosionsschutz
AiF/BMBF gefördertes Projekt
Förderkennzeichen IGF-08/05 ZBR 07361/08
Koordinator: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) Dresden
Partner: Fraunhofer IWU, EFDS - Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.
Laufzeit: 1.5.2009 – 31.10.2011

Innovative Gradientenschichten mit nanoskaligen Hybridpolymeren (INGRAD)
BMBF gefördertes Projekt
Förderkennzeichen: 03X0099D
Koordinator: SurA Chemicals GmbH
Partner: SurA Chemicals GmbH, Heiche Oberflächentechnik GmbH, Ritzi Lackiertechnik GmbH, MAT Medizintechnik, Fraunhofer ISC, Fraunhofer FEP
Laufzeit: 1.6.2010 – 31.5.2013

Energietechnik

Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität, Schwerpunkt 3 – Energiespeichertechnik, Teilprojekt Materialentwicklung (MALION)
www.elektromobilitaet.fraunhofer.de/schwerpunkte/energiespeichertechnik
Konsortialführer: Fraunhofer ISC
Partner: Fraunhofer ITWM, ISIT, ICT, IGB, IZM, IKTS, IAP, IWM, IFAM, IWS, IMS
Laufzeit: 1.5.2009 – 30.6.2011

Entwicklung und Charakterisierung nanoskaliger Elektroden-Komposite für EnergyCap: Hochleistungsspeicher für Anwendungen im Bereich der erneuerbaren Energieversorgung, mobiler Bordnetze und Traktionsanwendungen (EnergyCap)
BMWI gefördertes Projekt
Förderkennzeichen: PTJ: Az 0327822B
Koordinaor: BMW Forschung und Technik GmbH, München
Partner: 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: ENERCON GmbH, Aurich (ohne Förderung)
Laufzeit: 1.7.2009 – 30.6.2012

PROJEKTINFORMATIONEN ZU DEN GENANNTEN PROJEKTEN

Konzeptstudien für neuartige Lithium-Ionen-Zellen auf der Basis von Werkstoff-Innovationen KoLiWIn
Im Rahmen der BMBF-Innovationsallianz Lithiumionenbatterie LIB 2015
Partner: Philipps-Univsersität Marburg, Fachbereich Chemie
Universität Ulm, Abteilung Anorganische Chemie I
Universität zu Köln, Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Universität Münster, Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Karlsruhe Institut für Technologie, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg
Konsortialfführer: Fraunhofer ISC
Laufzeit: 1.7.2009 – 30.6.2012

Glass und Keramik

ENITEC - Rahmenkonzept: Forschung für die Produktion von morgen;
Effiziente Niederenergie Entbinderungs- und Sintertechnik in der Keramikherstellung
BMBF gefördertes Projekt
Förderkennzeichen: 02PO2025
Koordinator Fa. CeramTec
Partner: CeramTec AG, Lapp Insulators GmbH & Ko. KG, BCE Special Ceramics, Eisenmann Maschinenbau KG, FCT Systeme GmbH, Fraunhofer IWM Freiburg
Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012

Bau und Umwelt

Kalthärtende Keramik durch nanotechnologische Gefügeoptimierung
BMBF gefördertes Projekt – WING-Programm: Nanotechnologie im Bauwesen – Nano Tecture
Förderkennzeichen 03X0067E
Koordinator: BASF Construction Chemicals GmbH
Partner: BASF Construction Chemicals GmbH, Universität Kassel Fachbereich Bau- und Umwelt-ingenieurwesen, Verein Deutscher Zementwerke e. V., FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e. V.
Chemiewerke Bad Köstritz GmbH, Woellner GmbH & Coo. KG, Remmers Baustofftechnik GmbH
PigTek Pig Equipment Group, CTB Inc., Betonwerk Neu-Ulm, Emschergenossenschaft Lippe Verband
Laufzeit: Juni 2009 – Mai 2012

Multi-source Energy Storage System Integrated in Buildings (MESSIB)
EU-Projekt im 7. Rahmenprogramm
Förderkennzeichen: 211624
Koordinator: Acciona Infraestructuras S. A.; Javier Grávalos
Fraunhofer-Koordinator: Fraunhofer ISE
Laufzeit 1.3.2009 – 28.2.2013

CESMA

Entwicklung und Untersuchung betriebsfester und langlebiger Materialsysteme von dielektrischen Elastomeraktoren (BelievE)
BMBF gefördertes Projekt (Förderkennzeichen 13N10635)
Koordinator: Prof. Schlaak, TU Darmstadt
Laufzeit: 1.8.2009 – 31.7.2012

Integration neuartiger Funktions- und Konstruktionswerkstoffe und deren Anwendung in einem miniaturisierten Ventilsystem (INFUNK)
BMBF gefördertes Projekt
Förderkennzeichen 16SV3725
Koordinator: Fraunhofer ISC
Laufzeit: 1.11.2008 – 31.12.2011

SmartWin-Mepe: Verbundprojekt: Smart Windows auf der Basis von Metallo-Polyelektrolyten, ISC-Teilvorhaben: Aufbau und Test von ECW-Hybrid-Synthese und Charakterisierung (MEPE)
BMBF gefördertes Projekt
Förderkennzeichen 13N11284
Koordinator: Fraunhofer ISC
Laufzeit: 1.9.2010 – 31.8.2012

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 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,66 Mrd Euro. Davon fallen 1,40 Mrd 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

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Marketing und Kommunikation
Neunerplatz 2
97082 Würzburg
www.isc.fraunhofer.de

Konzeption und Koordination

Marie-Luise Righi

Texte und Redaktion

Marie-Luise Righi
Katrin Selsam-Geißler
Martina Hofmann
Prof. Dr. Gerhard Sextl
oder genannte Ansprechpartner

Grafiken und Diagramme

Winfried Müller und Frank-Wolf Zürn

Layout und Produktion

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

Übersetzung

Burton, Van Iersel & Whitney GmbH, München

Bildquellen

wie angegeben, alle anderen Abbildungen: Fraunhofer ISC sowie Katrin Heyer für Fraunhofer ISC und Knud Dobberke für Fraunhofer ISC, Apfel auf dem Titelbild: © MEV-Verlag

© Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, Würzburg 2011

ANHANG / APPENDIX

INHALTSVERZEICHNIS ANHANG

Wissenschaftliche Vorträge und Veröffentlichungen	3 – 18
Projektübersicht	19 – 24
Patente	25 – 26
Kooperationen	27 – 32
Lehrtätigkeiten	33 – 36
Seminare des Fraunhofer ISC	37 – 38
Veranstaltungen im Fraunhofer ISC	39
Messen und Ausstellungen	40
Ausblick Messen 2011	41
Allianzen und Netzwerke	42 – 44
Mitgliedschaften und Mitarbeit in Gremien	45 – 46

APPENDIX

Scientific presentations and publications	3 – 18
Project overview	19 – 24
Patents	25 – 26
Scientific cooperations	27 – 32
Teaching activities	33 – 36
Guest speakers at the Fraunhofer ISC	37 – 38
Conferences and events held at the Fraunhofer ISC	39
Fairs and exhibitions	40
Fairs and exhibitions planned for 2011	41
Alliances and networks	42 – 44
Activities in associations and committees	45 – 46

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE UND VERÖFFENTLICHUNGEN

Bachelor-Arbeiten

Brand, Bastian:
Verifikation einer Methode zur in-situ Viskositätsmessung von Glasschmelzen.
Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Deinhardt, Anika:
Entwicklung eines Glaslotes für einen Glas-Metall-Verbund für solare Anwendungen.
Fachhochschule Jena

Rauscher, Thomas:
Herstellung und Charakterisierung von alpha-Aluminiumoxidgrünkörpern.
Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Master-Arbeiten

Herzog, Benjamin:
Vergleichende Untersuchung verschiedener Prüfverfahren an Rohren aus faserverstärktem Material.
FH Jena

Diplomarbeiten

Arnold, Michael:
Aufbau und Untersuchung eines dielektrischen Elastomer-Aktors.
Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Back, Franziska:
Siebdruckfähige Sol-Gel-Materialien mit einer temperaturbeständigen Sperrschutzschicht.
Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Biechteler, Katja:
Herstellung und Charakterisierung von magnetorheologischen Elastomeren mit chemisch an die Elastomermatrix angebundenen Partikeln.
Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Engel, Pascal:
Entwicklung eines energieverbrauchsarmen Funksensorknotens für den Einsatz in energieautarken Sensorsystemen.
Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Kouhi Anbaran, Yalda:
Entwicklung von parametrischen Lautsprechern auf Basis von Piezoelektrischen Dünnschichtwandlern.
Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Müller, Jana:
Untersuchungen zur Silizium-Infiltration von C/C Preformen.
Justus-Liebig-Universität Gießen

Obel, Kerstin:
Untersuchung zur Verwendung von Anhydriden in biodegradierbaren Hybridpolymeren.
Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Otto, Christoph
Werkstoff- und Verfahrensentwicklung zur Herstellung faserverstärkter keramischer Wickelkörper auf der Basis von Silizium Precursoren.
Hochschule Zittau Görlitz

Schibelgut, Angelina :
Untersuchung von RTM-geeigneten Harzen für das LSI-Verfahren.
Georg-Simon-Ohm Hochschule Nürnberg

Schott, Marco:
Abscheidung anodisch färbender, electrochromer Dünnschichten mittels Elektrodeposition und chemischer Nanotechnologie.
Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Somorowsky, Ferdinand:
Herstellung und Charakterisierung von nanoporösen Vycor-Gläsern mit einstellbarer Porosität für Bauanwendungen.
Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Väth, Andreas:
Entwicklung und konstruktive Gestaltung von Sensoren auf Basis dielektrischer Elastomere.
Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Wagner, Arne:
Der Einfluss von Dotierung auf das Verdichtungsverhalten (Diffusion) von Al2O3-Keramiken.
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Dissertationen

Götzendörfer, Stefan:
Synthesis of copper-based transparent conductive oxides with delafossite Structure via Sol-Gel Processing.
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Kumbar, Suresh:
ORMOCER® (inorganic-organic hybrid polymer)-zeolite nanocomposites: Advanced membrane materials for gas separation.
Universität Bayreuth

Vorträge

Amberg-Schwab, S.:
Barrierefolien: Von der Lebensmittelverpackung zur Hightech-Anwendung.
11. Wörlitzer Workshop,
Wörlitz, 9. Juni 2010

Amberg-Schwab, S.:
Cost effective production of high-barrier films for encapsulation of flexible organic electronics.
International symposium on flexible organic electronics (IS-FOE),
Halkidiki (GR), 6. – 9. Juli 2010

Amberg-Schwab, S.:
Nanoscale transparent barrier layers for technical applications.
K 2010 - Internationale Messe für Kunststoff und Kautschuk - Symposium Functional Polymeric Surfaces,
Düsseldorf, 28. Oktober 2010

Bahr, J.:
Maskless printed MIM capacitors with nanosized silver inks and barium titanate filled inorganic-organic hybrid polymers (Ocs).
MSE2010,
Darmstadt, 24. – 26. August 2010

Bellendorf, P., Glaubitt, W., Rota, S. und Schottner, G.:
A new glass consolidant - development, testing and test application.
Final international CONSTGLASS-Conference,
Romont (CH), 27. – 28. Mai 2010

Bellendorf, P., Wittstadt, K. und Meinhard, J.:
Non-invasive sample preparation with cross-section polishing (CSP).
SEM 2010 Conference,
London (UK), 9. – 10. September 2010

Bellendorf, P.:
Interdisziplinäre Forschung und Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz im Bereich der Glasmalereirestaurierung anhand praktischer Beispiele.
Fachkolloquium Glas & Licht,
Würzburg, 18. September 2010

Bellendorf, P., Roemich, H., Gerlach, S., Mottner, P., Lopez, E. und Wittstadt, K.:
Archaeological glass: The Surface and Beyond.
ICOM - Glass and Ceramics Conservation 2010, Interim Meeting,
Corning (USA), 4. – 6. Oktober 2010

Bellendorf, P.:
Der Einsatz von Dosimetern zur Überwachung der Aufstellungs- und Lagerbedingungen von Kunst- und Kulturgut.
Museum Roadshow »Grünes Museum«,
Berlin/Köln/München, 12. – 14. Oktober 2010

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE UND VERÖFFENTLICHUNGEN

Bock, A.:
Correlation of organic cross-linking behavior and optical properties of inorganic-organic hybrid polymers.
Photonics West 2010,
San Francisco, CA (USA), 23. – 28. Januar 2010

Böse, H.:
Magnetorheologische Aktoren am Fraunhofer ISC.
Fachausschusssitzung »Unkonventionelle Aktorik«,
Würzburg, 12. März 2010

Böse, H.:
CeSMa - Ziele, Inhalte, Umsetzungen.
CeSMa Workshop 2010,
Würzburg, 5. Mai 2010

Böse, H.:
Smart Fluids und deren Einsatz in semi-aktiven Dämpfungssystemen.
3. Fachtagung »Federn und Dämpfungssysteme im Fahrwerk«,
München, 6. – 7. Mai 2010

Böse, H.:
Dielektrische Elastomer-Sensoren.
Sensoren und Messsysteme,
Nürnberg, 18. – 19. Mai 2010

Böse, H.:
Novel Valve Mechanism Based on Magnetoactive Polymers;
Magnetorheological Damper with High Energy Efficiency.
11th International Conference on New Actuators & 5th International Exhibition on Smart Actuators and Drive Systems,
Bremen, 14. – 16. Juni 2010

Böse, H.:
Magnetorheological dampers with hybrid magnetic circuits.
12th International Conference on ER/MR Fluids,
Philadelphia, PA (USA), 16. – 20. August 2010

Böse, H.:
Smart Materials mit vielfältigen Anwendungen in der Adaptronik.
Veranstaltung »Adaptronik - Intelligente Materialien und Strukturen«,
Detmold, 30. September 2010

Böse, H.:
Smart Materials und Anwendungen - Neue Möglichkeiten für die Mikrotechnik.
Kolloquiumsvortrag am Institut für Mikrotechnik,
Mainz, 3. November 2010

Brunner, B.:
Großflächige Strukturüberwachung mit piezoelektrischen Wandlern.
15. ITG / GMA-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2010,
Nürnberg, 18. – 20. Mai 2010

Deichmann, K.J.:
Hybride Nanokomposite für den umweltverträglichen Korrosionsschutz.
Materialica 2010 - Nanoforum
München, 19. – 21. Oktober 2010

Domann, G.:
Sol-Gel Materialien für die gedruckte Elektronik: Hybridpolymere und anorganische Systeme.
OTTI-Seminar »Gedruckte Elektronik -dünn, flexibel, kostengünstig«,
Regensburg, 8. – 9. März 2010

Domann, G.:
Multifunktionelle hybride Barrierematerialien.
OTTI-Seminar: »Schutzmaßnahmen zur Klimasicherheit elektronischer Baugruppen«,
Regensburg, 24. – 25. März 2010

Domann, G.:
Tunable dielectrics for printable electronics based on inorganic-organic hybrid polymers.
Lope-C,
Frankfurt, 1. – 2. Juni 2010

Durschang, B.:
Development of low temperature glass seals for the packaging of temperature-sensitive glass and silicon components.
10. ESG Konferenz / 84. Glastechnische Tagung,
Magdeburg, 30. Mai – 2. Juni 2010

Ehrlich, J.:
Schwingungsreduzierung durch Magnetorheologische Flüssigkeiten und Elastomere.
Cluster-Workshop Schwingungsreduzierung in praxisnahen Anwendungen,
Höchberg, 14. April 2010

Ehrlich, J.:
Novel magnetorheological damper with improved energy efficiency.
Actuator 2010,
Bremen, 14. – 16. Juni 2010

Flegler, R.:
Materialanalytik für Forschung und Entwicklung sowie Produktion und Qualitätssicherung.
IHK Business Lunch,
Würzburg, 1. Mai 2010

Flegler, R.:
Nanoanalytik.
Clustertreffen »Nanoanalytik für Oberflächen und mehr«,
Würzburg, 16. November 2010

Gellermann, C.:
Füll- und Effektstoffe. Duroplastische Nanokomposite, Medizinische und dentale Anwendungen.
Dechema Fortbildung »Chemische Nanotechnologien«,
Würzburg, 15. – 16. April 2010

Gellermann, C.:
ORMOBEAD® Rare - First generation of luminescent nanoparticles for biomedical applications.
Particles 2010,
Lake Buena Vista, Florida (USA), 21. – 26. Mai 2010

Gellermann, C.:
Potenziale von Nanopartikeln und Membranen für die Wasser-/Abwasserbehandlung.
2. nano meets water,
Oberhausen, 11. November 2010

Gerhard, M.:
$SiBN_3C$-Precursors - from pre-polymers to ceramic fibres.
12tes JCF-Frühjahrssymposium,
Göttingen, 17. – 20. März 2010

Haas, K.-H.:
Nanotechnologien für Lacke: Multifunktionalität auf moleku»»larer Ebene.
Festkolloquium Verabschiedung Prof. Eisenbach/Dr. Öchsner,
Stuttgart, 26. Februar 2010

Haas, K.-H.:
Nanotechnologie: Nutzen von größenabhängigen Eigenschaften im Polymerbereich.
Fachtagung Nanotechnologien für die Kunststofftechnik,
Würzburg, 17. – 18. März 2010

Haas, K.-H.:
Nanoskalige anorganisch-organische Hybridpolymere.
Dechema Fortbildung »Chemische Nanotechnologien«,
Würzburg, 16. April 2010

Haas, K.-H.:
Nanopotenziale in der Produktion.
Orientierungsseminar: Nano-Produktion und -Verarbeitung - Spielregeln für einen sicheren Umgang, Frankfurt, 20. April 2010

Haas, K.-H.:
Gastvortrag Nanotechnologie.
HydroAkademie Dornbirn,
Dornbirn, 21. – 22. April 2010

Haas, K.-H.:
Innovative Produkte mit Nanotechnologie.
2. IHK Innovations-Lunch,
Würzburg, 19. Mai 2010

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE UND VERÖFFENTLICHUNGEN

Haas, K.-H.:
Nanotechnology Value Chains.
Nano2market Seminar (EU),
Brüssel (B), 10. Juni 2010

Haas, K.-H.:
Multifunktionelle Oberflächen durch Nanotechnologie.
Clustertreffen Oberflächenveredelung durch Nanotechnolgie,
Würzburg, 17. Juni 2010

Haas, K.-H.:
Nanotechnologien für Kunststoffoberflächen.
NT für Kunststoffe,
Darmstadt, 15. Juli 2010

Haas, K.-H., Ballweg, T., Gellermann, C.:
Novel hybrid polymer capsules via microextrusion and UV-curing.
Materials Science and Engineering Congress,
Darmstadt, 24. – 26. August 2010

Haas, K.-H.:
Zukunftsaspekte der Nanotechnologien.
1. Runder Tisch der Nanotechnologie, Fh-Forum
Berlin, 24. September 2010

Haas, K.-H.:
Nanotechnologie, Chancen, Anwendungen und Risiken.
F+E Tagung Innovative Werkstofftechnologien für die M+E Industrie, VBM-Vortragsreihe (Verband der Bayerischen Metall- u. Elektroindustrie),
Nürnberg, 19. Oktober 2010
Würzburg, 18. November 2010
Bamberg, 25. November 2010
Augsburg, 29. November 2010
Straubing, 2. Dezember 2010
München, 9. Dezember 2010

Hopp, W.:
Vergleich zwischen RFA und nasschemischen Methoden in der Silicatanalyse.
Symposium Röntgenfluoreszenzanalyse,
Fulda, 8. – 9. Juni 2010

Houbertz, R.:
Kostenreduktion und Prozessbeschleunigung durch Multifunktionalität von Hybridmaterialien.
19. Diskussionstagung »Anorganisch-Technische Chemie«,
Frankfurt, 18. – 19. Februar 2010

Houbertz, R.:
ORMOCER®e der nächsten Generation in industriellen Prozessen
- Hybridmaterialien für Mikrosysteme und Mikromedizin
- Kostenreduktion und Prozessbeschleunigung durch Multifunktionalität.

3. Sol-Gel-Tagung: Oberflächenveredelung durch Nanotechnologie
Würzburg, 28. – 29. September 2010

Kilo, M., Diegeler, A.:
Development of a high-throughput glass screening apparatus with in-situ characterisation.
10. ESG Konferenz / 84. Glastechnische Tagung,
Magdeburg, 30. Mai – 2. Juni 2010

Kilo, M.:
Development of new glass systems using a high-throughput glass screening apparatus.
Materials Science and Engineering Congress,
Darmstadt, 24. – 26. August 2010

Kilo, M.:
Hochbrechende, bleifreie Gläser.
Cluster Forum »Neue Funktionalitäten mit Glas«,
Nürnberg, 25. November 2010

Krauß, M.:
Freiformbiegen von Flachglas.
Workshop »Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen«,
Hannover, 14. April 2010

Krauß, M.:
Niedertemperaturfügen von Glas und Glaskeramik für Optik und Präzisionsmechanik.
Achtes Symposium Zukunft Glas,
Zwiesel, 21. – 22. April 2010

Krauß, M.:
Development of the measuring technique to temperature control with flexible bending of flat glass.
10. ESG Konferenz / 84. Glastechnische Tagung,
Magdeburg, 30. Mai – 2. Juni 2010

Kron, J.:
Hybride Nanokomposite für den umweltverträglichen Korrosionsschutz.
3. Sol-Gel-Tagung: Oberflächenveredelung durch Nanotechnologie,
Würzburg, 17. Juni 2010

Kron, J.:
Hybride Nanokomposite für den umweltverträglichen Korrosionsschutz.
Nanoforum,
München, 21. Oktober 2010

Langenbacher, M., Löbmann, P.:
Einsatz der Sol-Gel-Technologie bei der Entwicklung eines neuartigen Restfeuchtesensors.
3. Sol-Gel-Tagung: Oberflächenveredelung durch Nanotechnologie,
Würzburg, 28. – 29. September 2010

Löbmann, P.:
Perspektiven eines Chemiestudiums: Beispiele aus der Chemischen Nanotechnologie.
Gymnasium Hünfeld,
Hünfeld, 1. Februar 2010

Löbmann, P.:
Patterned deposition of transparent and conductive layers new pathways towards cost efficient manufacturing techniques.
Photovoltaics & Printed Electronics Europe,
Dresden, 13. – 14. April 2010

Löbmann, P.:
p-type TCO thin films by sol–gel processing.
Photovoltaics & Printed Electronics Europe,
Dresden, 13. – 14. April 2010

Löbmann, P.:
Transparente leitfähige Schichten - Herstellung durch Sol-Gel-Verfahren.
DECHEMA-Weiterbildungskurs »Chemische Nanotechnologie - Synthesen, Materialien, Anwendungen«,
Würzburg, 15. – 16. April 2010

Löbmann, P.:
Herstellung p-leitfähiger transparenter Delafossitschichten durch Sol-Gel Verfahren.
EFDS-Workshop »Transparente leitfähige Oxide - Festkörperphysikalische Grundlagen und Technologie«,
Dresden, 1. – 2. Juni 2010

Löbmann, P.:
P-type TCO films prepared by chemical nanotechnology:
Status and Perspectives.
Rusnanotech Nanotechnology International Forum 2010,
Moskau (RU), 1. – 3. November 2010

Löbmann, P.:
Transparent leitfähige Schichten (TCO) - Grundlagen der Herstellungsprozesse.
OTTI-Fachtagung »Transparent leitfähige Schichten (TCO)«,
Neu-Ulm, 9. – 11. November 2010

Meinhardt, J.:
Analytische Verfahren zur Charakterisierung von Sol-Gel-Materialien.
3. Sol-Gel-Tagung: Oberflächenveredelung durch Nanotechnologie,
Würzburg, 28. – 29. September 2010

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE UND VERÖFFENTLICHUNGEN

Möller, K.-C.:
Elektrolyte in Li-Akkus -- Stand der Technologie und deren Weiterentwicklung.
Workshop Elektrochemische Energiespeicher und Wandlersysteme,
Hanau, 11. Februar 2010

Möller, K.-C.:
Electrochemical energy storage with mixed battery-supercap systems.
3. Entwicklerforum Akkutechnologien,
Aschaffenburg, 13. – 15. April 2010

Möller, K.-C.:
Combining batteries and supercaps - high energy vs. high power.
2010 International Conference on Advanced Capacitors - ICAC 2010,
Kyoto (JP), 31. Mai – 2. Juni 2010

Möller, K.-C.:
Lithium-Ion batteries: From materials to applications.
1st International Conference on Materials for Energy,
Karlsruhe, 4. – 8. Juli 2010

Möller, K.-C.:
Sichere Batterien - was kann die Materialforschung beitragen?
Innovationstag »Elektromobilität - neueste Trends«,
Bad Neustadt a. d. Saale, 20. Juli 2010

Möller, K.-C.:
Novel material concepts for electrochemical energy storage systems.
Batteries 2010,
Cannes-Mandelieu (F), 29. September – 1. Oktober 2010

Möller, K.-C.:
Batterien für die Elektromobilität - Herausforderungen für die Materialforschung.
Erste Bayerische Elektromobilitätstage,
Würzburg, 14. – 15. November 2010

Müller, Th.
Modelling of the microstructure of sintered ceramics for finite element simulations of their electrical properties.
Fifth International Conference Multiscale Materials Modelling MMM 2010,
Freiburg, 4. – 8. Oktober 2010

Popall, M.:
Inorganic-organic hybrid polymers, ORMOCER®s, for application in electronics and photonics.
Vortrag bei OSRAM im Seminar »Science and Coffee«,
Regensburg, 22. Januar 2010

Popall, M.:
Inorganic-organic hybrid polymers, ORMOCER®s, for application in electronics and Pphotonics.
EITI-Crazy Guy Meeting,
Freiburg, 12. – 13. März 2010

Popall, M. (Symposium Chair):
Better performance of nickel-metal-hydride batteries based on inorganic-organic hybrid nano-coated electrodes.
ISPE-12, Int. Symposium on Polymer Electrolytes,
Padua (I), 29. August – 3. September 2010

Popall, M.:
Inorganic-organic hybrids - ORMOCER®s - multifunctional materials for cost reduction and better performance of processing.
Korea University,
Sejong-Campus, 20. September 2010

Popall, M.:
Inorganic-organic hybrid polymers, ORMOCER®s, for optic and photonic applications.
ISAOP/ISSM Conference (Int. Symp. on Advanced Organic Photonics/Int. Symp. on Super-hybrid Materials),
Tokio (JP), 28. – 30. September 2010

Popall, M (Symposium Chair):
Inorganic-Organic Hybrids - ORMOCER®s - multifunctional materials for cost reduction and better performance of processing.
ICC3, 3rd International Congress on Ceramics,
Osaka (JP), 14. – 15. November 2010

Posset, U.:
Smart Plastics - Elektrochrome Schichten und Systeme.
OTTI-Fachforum »Aktive Oberflächen und Schichtsysteme«,
Regensburg, 10. – 11. März 2010

Posset, U.:
In-situ chemically polymerized PEDOT films: processing and properties.
9th International Meeting on Electrochromism,
Bordeaux (F), 5. – 8. September 2011

Probst, J.:
Hybride bioaktive Werkstoffe aus Siloxanen.
Materials Valley Workshop »Bioaktive Materialien und das Zellwachstum stimulierende physkalische Methoden«,
Hanau, 21. Januar 2010

Probst, J.:
Lumineszierende Nanopartikel für die medizinische Diagnostik.
Jahrestagung BioMST,
Birlinghoven, 11. November 2010

Raether, F.:
Energie- und Kostenreduktion bei der Wärmebehandlung von Keramiken.
Symposium Simulation und Modellierung von Fertigungsprozessen,
Erlangen, 30. November – 1. Dezember 2010

Rüdinger, A.:
Aqueous slurries for oxide ceramic composites. Correlation between mechanical properties and composition of the Al2O3 powder.
7th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites (HT-CMC7),
Bayreuth, 20. – 22. September 2010

Rota, S.:
Zusammenarbeit - Synergien im Kulturgüterschutz.
4. Wertheimer Glastage 2010 (22.-24.09.2010),
Bronnbach, 22. – 24. September 2010

Schottner, G.:
Applications of nanostructured inorganic and hybrid thin films.
European Conference on Nano Films,
Liège (B), 22. – 25. März 2010

Schottner, G.:
Stand und Bedeutung der Oberflächentechnik.
OTTI-Fachforum »Aktive Oberflächen und Schichtsysteme«,
Regensburg, 10. – 11. März 2010

Sextl, G.:
Chemische Technologie der Materialsynthese als Schlüssel zu innovativen Werkstoffen - Einsatzfelder und Kooperationen.
Hochschule und Wirtschaft in Unterfranken - Wachstum durch Innovation!,
Würzburg, 8. Juli 2010

Sextl, G.:
Silicium-Verbindungen als Schlüssel zu innovativen Werkstoffen.
Anorganisch-Chemisches Kolloquium der TU Dresden und des MPI Dresden,
Dresden, 13. Juli 2010

Sextl, G.:
Ceramic fibers of the next generation.
7th Internation Conference on High Tempe-ature Ceramic Matrix Composites HT-CMC7,
Bayreuth, 20. – 22. September 2010

Spaniol, H.:
Entwicklungsstand von SiBNC-Fasern – Eigenschaften und Potential.
Arbeitskreis »Verstärkung keramischer Werkstoffe«,
Bremen, 4. – 5. März 2010

Sporn, D.:
Smart Materials - Research and Application.
3. Kongress mit Fachausstellung - Innovations in Microsystems,
München, 16. – 17. März 2010

Sporn, D.:
Smart Materials - Entwicklungen und industrielle Anwendungen.
Mechatronic Karlsruhe 2010,
Karlsruhe, 19. – 20. Mai 2010

Sporn, D.:
Advanced ceramic fibers.
CIMTEC 2010,
Montecatini Terme (I), 6. – 11. Juni 2010

Sporn, D.:
Aktive Werkstoffe - Eigenschaften und Anwendungen.
Kooperationsforum Automotive,
Köln, 29. Juni 2010

Sporn, D.:
Thin Film Technology for Nanoscaled Cathodes.
Workshop for Graduate Students »Functional nanostructures applied in energy storage and energy conversion systems«,
Karlsruhe, 6. – 7. Juli 2010

Sporn, D.:
Steuerbare aktive Werkstoffe.
Nano-Mat-Trend-Seminar,
Weinheim, 5. – 6. September 2010

Sporn, D.:
Polymer derived ceramic fibers.
7th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites (HT-CMC7),
Bayreuth, 20. – 22. September 2010

Staab, T.:
The effect of dopants on the local atomicstructure and the sintering behavior of bismuth sodium titanate.
Materials Science and Engineering Congress,
Darmstadt, 24. – 26. August 2010

Staab, T.
Optimising the debinding and sintering of ceramics with respect to an energy efficient heat treatment.
11th International Conference on Ceramic Processing Science,
Zürich (CH), 29. August – 2. September 2010

Steenhusen, S.:
3D sub-diffraction limit patterning of hybrid polymers with visible and infrared laser pulses.
LPM 2010 (Laser Precision Microfabrication),
Stuttgart, 7. – 10. Juni 2010

Stichel, T.:
Two-photon polymerization as method for the fabrication of large scale biomedical scaffold applications.
LPM 2010,
Stuttgart, 7. – 10. Juni 2010

Wolter, H. und Maletz, R.:
Innovative Hybridpolymere / Nanokomposite für den komplexen Aufbau wurzel-behandelter Zähne.
3. Sol-Gel-Tagung: »Oberflächenveredelung durch Nanotechnologie«
Würzburg, 28. – 29. September 2010

Poster

Amberg-Schwab, S.:
Funktionalisierung von Filtermedien für die Luft- und Partikelfiltration mit wasserbassierten anorganisch-organischen Beschichtungssolen.
Aachen-Dresden International Textile Conference 2010,
Dresden, 25. – 26. November 2010

Beyer, M., Platte D.:
Photo curable molecules for use in biodegradable hybrid polymers.
Macro 2010,
Glasgow (UK), 11. – 16. Juli 2010

Beyer, M.:
Photo curable molecules for use in biodegradable hybrid polymers.
Chemie-Symposium der Studierenden Mainfrankens - ChemSyStM 2010,
Würzburg, 7. Dezember 2010

Brockmann, N.:
Composite coatings composed of hybrid polymers and zeolites.
Chemie-Symposium der Studierenden Mainfrankens - ChemSyStM 2010,
Würzburg, 7. Dezember 2010

Dembski, S.:
Nanoparticle based immunodetection of the tumor marker CD30.
Symposium: Trends in der Onkologie,
Heidelberg, 11. März 2010

Dembski, S.:
Rare-earth doped inorganic luminescent nanoparticles:
Fabrication, functionalization, and applications.
E-MRS 2010 Spring Meeting,
Straßburg (F), 7. – 11. Juni 2010

Dembski, S.:
Inorganic and hybrid luminescent nanoparticles for diagnostics.
Rusnanotech 2010,
Moskau (RU), 1. – 3. November 2010

Häusler, F., Wolter, H., Nique, S., Storch, W., Maletz, R.:
Self-curing monomer-free ORMOCER®-resins for dental application.
IADR General Session,
Barcelona (E), 14. – 17. Juli 2010

Kilo, M.:
Preparation and characterisation of SiO_2-doped $LiNbO_3$ glasses.
10. ESG Konferenz / 84. Glastechnische Tagung,
Magdeburg, 30. Mai – 2. Juni 2010

Nöth, A.:
Large diameter polymer-derived SiC-fibers.
7th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix
Composites (HT-CMC7),
Bayreuth, 20. – 22. September 2010

Nöth, A.:
Development and characterization of high performance $SiBN_3C$ fibers.
7th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix
Composites (HT-CMC7),
Bayreuth, 20. – 22. September 2010

Obel, K.:
Application of anhydrides in biodegradable hybrid polymers for biomedical purposes.
Chemie-Symposium der Studierenden Mainfrankens - ChemSyStM 2010,
Würzburg, 7. Dezember 2010

Platte D.:
Encapsulation of inorganic phase-change materials through Michael Addition of thios to acrylates.
Marco 2010,
Glasgow (UK), 11. – 16. Juli 2010

Platte, D.:
Encapsulation of inorganic phase-change materials through step growth Michael Addition of thiols to acrylates.
Chemie-Symposium der Studierenden Mainfrankens - ChemSyStM 2010,
Würzburg, 7. Dezember 2010

Rota, S., Leissner, J.:
Environmental Impact (Glass) Sensors.
7th Biennial of Heritage Restoration and Management,
Valladolid (E), 10. – 14. November 2011

Rupp, S., Gellermann, C. und Popall, M.:
Nanoscaled $BaTiO_3$ for ferroelectric and piezoelectric devices.
EMR-S Spring Meeting,
Straßburg, 7. – 11. Juni 2010

Schmitt, V.:
Synthesis and sintering behavior of cobalt-doped lead-free piezoceramic bismuth sodium titanate.
Chemie-Symposium der Studierenden Mainfrankens - ChemSyStM 2010, Würzburg, 6. Dezember 2010

Seyfried, M., Wolter, H., Nique, S., Häusler, F., Maletz, R., Krumme, W.:
Novel acid functionalized ORMOCER®s as self-etching adhesives for dental application.
IADR General Session,
Barcelona (E), 14. – 17. Juli 2010

Steenhusen, S.:
Multi-photon-polymerization of inorganic-organic hybrid polymers using visible or IR ultra-fast laser pulses for optical or (opto-)electronic devices.
Photonics West 2010,
San Francisco, CA (USA), 23. – 28. Januar 2010

Steenhusen, S.:
Multi-photon-polymerization of inorganic-organic hybrid polymers using visible or IR ultra-fast laser pulses for optical or (opto-)electronic devices.
Chemie-Symposium der Studierenden Mainfrankens - ChemSyStM 2010, Würzburg, 7. Dezember 2010

Troetschel, D.:
Photopatternable piezoelectric thin films for microsystemstechnology.
Chemie-Symposium der Studierenden Mainfrankens - ChemSyStM 2010, Würzburg, 7. Dezember 2010

Veröffentlichungen

Amberg-Schwab, S.:
Barrierefolie von der Rolle.
Fraunhofer-Magazin 12 (2010) 60-61

Bellendorf, P.:
Neue Schadstoffsensoren für ein besseres Mikroklima in Vitrinen.
Restauro - Forum für Restauratoren, Konservatoren und Denkmalpfleger - 1 (2010) 23

Bellendorf, P.:
Pilotprojekt am Xantener Dom. Erforschung der Auswirkung von Schutzverglasungen.
Restauro - Forum für Restauratoren, Konservatoren und Denkmalpfleger - 8 (2010) 494

Bernardi, A., Grieken R., Römich, H., Mottner P., Lefevre, R. A., Verita, M., Bellio, M., Pallot Frossard, I., Roelleke, S., Brinkmann, U.:
VIDRIO - Determination of conditions to prevent weathering due to condensation, particle deposition and microorganism growth on ancient stained glass windows with protective glazing.
Preserving our heritage, Improving our environment
- Cultural heritage research: FP5, FP6 and related projects
Volume II, Chapter 4
ISBN 978-92-79-09029-5
EUR 22050 EN 2 (2010) 112-113

Bornschein, F.; Torge, M.; Drewello, R.; Bellendorf, P.; Wetter, N.; Sterzing, N.; Hahn, O.:
Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten -
Ein Projekt der Kulturstiftung des Bundes.
Restauro - Forum für Restauratoren, Konservatoren und Denkmalpfleger - 5 (2010) 320-325

Brinkmann, U., Caen, J., Jacobs, P., Karaszkiewicz, P., Mottner, P., Pallot-Frossard, I., Seliger, L., Tennent, N., Trümpler, S., Warscheid, T., and Zanini, F.:
The CONSTGLASS project: Screening of conservation campaigns and materials development for the sustainable preservation of European stained-glass windows.
The art of collaboration - stained glass conserveration in the twenty-first century - Corpus Vitrearum United States of America Occasional Papers II, ed. M.B. Shepard, L. Pilosi, S. Strobl; Harvey Miller Publishers, London/ Turnhout (2010) 144-150

Bywalez, R., Götzendörfer, S., and Löbmann, P.:
Structural and physical effects of Mg-doping on p-type $CuCrO_2$ and $CuAl_{0,5}Cr_{0,5}O_2$ thin films.
Journal of Materials Chemistry 20 (2010) 6562-6570

Dahlin, E., Odlyha, M., Scharff, M., Andrade, G., Mottner, P., Czop, J., and Colombini, P.:
PROPAINT - Improved protection of paintings during exhibiton, storage and transit. Preserving our heritage, Improving our environment
- Cultural heritage research: FP5, FP6 and related projects
Volume II, Chapter 4
ISBN 978-92-79-09029-5 / EUR 22050 EN 2 (2010) 106-107

Dembski, S., Gellermann, C., Probst, J., Klockenbring, T. and Barth, S.:
Multifunctional Nanoparticles for Biomedical Applications.
G.I.T. Laboratory Journal Europe, 11-12 Vol 14 (2010) 9-10

Dembski, S., Rupp, S., Milde, M., Gellermann, C., Dryba, M., Schweizer, S., Batentschuk, M., Osvet, A. and Winnacker, A.:
Synthesis and optical properties of luminescent core-shell structured silicate and phosphate nanoparticles.
Optical Materials; online publication 27.11.2010; DOI information: 10.1016/J.optmat.2010.10.036 Materials (2010)

Dietzel, Y., Amberg-Schwab, S. und Heidenreich, R.:
Funktionalisierung von Filtermedien für die Luftfiltration mit nanoskaligen anorganisch-organischen Beschichtungssolen.
AVR-Berichte (Allgemeiner Vliesstoff-Report 2010) (2010)

Drewello, R.; Kleine, M. und Bellendorf, P.:
Das mittelalterliche Mosefenster in St. Jakob in Straubing im Schnittpunkt von Wissenschaft, Konservierung und topographischer Dokumentation.
The Art of Collaboration Stained-Glass Conservation in the Twenty-First-Century, Harvey Miller Publisher, London (2010) 183-190

Duluard, S., Ouvrard, B., Celik-Cochet, A., Campet, G., Posset, U., Schottner, G. and Delville, M.-H.:
Comparison of PEDOT films obtained via three different routes through spectroelectrochemistry and the differential cyclic voltabsorptometry method (DCVA).
J. Phys. Chem. B 114 (2010) 7445-7451

Grontoft, T., Odlyha, M., Mottner, P., Dahlin, E., Lopez-Aparicio, S., Jakiela, S., Scharff, M., Andrade, G., Obarzanowski, M., Ryhl-Svendsen, M., Thickett, D., Hackney, S., and Wadum, J.:
Pollution monitoring by dosimetry and passive diffusion sampling for evaluation of environmental conditions for paintings in microclimate frames.
Journal Cultural Heritage 11 (2010) 411-419

Houbertz, R., Steenhusen, S., Stichel, T., and Sextl, G.:
Two-Photon polymerization ofinorganic-organic hybrid polymers as scalable technology using ultra-short laser pulses.
Coherence and Ultrashort Pulse Laser Emission; Book edited by F.J.Duart; Publisher: In-Tech; December 2010; available from www.intechopen.com
ISBN-978-953-307-242-5 (2010)

Krüger, R., Löbmann, P.:
Atmospheric control of gel-oxide transformation in sol-gel derived Al_2O_3-Y_2O_3 fibers.
J. Sol-Gel Sci. Technol. 55 (2010) 9-14

Kumbar, S., Selvam, T, Gellermann, C., Storch, W., Ballweg, T, Breu, J. and Sextl, G.:
ORMOCER®s (organic-inorganic hybrid copolymers)-zeolite BETA (BEA) nanocomposite membranes for gas separation applications.
Journal of Membrane Science, Vol. 347, Issues 1-2 347 (2010) 132-140

Lopez-Aparicio, S., Grontoft, T., Odlyha, M., Dahlin, E., Mottner, P., Thickett, D., Ryhl-Swendsen, M., Schmidbauer, N., and Scharff, M.:
Measurement of organic and inorganic pollutants in microclimate frames for paintings.
e-Preservation Science 7 (2010) 59-70

Mottner, P.:
A universe of iron and steel.
European Commission: Preserving our heritage, Improving our environment -20 year EU research into cultural heritage,
ISBN 978-92-79-09027-1 1 (2010) 22

Mottner, P., Czerner, R., Haber, G., Turner R., and Brueggerhoff, S.:
CONSIST - Comparision of conservation materials and strategies for sustainable exploitation of immovable industrial cultural heritage made of iron and steel. Preserving our heritage, Improving our environment
- Cultural heritage research: FP5, FP6 and related projects, Volume II, Chapter 2
ISBN 978-92-79-09029-5, EUR 22050 EN 2 (2010) 30-31

Römich, H., Kockott, D., Lavedrine, B., Buxton, R., Bacci, M., Graham, M., and Dvorak, M.:
LIDO -A light dosimeter for monitoring cultural heritage: development, testing and transfer to market.
Preserving our heritage, Improving our environment - Cultural heritage research: FP5, FP6 and related projects, Volume II, Chapter 4
ISBN 978-92-79-09029-5, EUR 22050 EN 2 (2010) 87-88

Römich, H.:
Taming light (LIDO).
European Commission: Preserving our heritage, Improving our environment - 20 year EU research into cultural heritage, Volume I.
ISBN 978-92-79-09027-1 1 (2010) 16

Rota, S.:
Internationales Zentrum für Kulturgüterschutz und Konservierungsforschung IZKK - Austauschen - Forschen - Konzentrieren.
Bausubstanz -Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege 1 (2010) 54-55

Schottner, G., Metzlaff, H., Radler, A., Brinkmann, U., Pallot-Frossard, I., Karaszkiewicz, P., Seliger, L., Truempler, S., Caen, J., Tennent, N. H., Jacobs, P., Zanini, F., and Warscheid, T.:
CONSTGLASS - Conservation materials for stained glass windows - assessment of treatment, studies on reversibility and performance of innovative restoration strategies and products.
Preserving our heritage, Improving our environment
- Cultural heritage research: FP5, FP6 and related projects
Volume II, Chapter 4
ISBN 978-92-79-09029-5 / EUR 22050 EN 2 (2010) 74-76

Stegmeier, S., Fleischer, M., Tawil, A., Hauptmann, P., Egly, K., and Rose, K.:
Sensing mechanism of room temperature CO_2 sensors based on primary amino groups.
Sensors and Actuators B, online publication date 22 January 2010

Szyszka, B., Löbmann, P., Georg, A., May, C. and Elsässer, C.:
Development of new transparent conductors and device applications utilizing a multidisciplinary approach.
Thin Solid Films 518 (2010) 3109-3114

Wang, C., Meinhardt, J., and Löbmann, P.:
Growth mechanism of Nb-doped TiO_2 sol-gel multilayer films characterized by SEM and focus/defocus TEM.
Journal of Sol-Gel-Science and Technology, Vol. 53, Issue 2 53 (2010) 148-153

Tagungsbände

Bellendorf, P., Roemich, H., Gerlach, S., Mottner, P., Lopez, E., Wittstadt, K.:
Archaeological Glass: The Surface and Beyond.
Glass & Ceramics Conservation 2010
Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Working Group
October 03-06, 2010, Corning, New York, USA
ISBN: 978-0-87290-182-7 (2010) 137-144

Bock, A., Houbertz, R., and Sextl, G.:
Correlation of organic cross-linking behavior and optical properties of inorganic-organic hybrid polymers.
Proceedings Photonics West 2010 (2010)

Brunner, B.
Großflächige Strukturüberwachung mit piezoelektrischen Wandlern.
Tagungsband zur 15. ITG/GMA-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2010, Nürnberg, S. 5

Dembski, S., Klockenbring, T., Gellermann, C., Kampmeier, F., Breuer, B., Hansen, H. und Barth, S.:
Nanoparticle-based immunodetection of the tumor marker CD30.
Tagungsband Trends in der Onkologie;
11. März 2010, Heidelberg

Domann, G.:
Multifunktionelle hybride Barrierematerialien.
Tagungsunterlagen (CD) zu OTTI-Seminar: Schutzmaßnahmen zur Klimasicherheit elektronischer Baugruppen (2010)
Domann, G.:
Sol-Gel Materialien für die gedruckte Elektronik: Hybridpolymere und anorganische Systeme.
Tagungsunterlagen (CD) zu OTTI-Seminar: Gedruckte Elektronik - dünn, flexibel, kostengünstig (2010)

Domann, G., Spitzlei, C., Kraxner, J., Palfinger, U. and Stadlober, B.:
Tunable dielectrics for printable electronics based on inorganic-organic hybrid polymers.
Tagungsband Lope-C (2010)

Gieser, H.A., Wolf, H., Bonfert, D., Hengelmann, H., Zöllmer, V., Werner, Ch., Domann, G., Bahr, J., Curran, B., Ndip, I. and Bock, K.:
Rapid prototyping of electronic modules combining aerosol printing and ink jet printing.
Proceedings Electronics System Integration Technology Conference ESTC 2010, Berlin, 13.-16. September 2010

Götzendörfer, S. und Löbmann, P.:
p-type TCO thin films by sol-gel processing.
Tagungsband Photovoltaics & Printed Electronics Europe 2010

Götzendörfer, S. und Löbmann, P.:
Herstellung p-leitfähiger transparenter Delafossitschichten durch Sol-Gel-Verfahren.
Tagungsband zu EFDS-Workshop (Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.) Transparente leitfähige Oxide - Festkörperphysikalische Grundlagen und Technologie (Kurzfassungen der Beiträge) (2010)

Haas, K.-H.:
Nanotechnologien: Nutzen von größenabhängigen Eigenschaften im Polymerbereich.
Tagungsband Fachtagung Nanotechnologien für die Kunststofftechnik (SKZ) (2010)

Haas, K.-H.:
Nanotechnologie ist grün und nachhaltig.
Mediaplanet Beilage Nanotechnologie »Die Welt« vom 26. Juni 2010 (2010) 6
Häusler, F., Wolter, H., Nique, S., Storch, W., and Maletz, R.:
Self-curing monomer-free ORMOCER®-resins for dental application.
Proceedings, IADR General Session, Barcelona 2010

Kilo, M.
Hochbrechende, bleifreie Gläser.
Tagungsband zum Cluster Forum »Neue Funktionalitäten mit Glas«, Nürnberg, 25. November 2010

Krauß, M.:
Niedertemperaturfügen von Glas und Glaskeramik für Optik und Präzisionsmechanik.
Tagungsband zum Achten Symposium Zukunft Glas, Zwiesel, 4 (2010) 113-122

Müller, Th.
Modelling of the microstructure of sintered ceramics for finite element simulations of their electrical properties.
Tagungsband zur Fifth International Conference Multiscale Materials Modelling MMM 2010

Palfinger, U., Auner, C., Gold, H., Haase, A., Kraxner, J., Haber, T., Sezen, M., Grogger, W., Domann, G., Jakopic, G., Krenn, J. R., and Stadlober, B.:
Fabrication of n- and p-type organic thin film transistors with minimized gate overlaps by self-aligned nanoimprinting.
Adv. Mater. 2010, published online 29. September 2010

Raether, F.:
Energie- und Kostenreduktion bei der Wärmebehandlung von Keramiken.
Tagungsband Symposium Simulation und Modellierung von Fertigungsprozessen, Erlangen 2010

Seyfried, M., Wolter, H., Nique, S., Häusler, F., Maletz, R., and Krumme, W.:
Novel acid functionalized ORMOCER®s as self-etching adhesives for dental application.
Proceedings IADR General Session, Barcelona 2010

Steenhusen, S., Houbertz, R., and Sextl, G.:
3D sub-diffraction limit patterning of hybrid polymers with visible and infrared laser pulses.
Tagungsband LPM2010 (Laser Precision Microfabrication)

Steenhusen, S., Stichel, Th., Houbertz, R., and Sextl, G.:
Multi-photon polymerization of inorganic-organic hybrid polymers using visible or IR ultrafast laser pulses for optical or optoelectronic devices.
Proceedings Photonics West, Vol. 7591, 759114 (2010)

Stichel, T., Houbertz, R., Hecht, B.:
Two-photon polymerization as method for the fabrication of large scale biomedical scaffold applications.
Tagungsband LPM 2010 (Laser Precision Microfabrication)
JLPS-The Japan Laser Processing Society published a new issue, Vol. 5, No. 3 of the Online Journal titled »JLMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering«. http://www.jlps.gr.jp/jlmn/index.php (2010)

Schuster, K., Kobelke, J., Rose, K., Helbig, M., Zoheidi M, and Heinze, A.:
Innovative fiber coating systems based on organic modified ceramics.
Proceedings of SPIE 7598 (2010)

Szyszka, B., Löbmann, P., May, C., Götzendörfer, S., Ulrich, S., Polenzky, C., Ruppel, L., Thomas, M., and Klages, C.-P.:
Patterned deposition of transparent and conductive layers – new pathways towards cost efficient manufacturing techniques.
Tagungsband Printed Electronics Europe (PEE) 2010

High-Temperature Materials
Energy Radiated To Space
Heat Flux

Geschäftsfeld Oberflächen und Schichten
Business Unit Surfaces and Coatings

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)

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 (MPG/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 organiclow 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 MAVO (FhG)

Multifunktionale Membrankissenkonstruktionen (FhG)

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. – Innovative Research for Market Transfer. (EU)

NET-HERITAGE/ERA-NET: – European network on Research Programme applied to the Protection of Tangible Cultural Heritage (is the first significant initiative ever attempted to coordinate national RTD programmes of European countries and support the European RTD Programmes in the field of research applied to the Protection of Tangible Cultural Heritage) (EU)

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

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)

Geschäftsfeld Energietechnik
Business Unit Energy Technology

Energiespeicherung
Energy storage

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)

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)

Mobile Energieversorgung
Mobile energy supply

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

Geschäftsfeld Glas und Keramik
Business Unit Glass and Ceramics

Keramische Fasern
Ceramic fibers

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)

Glas
Glass

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)

Inhärent sichere Keramikherstellung
Inherently safe ceramics production

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

Herstellung großformatiger Bauteile aus Nichtoxidkeramik durch Einsatz optimierter Formgebungsverfahren und Mikrostruktur-Eigenschafts-simulation (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)

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)

Mess- und Prozesstechnik
Measuring and process technology

Aufbau eines Multiplen Hochtemperatur-Prüffeldes für Materialuntersuchungen unter kontrolliertem Sauerstoffeinfluss (MWVLW und ECREF)

MUHOPF – Aufbau eines multiplen Hochtemperatur-Prüffeldes für Materialuntersuchungen unter kontrolliertem Sauerstoffeinfluss; Innovationscluster Metall, Keramik, Kunststoff und Oberflächentechnik des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirdschaft und Weinbau und des Europäischen Feuerfestzentrums 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 Thermo-optischer Messverfahren

Geschäftsfeld Mikrosystemtechnik
Business Unit Microsystems

Optische Aufbau- und Verbindungstechnik
Optical packaging

Functionalized Advanced Materials Engineering of Hybrids and Ceramics (EU)

Nanochemistry and self-assembly routes to nanomaterials (EU)

Extrem flache Kamerasysteme für Anwendungen im Automobil (BMBF)

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)

Mikro- und Polymerelektronik
Micro and polymer electronics

Printable pyroelectrical and piezoelectrical large area sensor technology (EU)

Evaluierung der Nano-Imprint Technologie für die Herstellung von »sub 35 nm IC« – Teilprojekt Entwicklung von low-k-Dielektrika für die Nano-Imprint-Lithographie auf Basis von anorganisch-organischen Hybridpolymeren (BMBF)

Aerosolgedruckte Dünnfilmschaltungen für den elektrischen Funktionstest hochperformanter integrierter Schaltungen – Aerosol Printed Loadboard (FhG)

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 ORMOCER®-matrices and layers including relevant thin-film and micro-technology of ISC (FhG)

Geschäftsfeld Life Science
Business Unit Life Science

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

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)

Nanopartikelbasierte 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)

Mikroverkapselung von Wirkstoffen (ZIM)

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

Entwicklung eines bioresorbierbaren Kieselgelfaservlieses mit Wirkstoff-Freisetzung zur Versorgung schlecht heilender Wunden

Dentalmedizin
Dental medicine

Entwicklung einer innovativen Werkstofflösung für Zahnkronen (ZIM)

Innovatives dentales Füllungskonzept (ZIM)

Allergenfreies dentales Basismaterial (FhG)

All-in-one Adhäsiv: Einfach applizierbare, langzeitstabile Materiallösung für die Dentalmedizin (FhG)

Chairside-Kronen (FhG)

Prothesenzähne aus Hybridpolymeren - Mechanisch hochwertiger Zahnersatz (FhG)

Dentale Glaskeramiken

Geschäftsfeld Bau und Umwelt
Business Unit Construction and Environment

Nanotechnologie
Nanotechnology

Best practices for IPR and technology transfer in NT-developments (EU)

BMBF-Marketing Nanotechnologie Japan (BMBF)

(Nano)poröse Materialien
(Nano)porous materials

Entwicklung einer Technologieplattform für die Herstellung multifunktionaler Hybridschäume (FhG)

Funktionsfüllstoffe
Functional filling materials

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

Kalthärtende Keramik durch nanotechnologische Gefügeoptimierung (BMBF)

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

Zeolithe mit absorberkatalytischer Wirkung für Formaldehyd in Holzwerkstoffen (FhG)

CeSMa - Center 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)

Aufbau und Betrieb eines Centers »Smart Materials« - Entwicklung und Applikation (StMWIVT)

PATENTE

Amberg-Schwab, S.; Halbhuber, A.; Uhl, D.; Haas, K.-H.
Antimikrobiell behandelte und/oder schmutzabweisende Textilmaterialien sowie Verfahren zu deren Herstellung
DE 10-2009-013884 A1 Offenlegungstag: 2010/09/30

Amberg-Schwab, S.; Weber, U.; Noller, K. Miesbauer, O.
Herstellung von Hochbarriereverbunden
WO 2010-069958 A1 Offenlegungstag: 2010/06/24

Ballweg, Th.; Gellermann, C.; Hanselmann, D.; Probst, J.
Verfahren zur Verkapselung von flüssigen oder pastösen Substanzen in einem vernetzten Verkapselungsmaterial
WO 2010-125094 A2 Offenlegungstag: 2010/11/04

Ballweg, Th.; Nique, S.
Dialkoxy- oder Dihydroxyphenylreste enthaltende Silane, daraus hergestellte Klebstoffe sowie Verfahren zur Herstellung und Vewendungtidmodifizierter anorganisch-organischer Hybridpolymere für Feuchtemillieu-taugliche Klebungen
DE 10-2008-057684 A1 Offenlegungstag: 2010/05/20

Böse, H.; Ehrlich, J.
Magnetorheologische Drehmomentübertragungsvorrichtung deren Verwendung sowie magnetorheologisches Drehmomentübertragungsverfahren / EP 2150717 A1 Offenlegungstag: 2010/02/10

Böse, H.; Ehrlich, J.
Schaltbare magnetorheologische Drehmoment- oder Kraftübertragungsvorrichtung, deren Verwendung sowie magnetorheologische Drehmoment- oder Kraftübertragungsverfahren
DE 10-2009-72909 A1 Offenlegungstag: 2010/08/12

Böse, H.; Gerlach, Th.
Locking device with field-controllable fluid
US 2010-0162776 A1 Offenlegungstag: 2010/07/01

Böse, H.; Gerlach, Th.
Blockiervorrichtung mit feldsteuerbarer Flüssigkeit sowie deren Verwendung / EP 2147219 A1 Offenlegungstag: 2010/01/27

Böse, H.; Hesler, A.; Monkmann, G.
Magnetorheologische Kompositmaterialien mit hartmagnetischen Partikeln, Verfahren zu deren Herstellung sowie deren Verwendung
EP 2160741 A1 Offenlegungstag: 2010/03/10

Böse, H.; Trendler, A.-M.
Magnetorheologische Materialien mit magnetischen und nichtmagnetischen anorganischen Zusätzen und deren Verwendung
EP 1782439 B1 Erteilungstag: 2010/10/13
US 7708901 B2 Erteilungstag: 2010/05/04

Böse, H.; Trendler, A.-M.
Magnetorheologische Materialien mit hohem Schaltfaktor und deren Verwendung / EP 1782437 B1 Erteilungstag: 2010/02/17

Böse. H.; Gerlach, Th.; Probst, J.
Damping device with field controllable fluid
US 2010-0193304 A1 Offenlegungstag: 2010/08/05
EP 2147228 A1 Offenlegungstag: 2010/01/27

Celik, A.; Schottner, G.; Posset U.; Pagani, G.; Abbotto, A.; Mari, C.; Beverina, L.; Ruffo, R.; Patriarca, G.
Highly transparent electrochromic coating material with improved adhesion performance and method for producing the same
US 2010-0189918 A1 Offenlegungstag: 2010/07/29

Declerck, P.; Houbertz-Krauß, R.; Popall, M.; Olsowski B.-E.
Transparente Beschichtungszusammensetzung und Verfahren zu deren Herstellung sowie entsprechend transparent beschichtete Substrate / EP 1799784 B1 Erteilungstag: 2010/04/28

Dembski, S.; Gellermann, C.
Partikel mit einer lumineszierenden anorganischen Schale, Verfahren zur Beschichtung von Partikeln sowie deren Verwendung
WO 2010-102820 A1 Offenlegungstag: 2010/09/16
DE 10-2009-12698 A1 Offenlegungstag: 2010/09/16

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 / US 7696295 Erteilungstag: 2010/04/13

Fröhlich, L.; Jacob, St.; Popall, M.; Houbertz-Krauß, R.
Silane-based resins that can be photochemically and/or thermally structured, single-step method for their production, parent compounds and production methods that can be used for said resins
US 7687654 B2 Erteilungstag: 2010/03/30

Glaubitt, W.; Graf, W.; Gombert, A.
Mit einer staub- und aerosolabweisenden Beschichtung versehene Substrate, Verfahren zur Herstellung derselben und Materialien dafür / CN 101784626 A Offenlegungstag: 2010/07/21

Glaubitt, W.; Probst, J.
Verwendung eines beschichteten, transparenten Substrates zur Beeinflussung der menschlichen Psyche
EP 2211992 A1 Offenlegungstag: 2010/08/04

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 2010-003620 A1 Offenlegungstag: 2010/01/14
DE 10-2008-032127 A1 Offenlegungstag: 2010/02/04

Herbig, B.; Schottner, G.
Titanoxid-Partikel mit kristallinem Kern und einer Außenhaut, die organische Gruppen trägt, sowie Verfahren zu deren Herstellung
WO 2010-072688 A1 Offenlegungstag: 2010/07/01
EP 2202205 A1 Offenlegungstag: 2010/06/30

Holländer, A.; Amberg-Schwab, S.; Holeczek, H.
Verfahren zur fälschungssicheren Kennzeichnung und Identifizierung von Werkstoffen, mit dem Verfahren zur fälschungssicheren Kennzeichnung hergestellter Werkstoff und die Verwendung des Werkstoffens / DE 10-2009-008172 B3 Erteilungstag: 2010/07/01

Houbertz-Krauß, R.; Domann, G.; Koeth, J.; Kampu M.; Schulz K.; Pfeiffer, Th.; Templ, W. **Wavelength selective element, process for adjusting the refraction index of a wavelength selective element and optical radiation emitting compound**
EP 2169788 A1 Offenlegungstag: 2010/03/31

Houbertz-Krauß, R.; Domann, G.; Schmitt, A.; Popall, M.; Stadlober, B.; Haas, U.; Haase, A.
Halbleiterbauelement, Verfahren zu dessen Herstellung und Verwendung von anorganisch-organischen Hybridpolymeren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen
EP 1803173 B1 Erteilungstag: 2010/04/07

Rose, K.
Hybride Materialien durch Copolymerisation
EP 1878760 B1 Erteilungstag: 2010/03/03

Rose, K.; Fernandez-Lafuente, R.; Jaffrezic, N.; Dzyadevych, S.
Biosensor and its use / US 7709221 B2 Erteilungstag: 2010/05/04

Rüdinger, A.; Clade, J.; Spaniol, H.; Sporn, D.
Polysilan-Polycarbosilane mit reduziertem Chlorgehalt basierend auf Methylchlorpolysilanen sowie daraus hergestellte Spinnmassen und keramische Formkörper
DE 10-2008-064372 A1 Offenlegungstag: 2010/06/24

Spaniol, H.; Krüger, R.; Müller, T.; Rüdinger, A.; Graupner, U.; Fuchs, O.
Flexible und infiltrierbare Bündel aus Keramikfasern mit stark vergröbertem Gefüge und Methode zu deren Herstellung
DE 10-2008-53856 A1 Offenlegungstag: 2010/05/27

Spaniol, H.; Krüger, R.; Müller, T.; Rüdinger, A.; Graupner, U.; Fuchs, O.
Flexible und infiltrierbare Bündel aus Keramikfasern mit stark vergröbertem Gefüge und Methode zu deren Herstellung
DE 20-2009-014690.1 (Gebrauchsmuster) Offenlegungstag: 2010/05/27

Uebe, J.; Friedrich, H.; Löschke, P.
Hochreine, nanoskalige organische Schichtsilikate mit der Struktur des Talk sowie Verfahren zu deren Herstellung
DE 10-2008-031072 A1 Offenlegungstag: 2010/01/07

Wolter, H.; Nique, S.
Phosphorgruppenhaltige Carbonsäurederivate mit polymerisierbaren Gruppen / US 7777080 B2 Erteilungstag: 2010/08/17

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)

Fachhochschule Potsdam, Studiengang Restaurierung,
Studienrichtung Metallkonservierung

Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt-Aschaffenburg,
Fachbereich Informatik

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 Regensburg, Fakultät Elektro- und Informationstechnik

Humboldt-Universität zu Berlin, Fakultät Chemie

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
- Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe der Medizin und Zahnheilkunde
- Lehrstuhl für Klassische Archäologie
- Lehrstuhl für Materialsynthese

Karlsruhe Institute of Technology KIT
-Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik

Katholieke Universiteit Leuven (B)

Leibniz Universität Hannover

London School of Economics & Political Science, Grantham Research Institute on Climate Change and Environment (UK)

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

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. an der TU Chemnitz

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 Braunschweig

Technische Universität Darmstadt

Technische Universität Dresden
- Institut für Festkörperelektronik

Technische Universität Graz (A)
- Institut für Chemische Technologie von Materialien

Technische Universität München, Studiengang für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft, München

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)

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)

Universidad 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

Universität Bremen

WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN

Universität Erlangen-Nürnberg
- Institut für Werkstoffwissenschaften
- Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik

Universität Karlsruhe (TH)
- Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik

Universität Rostock
- Institut für Biomedizinische Technik
- Kompetenzzentrum für Biomaterialien
- Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde

Universität Rostock
- Medizinische Fakultät, Institut für Biomedizinische Technik

Universität Stuttgart

Universität Ulm

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 (UK)

University of Huddersfield (UK)

University of Leeds (UK)
- Nanomanufacturing Institute

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

Dombauamt Erfurt, Glaswerkstatt

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Daejeon (KO)
- Optical Interconnection Team
- Basic Research Laboratory

ERANET/NET-HERITAGE

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

Gradbeni Institut ZRMK, Centre for Indoor Environment, Building Physics and Energy, Ljubljana (SLO)

Glasrestaurierungswerkstatt der Dombauhütte Köln

Hermsdorfer Institut für Technische Keramik e.V., Hermsdorf (jetzt Fraunhofer IKTS

Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie HVG, Offenbach

Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux (F)

Institut de Recherche d'Hydro Québec (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

WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN

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, Mainz

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), St. Martin d' Heres (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 Hochtemperatur-Konservierungsprozesse –Virtuhcon«, an der TU Bergakademie Freiberg, Freiberg

Lehrtätigkeit
Teaching activities

Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Lehrstuhl für Chemische Technologie der Materialsynthese
Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr. Gerhard Sextl

Vorlesungen Sommersemester 2010

Sextl, G., Löbmann, P., Hilbig, A., Bastian, M.
MaterialwiSoSeenschaften II (Die großen Werkstoffgruppen)

Kurth, D., Müller-Buschbaum, K.
Moderne analytische Methoden

Helbig, U.
Von der Biomineralisation zur biologisch-inspirierten Materialsynthese

Löbmann, P.
Sol-Gel-Chemie I: Grundlagen

Helbig, U., Löbmann, P.
Chemische und biologisch-inspirierte Nanotechnologie für die Materialsynthese

Hilbig, A., Drach, V.
Moderne Beschichtungsverfahren und Schichtmaterialien aus der Gasphase

Wolff Fabris, F.
Polymerwerkstoffe 2: Technologie der Modifizierung von Füllstoffen für Polymerwerkstoffe

Raether, F.
Technologie sensorischer und aktorischer Materialien inklusive Smart Fluids

Staab, T.
Eigenschaften moderner Werkstoffe: Experimente und Simulation

Küchler, A.
Hochspannungsisolierwerkstoffe und -systeme

Sextl, G., Kurth, D., Löbmann, P., Hilbig, A., Schwarz, G.
Anleitung zum selbstständigen wiSoSeenschaftlichen Arbeiten

Vorlesungen Wintersemester 2010/2011

Möller, K.-C.
Elektrochemische Energiespeicher und -wandler

Sextl, G., Walles, H.
MaterialwiSoSeenschaften I (Struktur, Eigenschaft und Anwendungen von anorganischen Werkstoffen)

Kurth, D., Schwarz, G.
Molekulare Materialien (Chemische Technologie der Materialsynthese)

Löbmann, P.
Sol-Gel-Chemie 2: Schichten und Beschichtungstechnik

Bastian, M.
Polymerwerkstoffe I: Technologie der Modifizierung von Polymerwerkstoffen

Schwarz, G.
Anwendungsorientierte Charaktersierung von molekularen Systemen

Sextl, G., Kurth, D., Löbmann, P., Hilbig, A., Schwarz, G.
Anleitung zum selbstständigen wiSoSeenschaftlichen Arbeiten

Übungen und Praktika

Sextl, G., Löbmann, P., Hilbig, A., Bastian, M.
Übungen zur Vorlesung »MaterialwiSoSeenschaften II«
SoSe 20010
Kurth, D., Schwarz, G.

Praktikum zu Moderne Analytische Methoden
SoSe 2010

Sextl, G., Löbmann, P., Kurth, D., Hilbig, A., Schwarz, G.
Praktikum Chemische Technologie der Materialsynthese für Studenten der Chemie
SoSe 2010

Wolff Fabris, F.
Praktikum zu Polymerwerkstoffe 2
SoSe 2010

Raether, F.
Praktikum zur Technologie sensorischer und aktorischer Materialien inklusive Smart Fluids
SoSe 2010

Küchler, A.
Übungen zu Hochspannungsisolierwerkstoffe und -systeme
SoSe 2010

Küchler, A.
Praktikum zu Hochspannungsisolierwerkstoffe und -systeme
SoSe 2010

Sextl,G., Kurth, D., Hilbig, A., Schwarz, G.
MaterialwiSoSeenschaftliches Kolloquium
SoSe 2010 und WS 2010/2011

Sextl, G., Hilbig, A.
Übungen zu Vorlesung MaterialwiSoSeenschaften I (Struktur, Eigenschaft und Anwendungen von anorganischen Werkstoffen)
WS 2010/2011

Kurth, D., Schwarz, G.
Übungen zu Molekulare Materialien (Chemische Technologie der Materialsynthese)
WS 2010/2011

Kurth, D., Schwarz, G., Hilbig, A.
Praktikum Molekulare Materialien (Chemische Technologie der Materialsynthese)
WS 2010/2011

Sextl, G., Löbmann, P., Schwarz, G.
Praktikum Chemische Technologie der Materialsynthese für Studenten der Chemie
WS 2010/2011

Möller, K.C.
Praktikum Elektrochemische Energiespeicher und -wandler
WS 2010/2011

Bastian, M.
Praktikum zur Technologie der Modifizierung von Polymerwerkstoffen
WS 2010/2011

Seminare

Löbmann, P.
Seminar zur Vorlesung Sol-Gel-Chemie I: Grundlagen
SoSe 2010

Sextl, G., Kurth, D.
Seminar für wiSoSeenschaftliche Mitarbeiter
SoSe 2010 und WS 2010/2011

Sextl, G., Kurth, D., Löbmann, P.
Seminar für Doktoranden
SoSe 2010 und WS 2010/2011

Staab, T.
Seminar Eigenschaften moderner Werkstoffe: Experimente und Simulation
SoSe 2010

Universität Bayreuth
Lehrstuhl Keramische Werkstoffe des Instituts für Materialforschung
Lehtstuhlinhaber: Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel

Vorlesungen und Veranstaltungen Sommersemester 2010

Krenkel, W.
Hochtemperatur-Leichtbau

Hausherr, J.M.
Hochleistungskeramik

Mucha, H.
Metallinfiltrierte Keramik

Raether, F.
Ringvorlesung des Graduiertenkollegs im Elitenetzwerk Bayern der Universität Bayreuth:
Structure-property relations in materials – from crystal structures to textures to macroscopic properties

Vorlesungen und Veranstaltungen Wintersemester 2009/2010 und 2010/11

Krenkel, W.
Einführung in die MaterialwiSoSeenschaft - Keramik

Krenkel, W.
Verbundkeramiken

Krenkel, W.
Eigenschaften von Verbundwerkstoffen

Hausherr, J.M.
Zerstörungsfreie Prüfmethoden

Hochtemperaturleichtbau – keramische Faserverbundwerkstoffe

GASTREFERENTEN DES ISC-SEMINARS IN WÜRZBURG

GUEST SPEAKERS AT THE FRAUNHOFER ISC

12. April 2010
Prof. Kickelbrick
Oberflächenfunktionalisierte Metalloxo-Cluster und NP als Bausteine für Polymer-Nanokomposite

15. Juni 2010
Prof. Robert R. McLeod
Associate Professor of Electrical, Computer and Energy Engineering,
University of Colorado at Boulder
3D single mode, hybrid integrated optics in solid photopolymers

29. Juli 2010
Prof. Dr. Hartmut Hibst
BASF AG Ludwigshafen
Nanocatalysis and Inorganic Solids
Heterogene Katalysatoren für selektive Oxidation am Beispiel der Herstellung von Acrylsäure

3. August 2010
Dr. Friedrich Raether
Fraunhofer ISC
Materialauswahl mit CES – Selector für Kundenberatung, Konstruktion und Identifikation neuer Anwendungsfelder

22. Oktober 2010
Otto F. W. Herrmann
G.R.O.W. Concepts GmbH & Co. KG, Gesellschaft für ganzheitliche
Unternehmens- und Personalentwicklung
Die ISO-Familie 9000, Internationales Führungsmodell und Reifegrad-Modell zur Organisations- und Prozessentwicklung

4. November 2010
Prof. Robert R. McLeod
Associate Professor of Electrical, Computer and Energy Engineering,
University of Colorado at Boulder
Nonlinear patterning of photopolymers via structured inhibition

17. November 2010
Dipl.-Ing. Dipl.-oek. (BOEK) Oliver Millon
Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik Ernst-Mach-Institut EMI
Abteilung Baulicher Schutz und Sicherheitstechnologie
Optimierung von UHPC im Hinblick auf ein besseres Tragverhalten – Stand des Wissens

7. Dezember 2010
Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Mädler
Stiftung Institut für Werkstofftechnik (IWT)
Hauptabteilung Verfahrenstechnik
Fachbereich Produktionstechnik (FB 4)
Universität Bremen
Metalloxide aus der Sprühflamme: Herstellung, Charakterisierung, Anwendung

GASTREFERENTEN »BRONNBACHER GESPRÄCHE 2010«

GUEST SPEAKERS AT THE BRONNBACH BRANCH

20. Januar 2010
Dr. Jörg Paczkowski
Grafschaftsmuseum Wertheim
Glasfenster in Lothringen am Beispiel der Kathedrale in Metz

17. Februar 2010
Dr. Paul Bellendorf
Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Der Einsatz von 3D-Scannern zur berührungslosen Dokumentation von Kunst- und Kulturgut

21. April 2010
Prof. Dr. Gerhard Sextl
Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Was ist Glas -was macht diesen Werkstoff so einzigartig

19. Mai 2010
Dr. Jörn Probst
Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Bioaktive Werkstoffe für die regenerative Medizin

15. September 2010
Dr. Falko Bornschein
Kunstgutbeauftragter des Bistums Erfurt
Die Glasfenster des Erfurter Doms - Bestand und Restaurierung

VERANSTALTUNGEN AM FRAUNHOFER ISC

CONFERENCES AND EVENTS AT THE FRAUNHOFER ISC

Smart Materials für Sicherheit, Haptik und Komfort
Workshop zum Jahrestag der Gründung von CESMA
Würzburg, 5. Mai 2010

Feierliche Grundsteinlegung zum Neubau Technikum III
Würzburg, 16. Juli 2010

Mobile Ausstellung: Der Fraunhofer-Truck
Bayreuth, 20. – 22. September 2010

Girls' Day 2010
Würzburg, 22. April 2010

3. Sol-Gel-Fachtagung Oberflächenveredelung durch Nanotechnologie
Von der Theorie zur industriellen Umsetzung
Technische Akademie Wuppertal
Würzburg, 28.-29. September 2010

Lehrerfortbildung der Nanoinitiative Bayern GmbH
Würzburg, 27. Oktober 2010

Nanoanalytik für Oberflächen und mehr
Clustermeeting des Clusters Nanotechnologie
Würzburg, 16. November 2010

MESSEN UND AUSSTELLUNGEN

FAIRS AND EXHIBITIONS

Photonics West 2010
San Francisco, CA (USA), 26. – 28. Januar 2010

NanoTech 2010
Tokyo (JP), 17. – 19. Februar 2010

Material Innovativ
Augsburg, 24. März 2010

Hannover Messe
Hannover, 19. – 23. April 2010

Sensor + Test 2010
Nürnberg, 18. – 20. Mai 2010

MS Energie Wissenschaft im Dialog zum »Wissenschaftsjahr 2010 – Die Zukunft der Energie«
18. Mai – 7. Oktober 2010

Mechatronics
Karlsruhe, 19. – 20. Mai 2010

Eurolite 2010 – Internationale Fachmesse für Leichtbaukonstruktion
Nürnberg, 8. – 10. Juni 2010

HT-CMC7 – 7th Internation Conference on High Tempe-ature Ceramic Matrix
Composites HT-CMC7,
Bayreuth, 20. – 22. September 2010

denkmal
Leipzig, 18. – 20. November 2010

AUSBLICK MESSEN 2011
FAIRS AND EXHIBITIONS PLANNED IN 2011

Bau
München, 17. – 22. Januar 2011

Photonics West
San Francisco, CA (USA), 25. – 27. Januar 2011

NanoTech 2011
Tokyo (JP), 16. – 18. Februar 2011

Symposium Material Innovativ
Fürth 24. Februar 2011

Hannover Messe
Hannover, 4. – 8. April 2011

MS Gesundheit
19. Mai – 29. September 2011

Mechatronik
Karlsruhe, 25. – 26. Mai 2011

Sensor + Test
Nürnberg, 7. – 9. Juni 2011

Jahreskongress Zulieferer innovativ
Ingolstadt, 6. Juli 2011

Composites Europe
Stuttgart, 27. – 29. September 2011

Productronica
München, 15. – 18. November 2011

ALLIANZEN AND NETZWERKE

ALLIANCES AND NETWORKS

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 Verbünde »Nanotechnologie« und »POLO – Polymere Oberflächen«. Auf Geschäftsfeldebene 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 Multi-functional 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

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

Beteiligung an den Clustern 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

MITGLIEDSCHAFTEN UND MITARBEIT IN GREMIEN

Ad-hoc Advisory Group for Industrial Nanotechnology (EU-Kommission Brüssel)
Academy of Dental Materials (ADM)
AMA Fachverband für Sensorik e.V.
AGEF Arbeitsgemeinschaft Electrochemischer Forschungsinstitutionen e.V.
American Ceramic Society (ACerS) – Fellow
Arbeitsgemeinschaft Wirtschaftsnaher Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg
Arbeitskreis Mikrosysteme für Biotechnologie und Lifesciences e.V. BioMST

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)
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

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. Main-Tauber (Fabi)
Förderkreis Kloster Bronnbach
Forum für Medizin Technik und Pharma in Bayern e.V.
Forschungsgemeinschaft Technik und Glas e.V., Bronnbach (FTG)
- Technischer Ausschuss
Forum Elektromobilität
Forum Innovation und Technologie Heilbronn Franken
Fraunhofer-Demonstrationszentrum AdvanCer
- Mitglied des Projektleitungsrats
Fraunhofer Allianzen:
- Adaptronik
- Werkstoffe, Bauteile
- Hochleistungskeramik
- Nanotechnologie
- Numerische Simulation von Produkten und Prozessen
- Polymere Oberflächen (POLO)
- Optisch-funktionale Oberflächen
- Photokatalyse
- Energie
- Elektrochemie
- Netzwerk Elektrochemie

- Netzwerk Batterien
- Bau

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

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 Valley e.V. – Kompetenznetzwerk für Materialforschung und Werkstofftechnik

mst–Netzwerk Rhein Main
- Kompetenznetzwerk Mikrosystemtechnik

Nano and Hybrid Coatings Conference
- Konferenzpräsidium

NanoMat – Netzwerk Nanomaterialien

Nanonetz Bayern e.V.

Nanotech Europe Berlin 2009 Mitglied Programmkommission

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