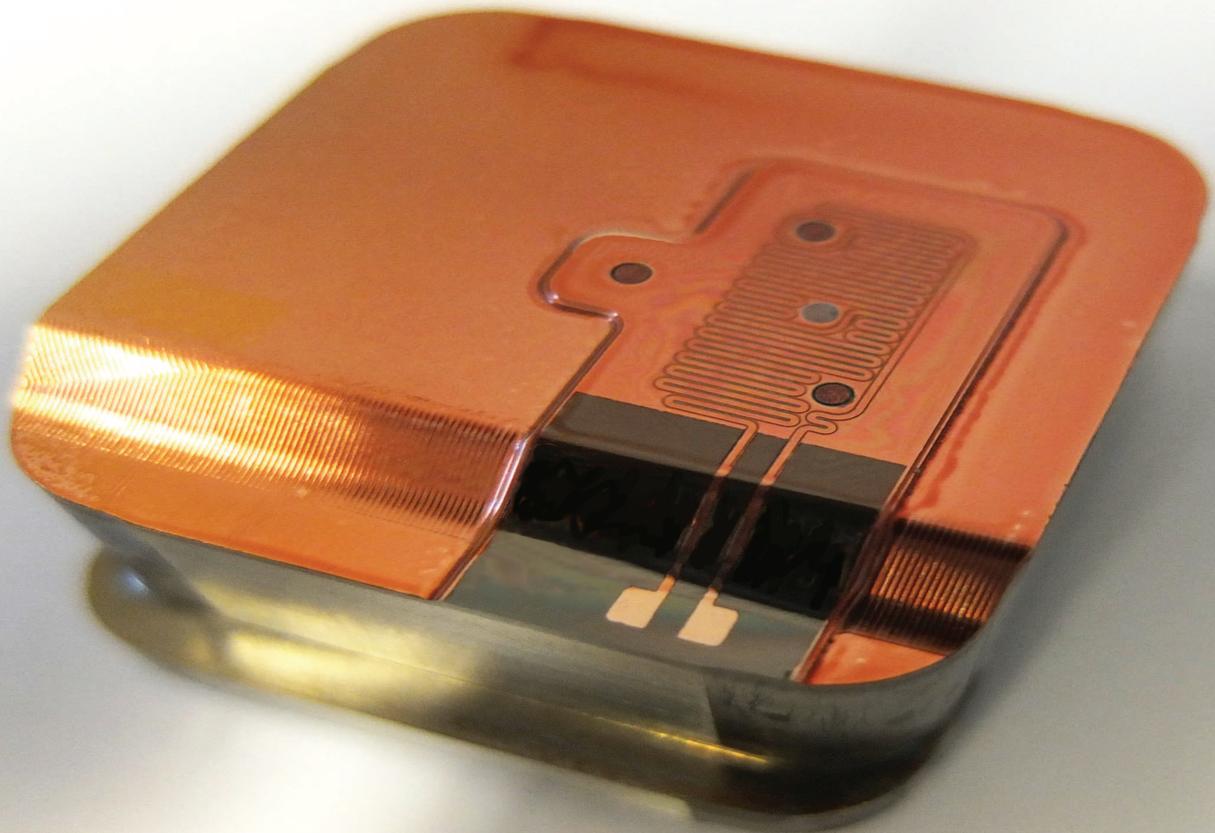


# ADAPTRONIK NEWSLETTER

März | 2017

Menschen | Events | Projekte | Institute

 **Fraunhofer**  
ADAPTRONIK



## SMART FACTORY – BAUTEILSENSORIK FÜR DIE PRODUKTION

Erfahren Sie mehr auf Seite 9.

### VORWORT

2 Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

### MENSCHEN IN DER FAA

2 Dr. Holger Böse

### INSTITUT

10 Fraunhofer-Institut für  
Silicatforschung ISC

### EVENTS

2 Hannover Messe Industrie 2017  
8 Laser: World of Photonics  
9 Make Rhein Main  
11 4SMARTS - Symposium für Smarte  
Strukturen und Systeme

### PROJEKTE

3 Enso - Energy for Smart Objects  
4 Go Beyond 4.0 - DIGITALE FERTIGUNG  
IN DER MASSENPRODUKTION

5 Intelligente Lösungen zur  
Geräuschreduktion an Hinterachsen  
6 Zustandsüberwachung von  
„Kopf bis Fuß“ - vom Rotorblatt bis  
zur Gründung  
7 Festkörperaktoren mit neuen  
Eigenschaften auf der Basis von  
magnetischen Formgedächtnis-  
legierungen  
8 OpenAdaptronik  
9 Smart Factory – Bauteilsensorik für die  
Produktion



## Hannover Messe Industrie 2017

Bereits zum 11. Mal wird die Fraunhofer-Allianz Adaptronik mit ihrem Gemeinschaftsstand Adaptronik auf der Research & Technology, der internationalen Leitmesse für Forschung, Entwicklung und Technologietransfer, vertreten sein. Vom 24. bis 28. April 2017 stellen wir Ihnen (unter anderem) folgende Exponate aus dem Bereich der adaptiven Strukturtechnologie vor:

- Intelligente Lösungen zur Geräuschreduktion an Hinterachsen
- Smart Factory – Bauteilsensorik für die Produktion
- EnSO – Energy for Smart Objects

Besuchen Sie uns auf unserem Stand C16 in Halle 2, wir informieren Sie gerne in einem persönlichen Gespräch vor Ort. Wir empfehlen eine Terminvereinbarung vorab über unsere Emailadresse [info@adapttronik.fraunhofer.de](mailto:info@adapttronik.fraunhofer.de)

Weitere Informationen erhalten Sie im Internet unter:

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

Wir würden uns freuen, auch Sie als Teilnehmer begrüßen zu dürfen!



## Vorwort

■ Als Fraunhofer-Allianz Adaptronik sind wir Ihr zentraler Ansprechpartner für smarte Strukturösungen. Bereits zum elften Mal stellen wir auf der Hannover Messe Industrie aus und freuen uns auf intensive Diskussionen mit Ihnen. Eines unserer dortigen Exponate wird Projektergebnisse aus dem Bereich Open Adaptronik vorstellen. Dieses Projekt bringt uns mit sogenannten Maker-Initiativen zusammen. Auf der Make Rhein Main (S.9) werden wir daher auch vertreten sein.

Für den Megatrend des Internets der Dinge bedarf es neue Möglichkeiten der Energieversorgung und deren Serienanwendung (S. 3). Wir schlagen Ihnen vor (S. 4), wie zukünftig der Widerspruch zwischen Produkt-Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Fertigungsprozesse gelöst werden kann. Im Kontext von Industrie 4.0 entwickeln wir vielfältige Lösungen zur Integration von Sensoren in Fertigungsprozesse wie beispielsweise den Kunststoffspritzguss. Bei der Getriebeentwicklung besteht häufig ein erst durch aktive Ansätze lösbarer Zielkonflikt zwischen geringem Körperschalleintrag und gutem fahrdynamischem Verhalten (S. 5). Für hohe Verfügbarkeiten von Offshore-Windenergieanlagen ist die Kenntnis über die Betriebszustände entscheidend, moderne Konzepte zur Zustandsüberwachung bieten neue Chancen (S. 6).

Unser CesMa widmet sich der Entwicklung neuer, smarterer Materialsysteme (S. 11). Schließlich stellen wir magnetische Formgedächtnislegierungen als faszinierenden Werkstoff für den Aufbau neuer Festkörperaktoren vor (S.7).

Ich wünsche Ihnen frische Impulse und Gedanken beim Lesen des Newsletters.

## Menschen

### Dr. Holger Böse



■ Dr. Holger Böse, geb. 1955, studierte Physik an der Universität Hamburg und promovierte in Physikalischer Chemie auf dem Gebiet der Adsorptions-Wechselwirkung von Zeolithen. Seit 1990 ist er am Fraunho-

fer-Institut für Silicatforschung ISC in Würzburg tätig. Seine Arbeitsgebiete bestanden zunächst im Aufbau von Messmethoden zur Materialcharakterisierung, in der Entwicklung anorganischer Bindemittel sowie in der Prozessentwicklung für keramische Werkstoffe. In den vergangenen zwei Jahrzehnten baute er am Institut das Themenfeld der adaptiven Materialien mit den Schwerpunkten elektro- und magnetorheologischer Flüssigkeiten sowie dielektrischer und magnetorheologischer Elastomere auf. Dabei legte er einen wesentlichen Schwerpunkt auf die Verbindung von Material- und Technologie- bzw. Anwendungsentwicklung von Smart Materials. Zwischen 2002 und 2009 war er nacheinander Leiter der Kompetenzfelder Disperse Systeme und Adaptive Materialien. Seit 2009 nimmt er die Position des wissenschaftlich-technischen Leiters des Centers Smart Materials (CeSMA) am Institut ein. In dieser Zeit leitete er zahlreiche Industrieprojekte sowie Projekte mit öffentlicher Förderung (Fraunhofer, Land Bayern, BMBF, EU). Ergebnisse seiner Arbeiten finden sich in etwa 100 Publikationen und ca. 25 Patentschriften wieder.

# EnSO – Energy for Smart Objects



Abb.1: Teststand zur Charakterisierung von abstimmbaren Vibrationswandlern am Fraunhofer IIS ©Fraunhofer IIS/Kurt Fuchs

■ Im Internet der Dinge sind Objekte des täglichen Lebens in der Lage untereinander zu kommunizieren und eine Verbindung zum Internet aufzubauen. Das Internet der Dinge (IoT) gewinnt auch in der Elektronikindustrie immer mehr Aufmerksamkeit. Im Jahre 2020 wird erwartet, dass 24 Milliarden Geräte weltweit im IoT vernetzt sind. Zu diesem Zeitpunkt ist davon auszugehen, dass davon ein Drittel intelligente Objekte, sogenannte Smart Objects sind. Ein Schlüsselement dieser Smart Objects ist die elektronische Hardware wie beispielsweise Sensoren, Aktoren, Mikrocontroller, Kommunikationsschnittstellen, Power Management, Energy Harvesting Systeme und Energiespeicher.

Die Smart Objects müssen einige Voraussetzungen für das IoT erfüllen: Dieses sind Eigenschaften wie Autonomie, lange Laufzeit, einfache Nutzbarkeit, geringe Abmessung, hohe Robustheit und Interoperabilität. Egal welche Aufgaben diese Objekte ausführen, als problematische Schlüsselkomponente findet sich immer die Energieversorgung, die den Energiebedarf der intelligenten Objekte während ihrer Lebenszeit decken muss. Da ein Nachladen oder Auswechseln der Batterie während der Betriebszeit Wartungskosten verursacht oder die Mobilität und Unabhängigkeit des Nutzers signifikant einschränkt, wird eine Energieversorgung mit ausreichender Energiespeicherdichte oder mit Energy Harvesting benötigt. So werden die Energiespeicher durch gewonnene Energie aus der Umgebung während

des Betriebs wieder aufgeladen und müssen nicht ersetzt werden. Im ECSEL Projekt EnSO – Energy for Smart Objects – (Grant Agreement N° 692482, [www.enso-ecsel.eu](http://www.enso-ecsel.eu)) werden unter der Konsortialführerschaft von ST Microelectronics, Technologien zur Energieversorgung von intelligenten Objekten für das Internet der Dinge entwickelt.

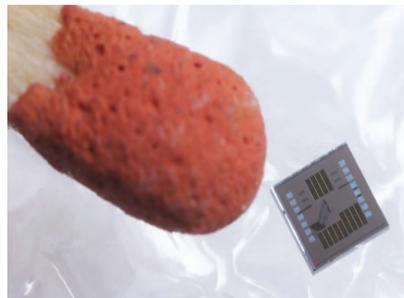


Abb. 2: Mikrochip zur Anpassung von Spannungen aus Thermogeneratoren zur Versorgung von kommerzieller Elektronik ©Fraunhofer IIS/ Kurt Fuchs

Neben Mikrobatterien als Energiespeicher werden Energiewandler wie Solarzellen, Thermogeneratoren und Vibrationswandler weiterentwickelt. Schließlich entstehen effiziente Power- und Batteriemangement-Chips zur Umwandlung und Anpassung der gewonnenen elektrischen Energie an die Speicher und Applikationen. Neben der reinen Technologieentwicklung werden auch Pilotlinien zur Fertigung grö-

ßerer Stückzahlen für Mikrobatterien, Thermogeneratoren, Solarzellen und Vibrationswandler umgesetzt, um so den zu erwartenden Bedarf für das Internet der Dinge zu decken. Außerdem wird im Projekt die Aufbau- und Verbindungstechnologie für flexible, folienbasierte Elektroniksysteme bereitgestellt und optimiert.

Unter den über 30 Partnern befinden sich mehr als 15 Endanwender, die die entstehenden Komponenten wie Mikrobatterien, Powermanagement Schaltungen und Energiewandler in ihren Anwendungen testen und optimieren. Die wichtigsten Anwendungspartner sind Airbus, Gemalto, Gas Natural, SKF und Idneo. Die Anwendungen, die im Projekt EnSO realisiert werden stammen aus den Bereichen Smart Health, Smart Society, Smart Mobility und Smart Production. Die wichtigsten Forschungspartner sind neben dem Fraunhofer IIS und dem Fraunhofer EMFT unter anderem CEA-LETI aus Frankreich, CSIC-CNM aus Spanien, TNO aus den Niederlanden und CTU aus Tschechien.

Das Fraunhofer IIS arbeitet in diesem Projekt zusammen mit Firmen wie O-Flexx, Solems und Enerbee an der Realisierung von verschiedenen Energy Harvesting Systemen. Als Schlüsselkomponenten werden am Fraunhofer IIS neuartige Spannungswandler Chips für Thermogeneratoren entwickelt. Weiterhin entsteht eine elektronische Steuerschaltung für abstimmbare Vibrationswandler. Schließlich wird zusammen mit ST Microelectronics ein Batteriemangement-ASIC für die Mikrobatterien entworfen. Durch die Kombination einer großen Zahl an Endanwendern, der Umsetzung von Standardbauteilen sowie der Etablierung von Pilotlinien zur Produktion von großen Stückzahlen soll durch das Projekt EnSO für die Technologie des Energy Harvestings der Weg zu Massen Anwendungen geebnet werden. Das Projekt ist im Januar 2016 gestartet und läuft vier Jahre.

**Kontakt:**

Dr. Peter Spies  
 Fraunhofer IIS  
 Tel. +49 911 58061-6363  
 E-Mail: [peter.spies@iis.fraunhofer.de](mailto:peter.spies@iis.fraunhofer.de)

# Go Beyond 4.0 - DIGITALE FERTIGUNG IN DER MASSENPRODUKTION



Abb.1: Banner GoBeyond 4.0

■ Industrieübergreifend wächst der Bedarf an innovativen, individualisierten Bauteilen für die Zukunftsmärkte Automotive, Aerospace, Photonics und Manufacturing. Mit den derzeit eingesetzten Fertigungsverfahren kann dieser Bedarf nicht gedeckt werden. Die Fertigung erfolgt heutzutage, z.B. im Automobilbau, stark werkzeuggebunden. Dies sichert eine effiziente Fertigung großer Stückzahlen, bietet allerdings nur sehr begrenzte Möglichkeiten zur Individualisierung. Die funktionale Individualisierung erfolgt heutzutage maßgeblich durch die Montage mechatronischer Systeme wie Aktoren, Sensoren und Steuergeräten. Diese Differenzialbauweise führt einerseits zu stark steigendem Montageaufwand. So ist die Montage des Kabelbaumes von Fahrzeugen inzwischen einer der aufwändigsten Schritte bei der Fahrzeugmontage. Zudem führt das Denken in Einzelkomponenten zu erhöhtem Bauraum- und Gewichtsbedarf. Dem Wunsch nach zunehmender Funktionsverdichtung sind somit Grenzen gesetzt.

Möglichkeiten zur Überwindung dieser Differenzialbauweise bieten die digitalen Fertigungsverfahren wie der 3D-Druck als materialhinzufügendes Verfahren oder die Laserbearbeitung als abtragendes Verfahren. Die hochqualifizierten Funktionalitäten der entsprechenden Bauteile werden durch den Einsatz spezieller Funktionswerkstoffe realisiert. Es entstehen adaptronische Systeme in Integralbauweise. Klassische generative Fertigungsverfahren, die mittels Laserverfahren Keramik- oder Metall-Pulver schichtweise sintern/schmelzen, werden gegenwärtig nur

in isolierten Einzel-Fertigungsumgebungen betrieben. Die Auflösung des Widerspruchs zwischen Produkt-Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Fertigungsprozesse soll durch die Integration digitaler Fertigungsschritte in analoge Prozessketten erfolgen. Durch die Funktionalisierung von dreidimensionalen Bauteiloberflächen und durch Druckverfahren können so in großen Stückzahlen gefertigte Bauteile individuell funktionalisiert werden.

Im Leitprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft »Go Beyond 4.0« sollen die mit dieser Entwicklung verbundenen produktionstechnischen Herausforderungen bewältigt werden. Die Validität des Ansatzes wird in den drei Industrien Automobilbau, Luftfahrt und Beleuchtung gezeigt. Anhand dreier Demonstratoren, die unterschiedliche Fertigungsdomänen adressieren, sollen die Möglichkeiten zur funktionalen Individualisierung aufgezeigt werden. So zeigt Abbildung 2 beispielhaft den für die Branche Automobilbau geplanten Demonstrator „SmartDoor“. Hier sind sowohl auf dem umformtechnisch hergestellten Außenhautbauteil als auch auf dem mittels Spritzguss gefertigtem Verkleidungsbauteil funktionale Elemente wie Ultraschall-Wandler, Leiterbahnen und Bedienelemente drucktechnisch aufgebracht. Die Fertigung der funktionalen Elemente soll hierbei in einer integrierten Prozesskette erfolgen. Im Projekt sind dazu zunächst die digitalen Fertigungstechnologien an die Geometrien der jeweiligen Demonstratoren zu adaptieren und an die Eigenschaften der Materialien anzupassen. In einer weiteren

FuE Aufgabengruppe werden die teilprojektspezifischen Prozesse der Funktionsintegration ausgearbeitet und installiert, um in der finalen Phase die Individualisierung von Serienprodukten und deren digitale Veredelung mit elektrischen und/oder optischen Funktionen an Hand der drei Demonstratoren aufzuzeigen. Die Bearbeitung des Projektes »Go Beyond 4.0« erfolgt in einem erfahrenen Konsortium der Fraunhofer Institute ENAS, IFAM, ILT, IOF, ISC und IWU, in dem exzellente Kernkompetenzen der Fraunhofer-Gesellschaft gebündelt werden. Die Verwertung der Ergebnisse des Leitprojektes »Go Beyond 4.0« soll durch die Anfertigung eines Technologie-Atlas unterstützt werden, der die angestrebte und erreichte Fraunhofer Technologieführerschaft belegt und die entwickelten Technologien in Kombination mit geeigneten modernen Geschäftsmodellen rasch in die Industrie überführen lässt. Das Projekt ist im Dezember 2016 gestartet. Derzeit erarbeiten die Wissenschaftler das Lastenheft der Demonstratoren. Zudem erfolgt eine Prozesskettenanalyse der konventionellen Fertigungsverfahren, so dass die Anforderungen an die zu integrierenden digitalen Fertigungsverfahren abgeleitet werden können. Der Abschluss des Projektes ist für November 2019 geplant.

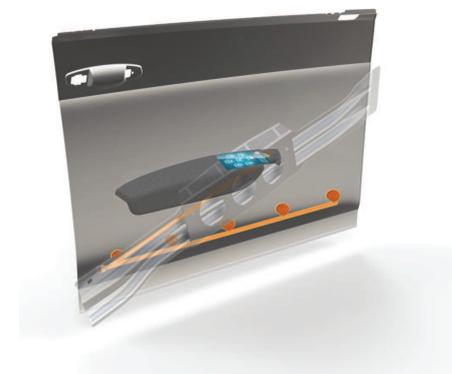


Abb. 2: Demonstrator „SmartDoor“ mit drucktechnisch gefertigten funktionalen Elementen

#### Kontakt:

André Bucht  
Fraunhofer IWU  
Tel. +49 351 4772-2344  
E-mail: andre.bucht@iwu.fraunhofer.de

# Intelligente Lösungen zur Geräuschreduktion an Hinterachsen

Die Anforderungen an die akustische Qualität von Fahrzeugen haben in den letzten Jahren stetig zugenommen. Aufgrund von Umweltschutzvorgaben sowie Komfort- und Wettbewerbsgründen senken die PKW-Hersteller ihre Zielgeräuschpegel stetig ab, was ebenfalls zu niedrigen akustischen Grenzwerten für einzelne Fahrzeugkomponenten führt. Das Erreichen dieser Vorgaben erfordert insbesondere unter dem Gesichtspunkt von zunehmenden Leichtbauaktivitäten eine differenzierte akustische Optimierung. Auch moderne Getriebe müssen sehr strenge Vorgaben hinsichtlich ihres vibroakustischen Verhaltens erfüllen. Insbesondere bei Fahrzeugen mit Heck- oder Allradantrieb treten bei bestimmten Fahrzeuggeschwindigkeiten oft störende Geräusche im Fahrgastraum auf, die aufgrund ihres tonalen Charakters selbst bei geringen Schalldruckpegeln sehr gut wahrnehmbar sind. Ursache für den Geräuscheintrag ist häufig der Zahneingriff im (Hinter-)Achsgetriebe. Die dadurch verursachte Schwingungsanregung wird durch die Getriebelager und den Hinterachsträger in den Fahrzeuginnenraum geleitet. Auf diesem Körperschalltransferpfad kann es zur Verstärkung aufgrund der strukturellen Eigenschaften der beteiligten Komponenten kommen. Eine Reduktion der Anregung im Zahneingriff ist bisher grundsätzlich durch eine gezielte Mikrogeometrieoptimierung der Verzahnung zu erzielen, wobei eine entsprechende Fertigungsgenauigkeit vorausgesetzt wird.

Das IWU greift dabei auf Zahnkontakt-Simulationsmodelle zurück, die das dynamische Verhalten der Getriebekomponenten (z.B. Wellen, Lager Gehäuse) und deren Einfluss auf den Zahnkontakt berücksichtigen. Mit Hilfe von Methoden der statistischen Versuchsplanung können letztendlich Verzahnungsparameter ermittelt werden, die ein Optimum für den Zielkonflikt Akustik, Betriebsfestigkeit und Wirkungsgrad darstellen und sich gegenüber vorgegebenen Fertigungstoleranzen als robust erweisen. Um den Geräuscheintrag in die Karosserie noch weiter zu reduzieren, muss zusätzlich der Transferpfad vom Hinterachsgetriebe in den Fahrzeuginnenraum akustisch optimiert werden.

Ein Ansatz zur Reduktion des Körperschalleintrages ist eine möglichst weiche Abkopplung des Hinterachsträgers von der Ka-



Abb.1: Aktives System zur Reduktion von Hinterachsgeräuschen auf Basis von Piezo-Flächenwandlern

rosserie. Allerdings hat dies eine Verschlechterung des fahrdynamischen Verhaltens zur Folge, was zu einem Zielkonflikt bei der Auslegung der Hinterachslagerung führt. Eine mögliche Lösung für diesen Zielkonflikt stellen aktive Systeme dar, die durch zusätzliche Krafterleitung zur Auslöschung störender Schwingungsanteile bei betreffenden Frequenzen führen. Dies kann beispielsweise direkt an einer Lagerposition des Hinterachsgetriebes realisiert werden. Das IWU hat dafür in einer praktischen Umsetzung einen kleinen elektrodynamischen Inertialmasseaktor (Maximalkraft 8N) nah einer Lagerstelle appliziert. Mit Hilfe einer Regelung können die relevanten Störanteile des Hinterachsgetriebes ausgelöscht werden. Der Funktionsnachweis des Systems konnte bei Testfahrten erbracht werden.

Akustiker bewerteten die Veränderung des Fahrzeuginnengeräuschs mit einer Verbesserung um 2 Bewertungsnoten auf einer 10-stufigen Skala zur subjektiven Akustikbeurteilung von Fahrzeugeigenschaften, was einen signifikanten Unterschied darstellt. In einem alternativen Ansatz applizierte das IWU einen Flächenaktor auf Basis einer piezokeramischen Folie direkt auf dem Hinterachsrahmen, welcher für den Transfer der Schwingungsenergie in den Fahrzeuginnenraum verantwortlich ist. Mit Hilfe von Finite-Elemente-Simulationen wurde die Ausbreitung der Körperschallenergie auf der Struktur in Form einer Strukturintensität (STI) berechnet.

Die ermittelte Energieverteilung wurde dafür genutzt, um die ideale Akteurposition auf dem Bauteil festlegen zu können. Mit Hilfe

eines entwickelten Regelungsalgorithmus konnte das aktive System gezielt angesteuert werden, um den Körperschallenergieeintrag über die Fahrschemellager in die Fahrzeugkarosserie signifikant zu reduzieren. Der Vorteil dieser Umsetzung ist, dass die aktive Komponente bereits im Herstellungsprozess des Hinterachsträgers in Form eines Piezo-Metall-Verbundes in das Bauteil eingebracht werden kann und somit gegen äußere Einflüsse (Schmutz, Feuchtigkeit, Salz etc.) geschützt ist.

Die Mehrkosten, die durch den Einsatz von aktiven Systemen zur Reduktion von Hinterachsgeräuschen anfallen, könnten beispielsweise durch eine Reduktion der Produktionskosten der Verzahnung kompensiert werden. Aktuell erfolgt eine kostenintensive Hart-Feinbearbeitung der Zahnräder mit dem Ziel, eine akustisch vorteilhafte Oberflächenqualität zu fertigen. Ein Wegfall oder deutliche Verringerung dieses Fertigungsschrittes kann die Produktionskosten senken. Ein schlechteres akustisches Anregungsverhalten der Verzahnung kann im Gegenzug durch ein aktives System effektiv kompensiert werden. Hier ergeben sich wesentliche Kosten-Nutzen-Vorteile, die den Serieneinsatz aktiver Systeme zur Reduktion von Verzahnungsgeräuschen für die Zukunft sinnvoll erscheinen lassen.

**Kontakt:**

André Bucht  
 Fraunhofer IWU  
 Tel. +49 351 4772-2344  
 E-mail: andre.bucht@iwu.fraunhofer.de

# Zustandsüberwachung von „Kopf bis Fuß“ - vom Rotorblatt bis zur Gründung

■ Ein wichtiger Baustein für eine erfolgreiche Energiewende ist ein hoher Anteil der erneuerbaren Energien am deutschen Strommix. Der Anteil der Windenergie betrug im Jahr 2015 ca. 13,3 % und war somit der viertwichtigste Energieträger. Zur Sicherung und Ausbaues dieses Anteils muss die Anlagenverfügbarkeit sowie die Funktionsfähigkeit all ihrer Komponenten gewährleistet werden. Hier setzen die Arbeiten der Wissenschaftler am Fraunhofer IKTS an, die neue Verfahren und Systeme für die Zustandsüberwachung von Windenergieanlagen entwickeln. Vorteile dieser Verfahren sind besonders die bessere zeitliche Planbarkeit von Serviceeinsätzen und der Beurteilung ihres Umfangs sowie eine Abschätzung über das benötigte Equipment im Servicefall. In Abhängigkeit vom geforderten Detaillierungsgrad der Schadenserkennung werden die Systeme auf das Bauteil gebracht und in definierten Zeitabständen Messungen automatisch durchgeführt. Diese Eigenschaften machen sich vor allem an schwer zugänglichen Offshoreanlagen bezahlt. Die Wissenschaftler vom IKTS haben Messsysteme auf Basis geführter Wellen entwickelt, die an Rotorblättern und im Gründungsbereich der Strukturen Anwendung finden. Geführte Wellen sind eine spezielle Art des Ultraschalls, der sich in plattenförmigen Bauteilen über große Entfernungen von vielen Metern ausbreiten kann. Geführte Wellen können einerseits von Fehlstellen in der Struktur emittiert (man spricht von Schallemission) oder andererseits aktiv durch Aussenden von Ultraschall an piezoelektrischen Wandlern erzeugt werden. Die aktiv erzeugten Ultraschallwellen treten in Interaktion mit Schäden und werden von weiteren Wandlern wieder aufgenommen. Aus den Signalinformationen wird auf Schadstellen in der Struktur geschlossen. Bauteile von besonderer Relevanz an Windenergieanlagen sind die Rotorblätter. Hier ist im bundesdeutschen Durchschnitt alle 4 Jahre mit einem Vorfall zu rechnen. Das Ausmaß eines möglichen Schadensfalls hat sich in der jüngsten Vergangenheit wiederholt gezeigt.<sup>1</sup> Es wurde ein Messsystem entwickelt, das die durch Belastungen und Schäden in der Struktur hervorgerufenen Schallemissionssignale aufzeichnet.

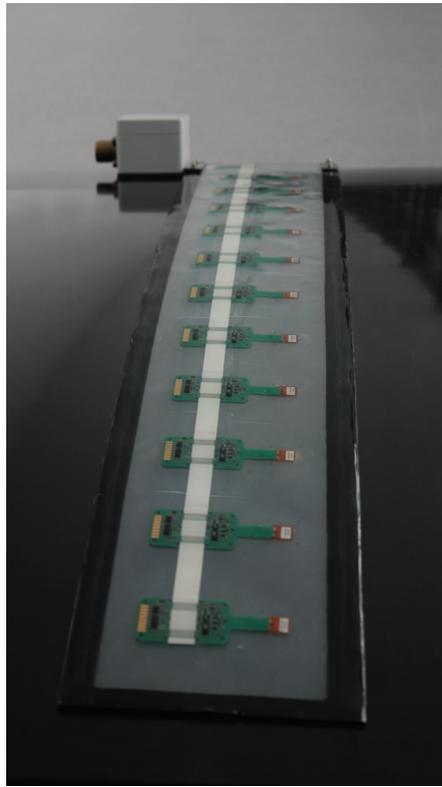


Abb.1 : Sensormanschette zur Überwachung von geschweißten Gründungsstrukturen

Diese Ultraschallereignisse werden über der Zeit gesammelt, eine Häufigkeitsverteilung ermittelt und hieraus ein Schadensfortschritt abgeleitet. Aufgrund der Blitzschutzproblematik in den Rotorblättern geschieht die Energie- und Datenübertragung zwischen Sensoren und Basisstation an der Blattwurzel über eine optische Verkabelung.

Ein weiteres kritisches Bauteil, das besonders im Offshorebereich hohen Belastungen ausgesetzt ist, ist die Gründungsstruktur. In Abhängigkeit der Wassertiefe und der Beschaffenheit des Meeresbodens werden für die Errichtung verschiedene Bauweisen gewählt. Am häufigsten werden hierzulande Monopile- und Jacket-Strukturen verwendet. Zu ihrer Überwachung haben die Dresdner Wissenschaftler je ein Monitoringssystem entwickelt.

Besonders anfällig gegen die wechselnden Lasten ist der Bereich, in dem Monopile und Anlagenturm im Transition Piece über ein spezielles Grout verbunden sind. Dieser Bereich lässt sich ebenfalls durch Ultraschall untersuchen. Hier sind besonders leistungsstarke Wandler notwendig, um das Grout durchschallen zu können. Die Gittermaststruktur der Jacketgründung besteht hingegen aus einer Vielzahl von einzelnen Rohren, die miteinander verschweißt wurden. Der Zustand der Schweißnähte ist zu überwachen. Hier kommt eine Sensormanschette zum Einsatz, die ähnlich dem CT-Verfahren in der Medizin funktioniert. Die ringförmig angeordneten Sensoren und Wandler bringen auch hier geführte Wellen in die Struktur ein. Durch die Wechselwirkung mit eventuellen Fehlstellen in den Schweißnähten ändern sich die Messsignale, was eine Bewertung der Struktur ermöglicht. Beide Messsysteme konnten bereits an realen Gründungen und offshore getestet werden.



Abb.2 : Sensormanschette am Modell einer Gründungsstruktur für Auslagerungstests

### Kontakt:

Dr. Lars Schubert  
Fraunhofer IKTS  
Tel. +49 351 88815-533  
E-Mail: lars.schubert@ikts.fraunhofer.de

<sup>1</sup> Siehe <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/umgestuerzte-windraeder-experten-suchen-nach-ursachen-a-1128624.html> (abgerufen am 05.01.2017)

# Festkörperaktoren mit neuen Eigenschaften auf der Basis von magnetischen Formgedächtnislegierungen

■ Festkörper, die ihre Form unter dem Einfluss von physikalischen Feldern ändern, üben eine große Faszination auf Produktentwickler und Gestalter aus. Dies umso mehr, wenn die Formänderungen deutlich mit bloßem Auge zu erkennen und mit großen Kraftwirkungen verbunden sind. Auch die Werkstoffe mit magnetischem Formgedächtnis fordern seit ihrem Bekanntwerden vor etwa zwei Jahrzehnten zu neuen Lösungen heraus.

Diese Werkstoffe zeigen außergewöhnliche magnetomechanische Eigenschaften. Bereits ab moderaten Magnetfeldern von 0,4 T zeigen sie starke Dehnungen von etwa 6 % oder üben in stärkeren Feldern Druckspannungen von bis etwa 2 MPa aus. Der Effekt ist hochdynamisch und über viele Millionen Zyklen stabil. Er beruht auf Zwillingsgrenzen, die unter einem externen Magnetfeld infolge magnetischer Anisotropie durch das einkristalline Gitter gleiten. Leider ist der Effekt hochgradig nichtlinear, mit Hysterese behaftet und von äußeren Bedingungen abhängig. Daher hat sich der Entwurf von Antrieben, die den magnetischen Formgedächtniswerkstoff effektiv ausnutzen, als schwierig herausgestellt. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Abstimmung von Aktor- und Lastkennlinie, darüber hinaus die Berücksichtigung dynamischer Effekte. Das Fraunhofer IKTS hat zur Lösung dieser Aufgabe Materialmodelle entwickelt, die einachsig belastete Elemente in ihrem magnetomechanischen Verhalten beschreiben und zur Systemsimulation geeignet sind. Sie berücksichtigen sowohl die von mechanischer Spannung und Magnetfeld abhängige Dehnung als auch die magnetische Rückwirkung auf die Magnetfeldquelle. Damit können neben aktorischen Anwendungen auch sensorische, in denen die Abhängigkeit der Permeabilität vom Dehnungszustand ausgenutzt wird, modelliert und ihr Entwurf unterstützt werden. Anwendungsbeispiele sind schnellschaltende Ventile und kraftgesteuerte Linearantriebe, die derzeit Gegenstand von geförderten Verbundprojekten sind, an denen das Fraunhofer IKTS beteiligt ist. Ein großer Vorteil der entwickelten Modelle ist ihre praxisgerechte Parametrierung.

Das Fraunhofer IKTS hat dazu effektive Methoden zur Materialcharakterisierung entwickelt, die auf diese Modelle zugeschnitten sind und künftig, wie die Modelle, dem Anwender zur Verfügung stehen. Die bisher entwickelten magnetischen Formgedächtniswerkstoffe sind Legierungen aus Nickel, Mangan und Gallium. Das Fraunhofer IWU arbeitet bereits seit Langem auf dem Forschungsgebiet der Werkstoffentwicklung einschließlich der erforderlichen Prozesstechnologien, denn ein breiter Einsatz dieser neuen Aktorwerkstoffe in industriellen Komponenten erfordert serientaugliche Werkstoff- und Prozesstechnologien zur Herstellung von qualitativ hochwertigen Aktor-Halbzeugen.

Für die Ni-Mn-Ga-Materialklasse ist die gesamte Wertschöpfungskette vom Rohmaterial bis zum fertigen Aktorsystem als solche erarbeitet, der Reifegrad der einzelnen Prozessschritte befindet sich jedoch bisher im Wesentlichen noch im Labor- oder Technikummaßstab für kleine Stückzahlen. Trotz der erzielten Fortschritte ist jedoch bis heute die Etablierung der magnetischen Formgedächtnistechnologie in industriellen Anwendungen sowohl abhängig vom strategisch wichtigen Rohstoff Gallium als auch von der Entwicklung einer kostengünstigen Prozessroute für die Aktor-Halbzeuge vordringliche Aufgabe geblieben. Deshalb entwickelt das Fraunhofer IWU gegenwärtig in mehreren, vom BMBF geförderten Verbundvorhaben gemeinsam mit Industriepartnern neue Legierungen mit verringertem Gallium-Anteil

bei gleichzeitiger Steigerung der aktorischen Materialeffizienz sowie serientaugliche Trenntechnologien zur Vereinzelung einkristalliner magnetischer Formgedächtnislegierungen.

Nur mit wesentlichen Erfolgen in diesem Bereich sind industrielle Basisanforderungen erfüllbar und die Voraussetzungen für Produktentwicklungen im Serienmaßstab für industrielle Applikationen geschaffen.

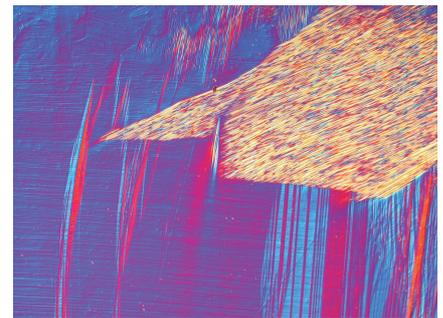


Abb. 1: Gefüge einer Ni-Mn-Ga-Legierung

**Kontakt:**

Dr. Holger Neubert  
 Fraunhofer IKTS  
 Tel. +49 351 2553-7615  
 E-Mail: holger.neubert@ikts.fraunhofer.de

Dr. Andrea Böhm  
 Fraunhofer IWU  
 Tel. +49 351 4772-2320  
 E-Mail: andrea.boehm@iwu.fraunhofer.de

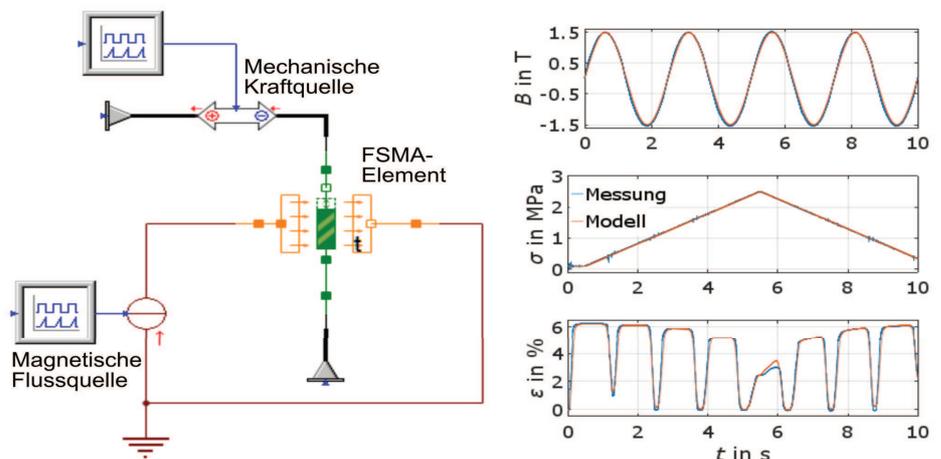


Abb. 2 : Probe aus einer Legierung mit magnetischem Formgedächtnis (FSMA)

# OpenAdaptronik

■ Adaptronische Komponenten werden häufig als komplexe und teure Systeme betrachtet, die nur von Fachleuten entwickelt werden können. Dass es auch einfach und kostengünstig geht, wird im Projekt OpenAdaptronik gezeigt. OpenAdaptronik bereitet aktive Systeme zur Schwingungsminderung für die Marker-Bewegung in der Photonik auf. So soll es möglich werden, einer breiten Öffentlichkeit die Umsetzung von bildstabilisierenden Systemen, Schwingungsisolatoren für optische Instrumente und vielem mehr zu ermöglichen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das Projekt „OpenAdaptronik“ über drei Jahre im Rahmen der Fördermaßnahme „Open Photonik“. Ziel der Maßnahme ist es, am Beispiel der Photonik neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft mit Bürgern zu ermöglichen und damit zusätzliche Innovationspfade und -potentiale zu erschließen. Die Maßnahme läuft im Rahmen des Programms „Photonik Forschung Deutschland“.

## Events

### Laser: World of Photonics

LASER World of PHOTONICS, die Weltleitmesse für Komponenten, Systeme und Anwendungen der Photonik. Zusammen mit dem World of Photonics Congress vereinigt sie Forschung und Industrie und fördert Nutzen und Weiterentwicklung der Photonik. Das Fraunhofer Projekt „OpenAdaptronik“ wird sich auf dieser Messe vom 26. – 29. Juni 2017 in München, mit einem Messestand vorstellen. Alle Mitarbeiter und Studenten von „OpenAdaptronik“ freuen sich auf einen aktiven Erfahrung- und Ideenaustausch.

Zudem wird ein Interessantes Exponat den Besuchern das Thema Schwingungsminderung mittels aktiver Systeme anschaulich nähergebracht.

Nähere Informationen zum Inhalt und zur Anmeldung finden Sie unter: [www.world-of-photonics.com](http://www.world-of-photonics.com)



Ziel des Projektes ist die webbasierte Wissensplattform, die im Laufe der Zeit und unter Mitwirkung von „Jedermann“ entstehen wird. So füttern nicht nur die Wissenschaftler die Plattform mit Werkzeugen, Anleitungen und ersten Praxisbeispielen. Ein reger Austausch ist ausdrücklich gewünscht, denn erst die Beiträge der Nutzer in Form von eigenen Anleitungen und Beispielen für ganz individuelle Entwicklungen erweckt die Wissensplattform zum Leben. Ganz im Sinne einer Open Source-Strategie sollen die einzelnen Teile des Baukastens gemeinsam mit Nutzern verbessert werden. Auch der Austausch zwischen Anbietern und potentiellen Kunden von Lösungen und Dienstleistern soll über die Plattform möglich sein. So kann der Werkzeugkasten beispielsweise einem Nutzer (den in der Entwicklung photonischer Technologien tätigen kleinen und mittelständischen Unternehmen) dabei helfen sein spezielles Schwingungsproblem durch rechnergestützte Verfahren leicht zu simulieren und zu analysieren. Auch kann er ein grundsätzliches Verständnis von schwingungstechnischen Aufgaben in photonischen Systemen (resonante Schwingungen, verschiedene Arten von Störungen, ...) erlangen. Darüber hinaus dient diese Simulation zur Auslegung und Dimensionierung geeigneter und preiswerter Komponenten, so dass der Entwickler mit geringem Mitteleinsatz eine auf sein photonisches System zugeschnittene Lösung erarbeiten und prototypisch umsetzen kann.

Die zu entwickelnden Werkzeuge und Systeme werden unter geeigneten Open Source Lizenzen zur Verfügung stehen. Besonderer Wert wird darauf gelegt, dass die adaptronischen Systeme unter Einsatz leicht zu beschaffender Komponenten realisiert werden können, um die Technologie der breiten Öffentlichkeit leicht zugänglich zu machen und die Eintrittshürden für eigene wissenschaftlich-technische Untersuchungen zu senken.

Eine offene Plattform zur Dokumentation

der Werkzeuge und Entwürfe komplettiert das Open Source Toolkit. Zur Erreichung dieser Ziele werden im Projekt zunächst offene Plattformen zur Schwingungsmessung entwickelt, welche eine einfache Problemanalyse am jeweiligen photonischen System ermöglichen.

Mit Hilfe von Open Source Plattformen werden weiterhin offene Simulations- und Modellierungswerkzeuge geschaffen, welche eine einfache Auslegung des adaptronischen Systems ermöglichen.

Schließlich werden auch offene Entwürfe für adaptronische Systemkomponenten (Sensoren, Elektronik, Aktorik) entwickelt, welche sich preiswert und flexibel z.B. in FabLabs herstellen lassen und leicht an das eigene photonische System und Schwingungsproblem angepasst werden können. Die Komponenten werden gegen herkömmliche Standardlösungen evaluiert, um ihre Leistungsfähigkeit einschätzen zu können.

In Ergänzung dazu wird das Fraunhofer LBF selbst eine Verwertung vornehmen, indem es bei solchen Entwicklungs- oder Engineering-Projekten unterstützend tätig wird. Insbesondere soll auch der Austausch zwischen potentiellen Kunden und Anbietern für die obigen Lösungen und Dienstleistungen ermöglicht werden. Das Projekt und dessen Verwertung werden durch das Fab-Lab Darmstadt vielfältig unterstützt.

#### Kontakt:

Dipl.-Ing. Heiko Atzrodt  
Fraunhofer LBF  
Tel. +49 6151 705-349  
E-Mail: [heiko.atzrodt@lbf.fraunhofer.de](mailto:heiko.atzrodt@lbf.fraunhofer.de)  
Weitere Informationen und Beispiele finden Sie unter: [www.openadaptronik.de](http://www.openadaptronik.de)

# Smart Factory – Bauteilsensorik für die Produktion



Abb. 1: Fertigungsschritte des sensorischen Dünnschichtsystems auf Unterlegscheibengrundkörpern.

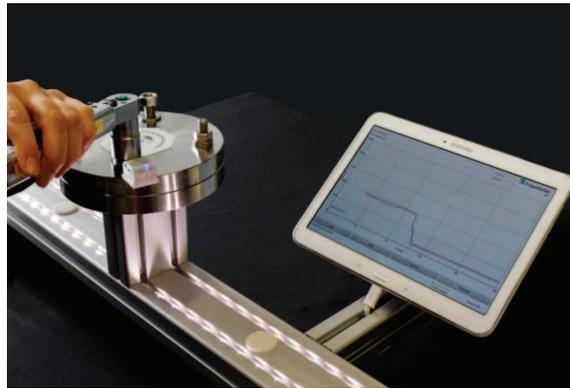


Abb. 2: Messung der in einer Schraubverbindung auf die sensorische Unterlegscheibe wirkenden Normalbelastung.



Abb. 3: Kunststoffspritzgusswerkzeug mit Heizstruktur aus Kupfer.

Verschleißfeste Dünnschichtsensorik auf Bauteiloberflächen ermöglicht der Industrie in schwer zugänglichen Hochlastbereichen Daten über die Belastungs- und Temperaturzustände in Echtzeit zu erfassen. Dafür werden tribologisch beständige Dünnschichtsysteme am Fraunhofer IST entwickelt, deren Basis die DiaForce®-Schicht bildet. Dies ist eine amorphe Kohlenwasserstoffschicht, die eine Härte von 24 GPa aufweist (Dia für Diamant steht für die hohe Härte der Schicht) und unter Belastung (Force) ihren elektrischen Widerstand reversibel ändert. Auf diese Schicht werden für die lokal aufgelöste Kraftmessung einzelne Elektrodenstrukturen aus Chrom gefertigt. Darauf folgt eine elektrisch isolierende Zwischenschicht (SiCON®: Silizium und Sauerstoff modifizierte Kohlenwasserstoffschicht), auf der wiederum aus Chrom einzelne Temperatursensorstrukturen lithografisch strukturiert werden. Zum Abschluss wird als verschleißfeste und elektrisch isolierende Deckschicht eine weitere SiCON®-Schicht abgeschieden. Das gesamte Schichtsystem weist eine Dicke von 10 µm auf. Anwendung findet dieses Schichtsystem direkt abgeschieden auf den komplex geformten Oberflächen von Werkzeugen für das Blechbiegen und das Blechtiefziehen.

Dort treten die sensorischen Dünnschichtsysteme in direkten Kontakt mit dem umzuformenden Blech und geben die durch den Reibkontakt verursachten Temperatur- und Kraftverteilungen während des Prozesses wieder. Ebenfalls findet dieses verschleißbeständige und zugleich multisensorische Schichtsystem Anwendung auf universell einsetzbaren Unterlegscheiben, als Mess- und Sicherheitssystem für Schraubverbindungen. Die einzelnen Herstellungsschritte dieser intelligenten Unterlegscheibe sind in Abbildung 1 zu sehen. Im Hintergrund wird der unbeschichtete Grundkörper gezeigt, auf den als erstes die dunkelgraue DiaForce®-Schicht homogen abgeschieden wird. Die dritte Probe von oben hat auf ihrer Oberfläche die zweite strukturierte Chromschicht, die sowohl die Temperaturmäanderstruktur wie auch die Position der Elektrodenstrukturen zur lokalen Kraftmessung aufweist. Die vordere Probe ist mit dem vollständigen multifunktionalen Schichtsystem beschichtet. In dem Laschenbereich wird ein Bluetooth Low Energy Datenübertragungssystem integriert, welches dem kabellosen Datentransfer an ein Smartphone oder Tablet dient, wie es in Abbildung 2 dargestellt ist. Des Weiteren entwickelt das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KUJ) eine Kombination aus sensorischem Schichtsystem mit integrierten Heizleiterstrukturen aus Kupfer für den Mikrokunststoffspritzguss.

Ein Spritzgusswerkzeug mit komplex geformter Heizleiterstruktur wird in Abbildung 3 gezeigt. Es dient der Optimierung der Temperaturverteilung in direktem Kontakt mit der Kunststoffschmelze.

**Kontakt:**

Dr.-Ing. Saskia Biehl  
 Fraunhofer IST  
 Tel. + 49 531 2155 604  
 E-Mail: [saskia.nina.biehl@ist.fraunhofer.de](mailto:saskia.nina.biehl@ist.fraunhofer.de)

Events

## Make Rhein Main

Moderne Technologien ermöglichen neue Formen des Bastelns. Hierzu gehören der 3D-Druck, Drohnen und Roboter. Das Team des Projektes „Open Adaptronik“ vom Fraunhofer LBF wird vom 17.-19. März 2017 an der Make Rhein-Main teilnehmen. Hierbei wird ein interessanter Demonstrator vorgestellt, der der Maker-Bewegung das Open Adaptronik-Projekt als Teil der Photonik näher bringen soll. Weiter erwarten die Messebesucher einen regen Austausch über jegliche Formen von Schwingungsminderung in der Photonik und wie man diese als Do-It-Yourself Lösung kostengünstig umsetzt.

Weitere Informationen erhalten Sie im Internet unter:  
[www.make-rhein-main.de](http://www.make-rhein-main.de)

# Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC

■ Das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC hat sich als eines der wichtigsten Zentren für materialbasierte Energie- und Ressourceneffizienz etabliert. Rund 400 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Technikerinnen und Techniker forschen im Haupthaus in Würzburg sowie an den Standorten Bronnbach, Bayreuth, Alzenau und Hanau an innovativen Materialien und Verfahren für heutige und zukünftige Produkte.

Hauptsitz des Fraunhofer ISC ist Würzburg. Gemeinsam mit seinem Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL in Bayreuth und seiner Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau/Hanau hat das Institut umfassende Material- und Verfahrenskompetenz. Zum Fraunhofer

ISC gehören auch die Anwendungszentren »Textile Faserkeramik« an der Hochschule Hof-Münchberg, sowie »Ressourceneffizienz« an der Hochschule Aschaffenburg. Hervorragend vernetzt mit den Schwesterinstituten in der Fraunhofer-Gesellschaft und mit Forschungseinrichtungen innerhalb und außerhalb von Europa ist das Institut an einer Vielzahl von nationalen und internationalen Verbundprojekten beteiligt. Im Fraunhofer ISC werden Werkstofflösungen für unterschiedlichste Anwendungen auf Basis einer einzigartigen Kombination aus Material-, Verarbeitungs-, Anwendungs- und Analytik-Know-how erarbeitet. Mit Blick auf die effiziente Nutzung von Ressourcen und Energie setzt das Institut für seine Entwicklungen auf den Einsatz nach-

wachsender und umweltfreundlicher Rohstoffe, die Substitution kritischer Werkstoffe sowie auf intelligente und nachhaltige Verfahren. Neben Auftragsforschung und -entwicklung bietet das ISC produktionsbegleitende Analytik und Charakterisierung, Prozessoptimierung, Gerätebau sowie das Upscaling von Herstell- und Verarbeitungsverfahren bis in den Pilotmaßstab. Darüber hinaus werden innovative Recyclingtechnologien und Strategien zur Sicherung wertvoller Ressourcen entwickelt. Damit ist das Fraunhofer ISC mit der Projektgruppe IWKS und dem Zentrum HTL kompetenter Partner für Unternehmen bei der Entwicklung neuer Produkte ebenso wie bei der Qualitäts- und Zukunftssicherung.



Abb. 1: Neubau Technikum III des Fraunhofer ISC in Würzburg © K. Heyer für Fraunhofer ISC

# Schwerpunkt Adaptive Werkstoffe

Im Center Smart Materials CeSMa des Fraunhofer ISC werden Smart Materials für neue sensorische und aktorische Funktionen entwickelt. Die Steuerung der Materialeigenschaften erfolgt über elektrische oder magnetische Felder. Smart Materials sparen Gewicht, motorisch getriebene bewegliche Teile und damit Energie. Sie ermöglichen neue Designs und intuitiv erlernbare Bedienkonzepte. Das bringt auch für die Anwender messbare Vorteile.



Abb. 2: Handschuh mit Sensorik zur Erfassung von Greifkräften © K. Selsam-Geißler, Fraunhofer ISC

Neben piezoelektrischen Werkstoffen wird bei CeSMa aktuell insbesondere auf dem Gebiet der Soft Smart Materials geforscht. Dielektrische Elastomersensoren (DES) z. B. bestehen aus einer elastischen Folie aus Silicon mit flexiblen und dehnbaren Elektroden auf beiden Seiten und messen Verformungen oder Druckeinwirkungen. Sie lassen sich u. a. zur kapazitiven Messung von Greifkräften in einem Handschuh oder am Roboter einsetzen, zum Monitoring der Druckbelastung an den Füßen von Diabetikern,



Abb. 3: Bedienelemente aus kapazitiven Sensoren zur Steuerung von technischen Funktionen auf Lenkrad © K. Selsam-Geißler, Fraunhofer ISC

um Druckgeschwüre zu vermeiden, sowie zur Überwachung der Verformung von Elastomerbauteilen.

Ein Anwendungsfeld mit wachsender Bedeutung entsteht in der Entwicklung von flexiblen Bedienelementen zur Mensch-Maschine-Interaktion. Aktoren aus magnetorheologischen Elastomeren (MRE) können magnetisch gesteuert lineare sowie auch radiale Bewegungen ausführen und damit haptische Rückmeldungen bei der Berührung mit dem Finger erzeugen. Ebenso lassen sich damit spezielle Pumpen sowie neuartige Klemmfunktionen und Ventile realisieren. Dielektrische Elastomeraktoren (DEA) hingegen ermöglichen neue Aktorkonzepte bis hin zu elektrisch gesteuerten Bewegungen in fünf Freiheitsgraden. Schließlich werden mit magnetorheologischen Flüssigkeiten (MRF), deren Konsistenz über ein Magnetfeld beeinflusst, adaptive Dämpfer, Kupplungen und Bremsen entwickelt. Weitere Anwendungen dieser fluiden Materialien bestehen in haptischen Bedienelementen und in Vorrichtungen zum Fixieren von Bauteilen.

Durch die Verknüpfung von Materialforschung und Technologieentwicklung lassen sich mit Smart Materials eine Vielzahl von innovativen technischen Funktionen auf einfache Weise erfüllen.

**Kontakt:**

Fraunhofer ISC  
Neunerplatz 2  
97082 Würzburg  
www.isc.fraunhofer.de  
info@isc.fraunhofer.de

Events

## 4SMARTS - Symposium für Smarte Strukturen und Systeme

Vom 21. bis 22. Juni 2017 findet in Braunschweig das Symposium für Smarte Strukturen und Systeme statt. Die wissenschaftlichen Schirmherren sind das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF und das Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR).

Es erwartet Sie ein dichtes Vortragsprogramm, ein spannender Austausch über die klassischen Anwendungen der Mechatronik und Adaptronik sowie zahlreiche weitere Einsatzgebiete, wie z.B. Aktive Schwingungsbeeinflussung oder Structural Health Monitoring.

Im Fokus des Symposiums steht das Thema „smarte“ Systeme und alle relevante Aspekte hierzu.

Nutzen Sie die Chance, das Symposium 4SMARTS von Beginn an mit zu prägen! Kommen Sie zum Erfahrung- und Ideenaustausch nach Braunschweig!

Nähere Informationen zum Inhalt und zur Anmeldung finden Sie unter:  
<http://4smarts.inventum.de/home/>



# Adaptronik - Technik, die verändert

## Die beteiligten Institute:

**Fraunhofer-Institute für** Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt  
Integrierte Schaltungen IIS, Erlangen  
Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden  
Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig  
Silicatiforschung ISC, Würzburg  
Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Dresden  
Einrichtung für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, Paderborn



## Impressum

### Herausgeber:

Fraunhofer-Allianz Adaptronik  
Postfach 10 05 61  
64205 Darmstadt  
Tel: +49 6151 705-236  
Fax: +49 6151 705-214  
info@adaptronik.fraunhofer.de  
www.adaptronik.fraunhofer.de

### Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Heiko Atzrodt

### Allianzsprecher:

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

### Redaktion:

Dipl.-Kauffr. Anika Taut

 **Fraunhofer**  
ADAPTRONIK