

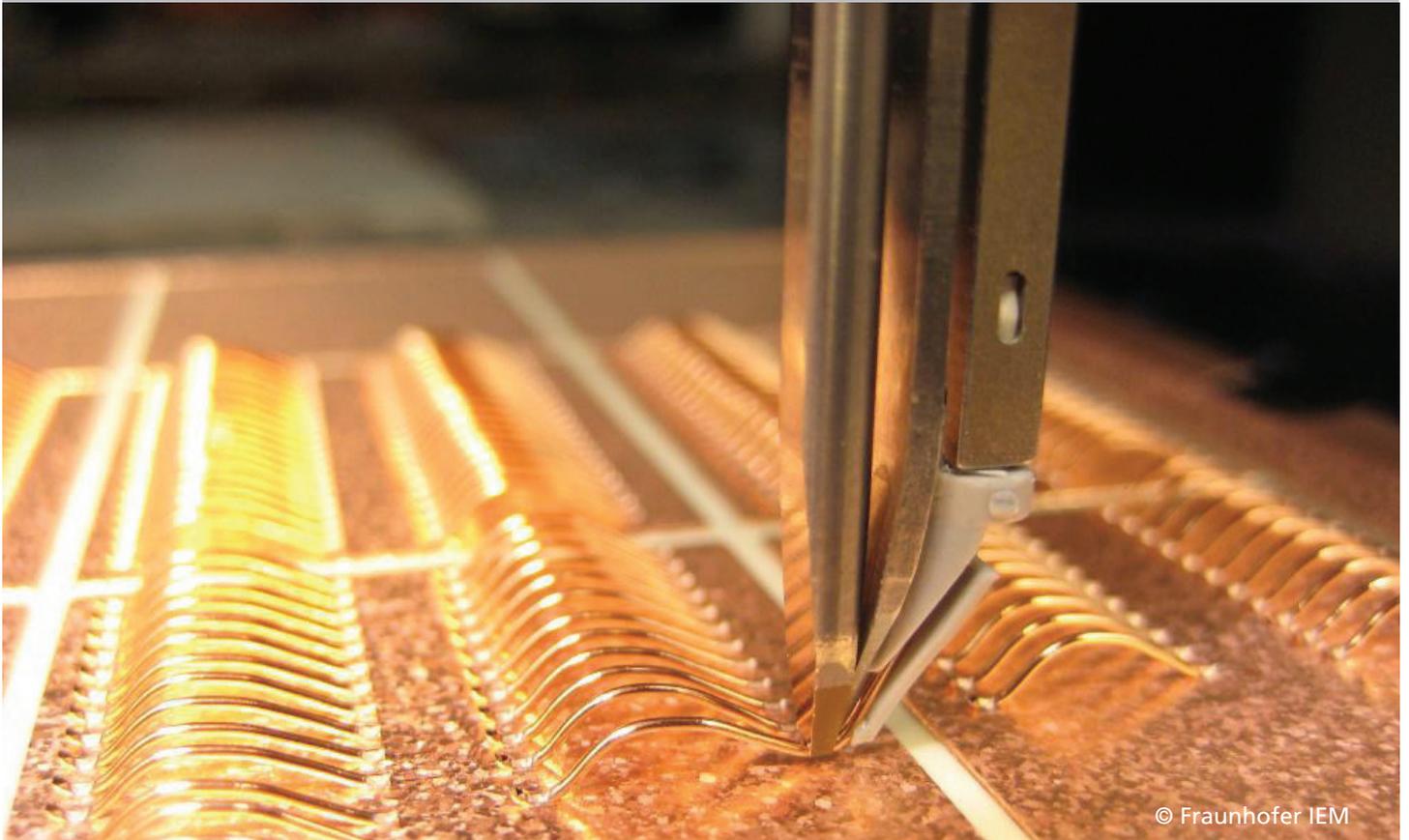
ADAPTRONIK

NEWSLETTER

Juni | 2020

Menschen | Events | Projekte | Institute

 **Fraunhofer**
ADAPTRONIK



© Fraunhofer IEM

GEMEINSAM ERFORSCHEN – ZUSAMMEN ENTWICKELN

VORWORT

2 Dr.-Ing. Sven Herold

MENSCHEN

3 Fraunhofer-Allianz Adaptronik (FAA)

4 Interview Dr.-Ing. Saskia Biehl

PROJEKTE

5 KI-Assistenzsysteme für industrielle Fertigungsprozesse

6 Legierung mit Gedächtnis

8 Automation in Losgröße 1 - Funktionsdruck in der Produktion

9 Kostengünstiger und nachhaltiger Leichtbau durch effiziente numerische Methoden

10 Schwingungsbasierte Strukturüberwachung mittels eines adaptiven EMI-Messkopfes

11 Produktnahe energieautarke Sensoren für rotierende Systeme optimieren die Zustandsüberwachung von Antriebssträngen

12 Energieautarkes Miniatorsensorsystem zur Steckzyklenzählung

13 Mehr Innovationskraft und geringeres Entwicklungsrisiko durch modulare Sensor-Plattform

14 Verschleißbeständige Dünnschichtsensorik zur Messung von Temperaturverläufen in Hauptlastbereichen

INSTITUT

15 Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS - Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS

Liebe Leser,

gemeinsam mit unseren Partnern erforschen und gestalten wir bei Fraunhofer die Themen der Zukunft mit direktem Nutzen für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Unsere zentralen Forschungsfelder sind dabei nach den Bedürfnissen der Menschen hinsichtlich Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Mobilität, Energie und Umwelt ausgerichtet. Mit den in der Fraunhofer-Allianz Adaptronik gebündelten Kompetenzen und unseren innovativen Ideen reagieren wir flexibel auf die Trends der Zeit und unterstützen unsere Kunden in der Gestaltung von Technik. Wir entwerfen neue Produkte und Verfahren mit optimierten Eigenschaften und gehen gemeinsam neue Wege.

Für die Beherrschung von Komplexität und Interaktion zukünftiger Produktgenerationen, die zunehmend durch neue Eigenschaften, integrierte Funktionen und Vernetzung gekennzeichnet sind und damit cyber-physische Systeme darstellen, sind Prozesse so zu gestalten, dass diese in definierten Kostenrahmen effizient und schnell entwickelt sowie abgesichert werden können. Mit adaptronischen Ansätzen adressieren wir die Umsetzung entsprechender Produktinnovationen und tragen dazu bei, beschleunigte und schlanke Entwicklungs- und Produktionsprozesse nachhaltig zu gestalten. Wir erfassen unterschiedlichste physikalische Phänomene mit verteilten Sensoriken und analysieren, bewerten und verarbeiten die gewonnenen Informationen mit modernen Algorithmen der Signalverarbeitung (z.B. Maschinelles Lernen) auf eingebetteten Systemen. Die sichere Anbindung an Cloud und IoT erlaubt die zusätzliche Nutzung nahezu unbegrenzter Informationsquellen gerade über Systemgrenzen hinaus. Damit gelingt es verteilte aktorische Funktionen anzusteuern und verbesserte Systemeigenschaften sowie optimale Betriebsmodi direkt zu adaptieren. Auf diese Weise schaffen wir gemeinsam mit unseren Partnern selbstkonfigurierende, autonom sicher und nachhaltig agierende Systemlösungen.

Die smarte Strukturtechnologie wird in der Fraunhofer-Allianz Adaptronik auf allen Ebenen der Produktentwicklung angewandt - vom Material bis hin zum System. In der Produktionstechnik tragen adaptronische Ansätze zur Verkürzung von Taktzeiten sowie zur Genauigkeits- und Qualitätssteigerung bei. Sie ermöglichen damit fortschrittliche Produktlösungen mit Alleinstellungsmerkmalen und eine nachhaltige, effiziente Produktion von morgen.

In diesem Newsletter stellen wir konkrete Beispiele für adaptronische Anwendungen in Produktentwicklung und Produktionstechnik vor. Dies sind unter anderem KI-Assistenzsysteme, Automationsansätze für kleinste Losgrößen (bis hin zu LG 1) oder Inline Überwachungsansätze für die Produktion. Außerdem fokussieren wir auf integrierte Sensorsysteme mit intelligenten Funktionen und neue Methoden für den kostengünstigen und nachhaltigen Leichtbau.

»Die smarte Strukturtechnologie führt Material-, Entwurfs-, Fertigungs- und Informationstechniken der Zukunft zusammen und schafft damit Mehrwerte in hochwertigen funktionalen, sicheren und nachhaltigen Produkten für die Menschen und die Wirtschaft.«

Kontaktieren Sie uns und entwickeln Sie gemeinsam mit uns innovative Ideen für Ihre Anwendungen und Produkte von übermorgen.

Sven Herold



Fraunhofer-Allianz Adaptronik

Dr.-Ing. Sven Herold
Allianzsprecher
Bartningstr. 47
64289 Darmstadt
Telefon +49 6151 705 259

info@adaptronik.fraunhofer.de
www.adaptronik.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, Paderborn

Hohe Anforderungen an die Produktqualität und eine wachsende Komplexität aufgrund erhöhter Funktionsdichte erschweren zunehmend die Entwicklung von mechatronischen Systemen sowie die Konzipierung, den Aufbau und die Inbetriebnahme von Fertigungsanlagen. Wir unterstützen Sie bei der Entwicklung und der systematischen Auslegung maschinenbaulicher Anlagen und mechatronischer Systeme.

Christian Henke



Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Nürnberg

Die Schwerpunkte des Fraunhofer IIS im Bereich Adaptronik liegen in der Entwicklung und Optimierung elektronischer Schaltungen und Systeme. Hier sind vor allem die Sensorentwicklung, die Aktor- und Sensorsignalverarbeitung und die monolithische Integration von Schaltungen und Systemen von Bedeutung.

Peter Spies



Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden

Besondere Werkstoffkompetenz besteht für Komplexperowskite, die als piezokeramische bzw. dielektrische Hochleistungskeramiken Träger aktorischer, sensorischer und elektronischer Funktionen in monolithischen Bauelementen und Werkstoffverbunden mit Polymeren, Metallen, Gläsern und weiteren Keramiken sind.

Holger Neubert



Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, Würzburg

Die Überwachung sicherheitsrelevanter tragender Strukturen von Glasfassaden, Stahlrohren, und Faserverbundbauteilen in Fahrzeugen und Flugzeugen, Windrädern erfordert langzeitstabile Sensoren mit hoher Fehler- und Ortsauflösung. Mit Hilfe von integrierbaren piezoelektrischen Ultraschallwandlern werden Ultraschallpulse im Frequenzbereich 20 – 200 kHz in das Bauteil eingekoppelt.

Bernhard Brunner



Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig

Das Fraunhofer-IST bündelt als industrienahes FuE-Dienstleistungszentrum Kompetenzen auf den Gebieten Schichtherstellung, Schichtanwendung, Schichtcharakterisierung und Oberflächenanalyse. Die Aktivitäten im Bereich der Adaptronik konzentrieren sich auf die Entwicklung innovativer Schichtsysteme mit integrierten Sensoren und multifunktionalen Schichten mit exzellenten tribologischen und sensorischen Eigenschaften.

Marcel Plogmeyer



Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Dresden

Die Schwerpunkte der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Adaptronik am Fraunhofer IWU liegen in der Systemanalyse, in der Entwicklung von Sensor-Aktor-Einheiten mit hoher Funktionsverdichtung, dem Einsatz optimal angepasster Ansteuer- und Regelungstechnik sowie der Produktion mechatronischer/adaptronischer Komponenten für adaptive Leichtbaustrukturen.

André Bucht



Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt

Forschungsaufgabe des Fraunhofer LBF im Bereich der Adaptronik ist die Entwicklung und Anwendung von virtuellen und experimentellen Methoden, Verfahren und Werkzeugen zur Auslegung, Bewertung und Realisierung komplexer, aktiver Struktursysteme unter besonderer Berücksichtigung der Strukturmechanik, der Vibroakustik sowie der realen Betriebsbedingungen.

Heiko Atzrodt



Interview mit Dr.-Ing. Saskia Biehl

● Seit 12.2019:	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer LBF; Leitung Ultraleichtbau
● 02.2001-11.2019:	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IST
● 02.2007-11.2019:	Leitung der Gruppe Mikro- und Sensortechnologie am Fraunhofer IST
● 12.2010:	Promotion zum Dr.-Ing. an der Technischen Universität Braunschweig im Fachbereich Maschinenbau
● 07.2000-01.2001:	Ingenieurin im Bereich Qualitätssicherung bei der Interpane Glasbeschichtungsgesellschaft
● 09.1999:	Diplom in Werkstoffwissenschaften an der Universität des Saarlandes



■ Nach fast zwei Jahrzehnten am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig hat Frau Dr. Saskia-Nina Biehl zum 1.1.2020 ans Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF gewechselt. Wir waren neugierig und baten Frau Dr. Biehl zum Interview.

Was war Ihr Zuständigkeitsbereich beim Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig?

Ich war die vergangenen 19 Jahre am Fraunhofer IST damit beschäftigt auf kreative Art und Weise das Forschungsgebiet der Schichttechnologie mit dem der Mikrostrukturierung zu kombinieren, mit dem Ziel multifunktionale Schichtsysteme zu entwickeln. Diese sensorischen Dünnschichtsysteme, mit einer maximalen Dicke von 10 µm, sind verschleißbeständig und können daher in Hochlastbereichen wie z.B. direkt in der Laufbahn von Lagern, Belastungen, Temperaturen, Verschleiß, aber auch die Drehgeschwindigkeit und Unwuchten, bestimmen.

An welchen Projekten waren Sie dort beteiligt? Was waren ihre größten Erfolge?

Diese Entwicklungen, die ich gemeinsam mit meiner Gruppe durchführte, hatten sehr unterschiedliche industrielle Anwendungen zum Ziel. Daher wurden sie sowohl in zahlreichen öffentlich geförderten Projekten wie auch in bilateralen Industrieprojekten realisiert. Zu den größten Erfolgen zählen die Entwicklung der sensorischen Unterlegscheibensysteme, die nach Kundenwün-

schen individuell gestaltet werden und in den Jahren einen universellen Einsatz erfahren haben. Im Bereich der ressourceneffizienten Produktion haben wir sowohl Sensormodule wie auch ganze sensorische Werkzeuge für das Blechbiegen, -tiefziehen und -schneiden sowie für den Kunststoffspritzguss entwickelt. Aber auch die Messdaten der Dünnschichtsensorik in Lagern und auf Zahnradflanken liefern einen erheblichen Beitrag zur Optimierung von Simulationen und Produktionsprozessen. Eine echte Herausforderung, die wir erfolgreich in dem vom BMWi geförderten Projekt »ev-Trailer« meistern konnten, war die Entwicklung des sensorischen Königszapfens, das sechs Kilogramm schwere komplex geformte Verbindungsstück zwischen Zugmaschine und Trailer bei einem LKW. Seine Messdaten dienen der Optimierung der Fahrdynamik zur Kraftstoffeinsparung und damit zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes.

Sie sind zum 01.12.2019 ans Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF gewechselt. Welche Herausforderung stellen Sie sich hier?

Das Fraunhofer LBF vereint die Kompetenzen der Betriebsfestigkeit, mit seinen vielseitigen und umfangreichen Prüfeinrichtungen, mit denen der Adaptronik und der Kunststoffentwicklung. Ich verfolge das Ziel mit neuen Ideen in Projekten diese Kompetenzen zu vereinen und damit Entwicklungen für den Ultraleichtbau zu ermöglichen, die zu einer radikalen Gewichtseinsparung

führen. Dabei wird ein Schwerpunkt meiner Arbeit auf dem funktionsintegrierten Leichtbau liegen.

Wenn Sie 20 Jahre in die Zukunft schauen könnten, welche Entwicklungen, die jetzt noch in den Kinderschuhen stecken, könnten Ihrer Meinung nach dann Realität sein?

Ich kann mir gut vorstellen, dass in 20 Jahren im Produktionsbereich Betriebe sehr flexibel auf Kundenwünsche reagierend und kosteneffektiv mit einer gegen null gehenden Ausschussrate fertigen können basierend auf realen Prozessdaten, die in situ verarbeitet werden und zu einem immer aktuellen Condition Monitoring führen. Die Basis dafür bilden cyber-physische Systeme, die heute noch sehr komplex erscheinen. Im Automobilbereich werden die Entwicklungen für das autonome Fahren von PKWs in den letzten Zügen liegen. Für LKWs werden diese hoffentlich Realität sein.

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Dr.-Ing. Saskia Biehl
Bartningstr. 47
64289 Darmstadt
Telefon +49 6151 705 282

saskia.biehl@lbf.fraunhofer.de
www.lbf.fraunhofer.de

KI-Assistenzsysteme für industrielle Fertigungsprozesse

■ Das Fraunhofer IEM setzt sich als Ziel, technische Innovationen auf dem Gebiet des maschinellen Lernens in Form von Assistenzsystemen für die Industrie nutzbar zu machen. Algorithmen des maschinellen Lernens (ML) besitzen die Fähigkeit, Strukturen und Zusammenhänge in digitalen Daten zu erkennen, die für das menschliche Auge verdeckt bleiben. Diese Fähigkeit ist extrem wertvoll für den Entwicklungsprozess von intelligenten technischen Systemen. Beispielsweise können leistungsstarke ML-Algorithmen Wissen aus großen Datenmengen extrahieren, welches dann Unternehmensprozessen zur Verfügung gestellt wird. Der Einsatz dieser Technologien führt aktuell zu einem Umbruch in der Wertschöpfungskette der industriellen Produktion.

Verbesserter Parametersatz dank intelligentem Assistenzsystem

Wenn eine industrielle Fertigungslinie in Betrieb genommen wird, ist jede Minute bares Geld wert. Der Einrichtungsingenieur steht beim Finden der optimalen Produktionsparameter folglich unter hohem Zeitdruck. Trotzdem muss der Parametersatz eine hohe Produktqualität und Robustheit gegenüber Umgebungseinflüssen gewährleisten. An dieser Stelle kommt ein intelligentes Assistenzsystem zum Einsatz, das auf der Grundlage

von Expertenwissen und bereits gesammelten Produktionsdaten neue Vorschläge für einen verbesserten Parametersatz berechnet. Am Beispiel einer Drahtbondmaschine wird die Funktionsfähigkeit des Assistenzsystems erprobt. Hier sind eine hohe Festigkeit der Bondverbindung und eine unbeschädigte Platine oberste Gütekriterien. Dem gegenüber stehen insgesamt 10 Parameter zur Einstellung der Bondmaschine. Die Bondverbindung, das Produkt der Maschine, wird durch die spezielle Kombination aus Draht- und Untergrundmaterial und weiteren anwendungsspezifischen Anforderungen gekennzeichnet. Jede Anwendung hat somit ein eigenes Optimum bei der Parametereinstellung. Bei der Inbetriebnahme stellt der Einrichter einen Parametersatz ein und prüft anschließend die Qualität der entstandenen Verbindung. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt, bis die Bondverbindung alle Anforderungen erfüllt. Das am Fraunhofer IEM entwickelte intelligente Assistenzsystem unterstützt den Einrichter beim Finden der optimalen Bondparameter. Es wurde zunächst auf Basis eines Simulationsmodells vortrainiert und verfeinert seine Struktur mit jedem Testdurchlauf weiter. Dadurch können immer genauere Aussagen zu dem aktuell vorliegenden Einstellungsproblem getroffen werden.

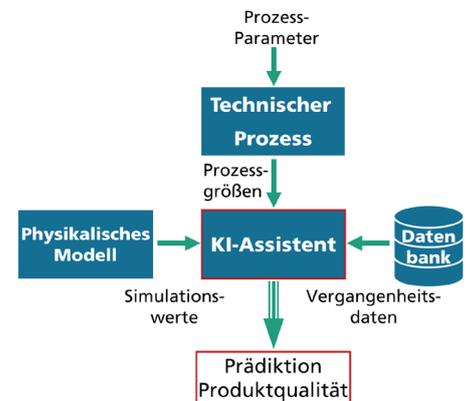
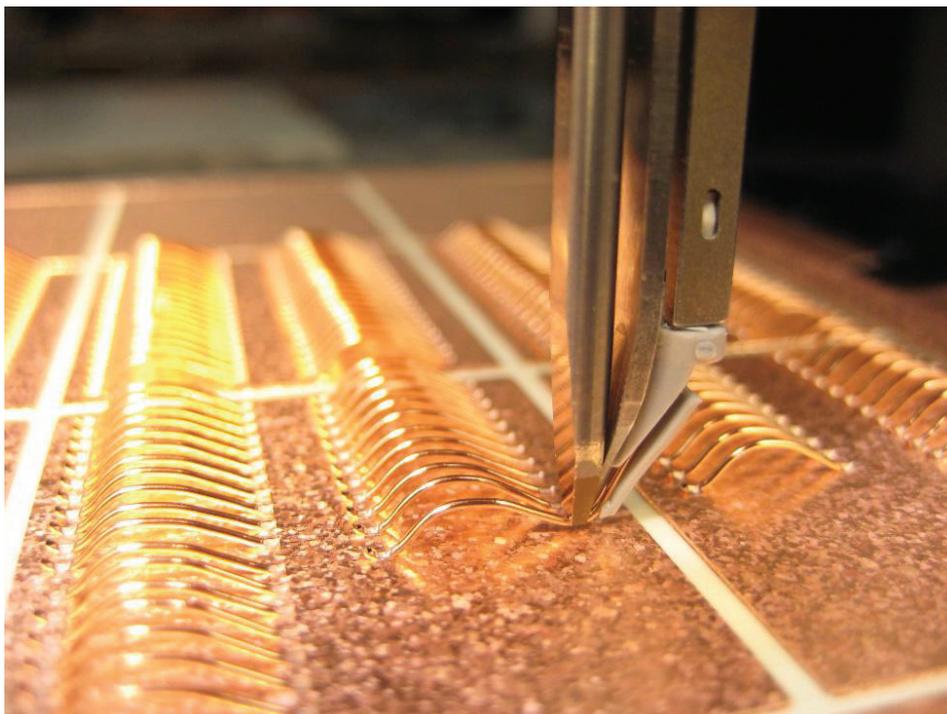


Schaubild KI-Assistent für Prädiktion der Produktqualität

Voraussage der Produktqualität

Ein weiteres Assistenzsystem beschäftigt sich mit der Qualitätsprädiktion von Produkten einer Fertigungslinie. Hier wird während des Produktionsvorgangs mithilfe von Prozessdaten eine Abschätzung über die erreichbare Produktqualität vorgenommen. Möglich macht dies eine intelligente Verarbeitung von Sensorwerten gekoppelt mit einem durchgehenden Tracking des Produktes. Eingesetzt wird das System bei einer Warmformanlage für Strukturbauteile eines Kraftfahrzeugs. Zu Beginn des Produktionsprozesses erhält jedes Rohteil eine eindeutige Kennung unter der die entsprechenden Sensor- und Metadaten zu seiner Produktionshistorie gespeichert werden. ML-Algorithmen scannen die jeweilige Produktionshistorie ständig auf Muster, die auf eine eingeschränkte Produktqualität schließen lassen. Ein auffälliges Produkt kann der Serie entnommen, gesondert untersucht und gegebenenfalls aufbereitet werden. Der Produktionsausschuss sinkt und teure Reklamationen können somit vermieden werden.



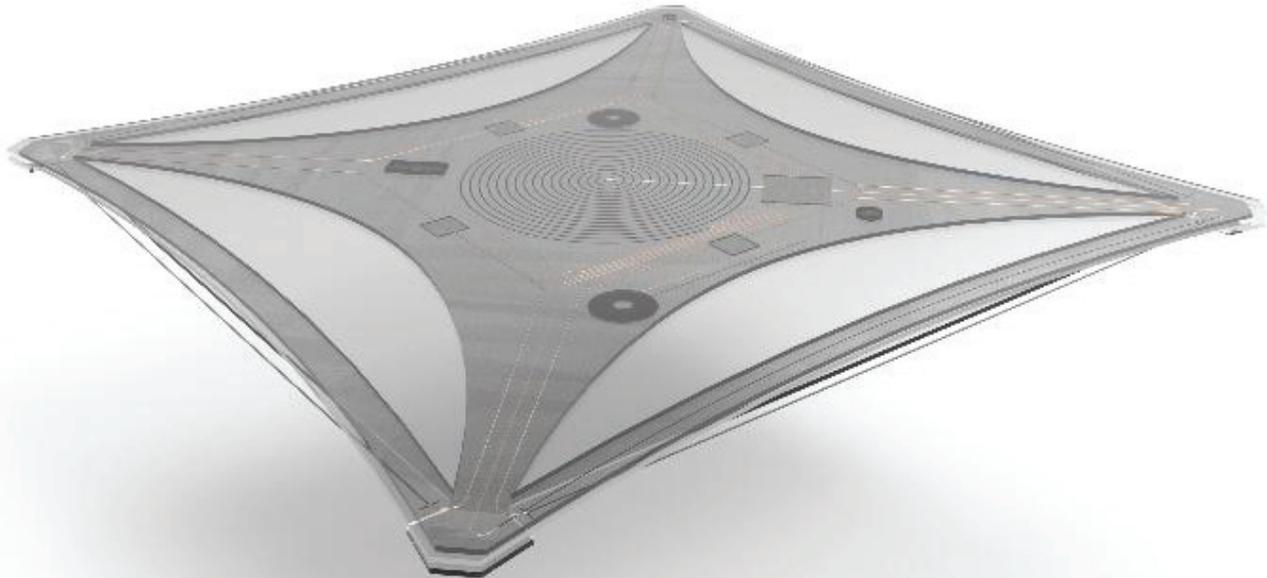
Bondverbindungen auf einem Testsubstrat

Fraunhofer-Institut für
Entwurfstechnik Mechatronik IEM

Dr.-Ing. Christian Henke
Zukunftsmeile 1
33102 Paderborn
Telefon +49 5251 5465 126

christian.henke@iem.fraunhofer.de
www.iem.fraunhofer.de

Legierung mit Gedächtnis



Formflexible Fläche – mehrlagiger Folienaufbau mit integrierter Aktorik, Sensorik und Regelungselektronik

■ Ablage im Auto per Fingerzeig formen

Werden Ablageflächen im Auto nicht genutzt, sind sie wahre Staubfänger. Ohne sie wird es jedoch auch schwierig: Wo sonst sollte man Sonnenbrille, Taschentücher und Parkscheibe verstauen?

Eine neuartige Ablagefläche des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU versteckt sich im Armaturenbrett und bildet sich nur dann, wenn sie benötigt wird. Besonders praktisch ist das bei Car-Sharing-Fahrzeugen. Die Entscheidung, welches Auto man kauft, hängt zu einem gewissen Teil vom Interieur ab. Sind beispielsweise die Ablagefächer so positioniert, wie man sie selbst als praktisch empfindet? Leih man sich jedoch ein Auto über Car Sharing, hat man dagegen wenig Einfluss auf die Ausgestaltung des Innenlebens. Experten vermuten, dass sich langfristig ein deutlicher Trend zum Car Sharing zeigen wird. Wie, fragen sich daher Autohersteller, lässt sich das Innenleben von Autos individuell gestalten – also an die Wünsche des jeweiligen Nutzers anpassen?

Eine Handbewegung – und die Ablage formt sich aus

Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU haben gemeinsam mit dem Automobilzulieferer Brose Fahrzeugteile auf diese Frage eine Antwort: Sie haben eine Ablage entwickelt, die sich im Armaturenbrett verbirgt und nur bei Bedarf ausformt. Verlässt der Fahrer das Auto wieder und hat er etwas darin vergessen, wird er durch Formänderungen der Ablage an den vergessenen Inhalt erinnert. »Die Bewegung beruht auf einer Faltstruktur – ähnlich wie beim Origami – sowie Formgedächtnislegierungen«, verrät Lukas Boxberger, Gruppenleiter am Fraunhofer IWU. »Das Besondere an solchen Formgedächtnislegierungen: Sie lassen sich deformieren und bleiben in dieser Form, kehren bei Erhitzung jedoch wieder in ihre ursprüngliche Geometrie zurück.«

Fleischfressende Wasserpflanze als Vorbild

Bei der Ablage geht das folgendermaßen vonstatten: Bewegt der Nutzer seine Hand

über die entsprechende Stelle des Armaturenbretts, wird dies von einem Sensor registriert. Daraufhin setzt sich der Automatismus in Gang: Für einen kurzen Moment fließt ein Strom durch die Drähte aus einer Formgedächtnislegierung, die jeweils die benachbarten Ecken des quadratischen Ablagebereiches miteinander verbindet. Die Drähte erhitzen sich und ziehen sich wieder in ihren Ursprungszustand zusammen. Die vier Ecken werden also gleichmäßig Richtung Mitte des quadratischen Bereichs gezogen, der innere Teil wird nach unten gedrückt: Es entsteht eine Art Schale. »Das Faltprinzip ist von einer fleischfressenden Wasserpflanze inspiriert«, erläutert Boxberger. Leert der Nutzer das Fach wieder – oder legt er erst gar nichts hinein – geht die Schale wieder in den flachen Zustand über. »Strom fließt nur dann durch die Drähte, wenn sich das Ablagefach verformt«, betont Boxberger. Das System ist äußerst robust: Drei Millionen Bewegungszyklen durchläuft es ohne auffallende Ermüdung. Einen Demonstrator haben die Experten bereits per 3D-Druck realisiert. Industrielle Herstellungsverfahren in Planung

Industrielle Herstellungsverfahren in Planung

Für eine spätere Serienfertigung ist der 3D-Druck allerdings nicht geeignet. Die Forschenden arbeiten daher in einem weiteren Schritt daran, die variable Ablage über Spritzguss und alternativ über Rolle-zu-Rolle-Verfahren herstellen zu können. Während sich der Spritzguss nur für Großserien eignet, sind beim Rolle-zu-Rolle-Verfahren Groß- und Kleinserie gleichermaßen möglich. Auch hier stand die Natur Pate: Genauer gesagt die menschliche Haut sowie deren Unterbau. Sie besteht aus zahlreichen verschiedenen Schichten, die jeweils unterschiedliche Funktionen erfüllen. So schützt die Außenhaut beispielsweise vor

Schädigungen aus der Umwelt, während die Muskulatur für die Bewegung sorgt. So auch bei der Technologieweiterentwicklung der variablen Ablage, die die Forscher nun umsetzen wollen: Ihre Außenschicht, die Epidermis, schützt die Ablage vor der Umwelt. Die rezeptive Schicht enthält die Sensoren, die etwa registrieren, wenn der Nutzer seine Hand über den Bereich bewegt. Das Endoskelett, das für Festigkeit und Bewegungsvorgabe sorgt, wird durch einen steiferen Kunststoff realisiert. Und die Formgedächtnisdrähte repräsentieren die Muskulatur, indem sie für die Bewegung sorgen. Lassen sich diese einzelnen Schichten besser miteinander verkleben,

verpressen oder aufdrucken? Diesen Fragen werden sich die Forschenden nun widmen und Fertigungsverfahren entwickeln, die zu wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll wiederverwertbaren und zugleich qualitativ hochwertigen Produkten führen. Langfristig sollen auch weitere Geometrien, etwa tiefere Ablagefächer, sowie eine Herstellung der Ablage aus verschiedenen Materialien wie Holzfurnier oder Textilien möglich sein. Auch andere Anwendungen sind denkbar: Selbstständige Sonnenschutzsysteme, Lüftungsein- bzw. -auslässe, eine individuelle Anpassung des Sitzes an den Nutzer – der Phantasie sind hier keine Grenzen gesetzt.



Darstellung der Formzustände für das konkrete Anwendungsbeispiel: »modulare Ablage für das Fahrzeugdashboard«

Die Merkmale

- mehrlagige Folienverbundstruktur
- programmierbare Bewegung
- flexibel und adaptiv
- lautlose Bewegung
- wenige Millimeter stark
- Detektion der Umgebungsbedingungen
- intrinsische, reversible Veränderung der Topologie
- großes Formveränderungsvolumen bei geringem Energiebedarf
- beliebige Flächenform und bewegungsvorgebendes Muster

Weitere Infos...



Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

M.A. Lukas Boxberger
 Nöthnitzer Straße 44
 01187 Dresden
 Telefon +49 351 4772 2135

lukas.boxberger@iwu.fraunhofer.de
 www.iwu.fraunhofer.de

Automation in Losgröße 1 - Funktionsdruck in der Produktion



Roboter druckt eine Leiterbahn zur Ansteuerung von LEDs auf einem umgeformten Blechteil

■ Herausforderungen in der Produktion

Industrieübergreifend wächst der Bedarf an innovativen, individualisierten Bauteilen für die Zukunftsmärkte Automotive, Luftfahrt und Medizintechnik. Mit den derzeit eingesetzten Fertigungsverfahren wird dieser Bedarf nicht gedeckt. Die Produktion erfolgt heutzutage, z.B. im Automobilbau, stark werkzeuggebunden. Dies sichert eine effiziente Fertigung großer Stückzahlen, bietet allerdings nur sehr begrenzte Möglichkeiten zur Individualisierung. Die Auflösung des Widerspruchs zwischen Produkt-Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Fertigungsprozesse soll durch die Integration digitaler Fertigungsschritte in bestehende Prozessketten erfolgen. Durch die Funktionalisierung von dreidimensionalen Bauteiloberflächen mittels Druckverfahren können so in großen Stückzahlen gefertigte Bauteile individuell mit verschiedenen Funktionen ausgestattet werden.

Leiterbahnen drucken

Diese Verschmelzung digitaler und herkömmlicher Prozessketten adressiert das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU mit seinem Projekt „Smart Door“. Ziel ist es unter anderem, neue auf Funktionsdruck basierende Produktionsstrategien für die Verlegung der Kabelsätze im Automobil zu entwickeln. Ein weiteres Ziel für Projektleiter André Bucht ist es, die digitalen Fertigungsverfahren aus den Laboren der Fraunhofer Institute in robotergeste-

stützte Produktionslinien zu bringen. Dabei kommen digitale Druck- und Laserverfahren zum Einsatz. Um eine Leitung zu fertigen, wird auf die Innenseite eines Türblechs zuerst eine Isolationsschicht aus Polymerpasten gedruckt und dann mit einem Laser ausgehärtet. Anschließend wird eine leitfähige Silberpaste auf die Isolationsschicht appliziert und erneut per Laser ausgehärtet. Diese Aufgaben werden von einem Roboter ausgeführt, der einen Dispenser und einen Laser über die Außenhaut führt. Der Digitaldruck ermöglicht die individuelle Fertigung von Kabelbäumen, ohne dass die Komplexität in der Fertigung steigt. Theoretisch ist es möglich, dass der Roboter auf jede Tür eine andere Anzahl und Anordnung der Leiterbahnen drucken kann. Dadurch wird die Montage erheblich vereinfacht, da ein Roboter das Drucken übernimmt und kein Werker die Leitungsstränge aufwendig einlegen und befestigen muss. Die vorgelagerte Logistik mit Vormontage, Kommissionierung und Bereitstellung der Leitungssätze kann dadurch maßgeblich vereinfacht werden. Auf diese Weise lässt sich allerdings nicht der komplette Kabelbaum in die Tür integrieren. Die Technik eignet sich aktuell nur für Signalleitungen. Für die wichtige Übertragung von größeren Strömen hat das Fraunhofer IWU aber auch eine montagefreie und flexible Lösung entwickelt: Ein Roboter legt eine mit Thermoplast ummantelte Kupferlitze auf dem Bauteil ab.

Individuelle Sensorik

Mit der Technologie des Funktionsdrucks können nicht nur Leiterbahnen, sondern auch Sensoren, Schalter und LEDs ortsvariabel und auf gekrümmten Oberflächen aufgebracht werden. Bisher wurden mit diesem Verfahren am IWU bereits Touch-Sensoren, Ultraschallwandler, kapazitive Näherungsschalter, Dehnungssensoren und Antennen gedruckt. Die Technologieentwicklungen des Projektes „Smart Door“ wurden so ausgewählt, dass sie nicht nur auf Metallen, sondern auch auf Kunststoffen zum Einsatz kommen können. Das Fraunhofer IWU fokussiert aktuell Anwendungen, bei denen ein großer Vorteil zum Beispiel dadurch entsteht, dass die Montage entfällt oder Sensoren besser integriert sind. Die Produktivität und Qualität der Druckverfahren wird stetig verbessert, sodass ihr Einsatz für industrielle Anwendungsfelder wirtschaftlich interessant ist.

Einbindung von Industriepartnern

Es existieren noch weitere Herausforderungen, die zu lösen sind – etwa bei der großserientauglichen Kontaktierung gedruckter Strukturen. Zudem muss spätestens beim Eintritt in die Serienproduktion ein Konzept für die Inline-Qualitätsüberwachung und einer darauf aufbauenden Prozessregelung vorliegen. Zurzeit arbeiten die Fraunhofer-Institute noch ohne industrielle Partner. Projektleiter André Bucht betont, dass das Projekt bislang vollständig selbst finanziert wird, um eigenes Know-how aufzubauen und die Technologieführerschaft in der robotergestützten Druck- und Applikationstechnik zu erlangen. Sehr bald aber sollen interessierte Industriepartner eingebunden und das erarbeitete Wissen in die Praxis der Automobilfertigung gebracht werden. Aktuell werden mit OEMs und großen Zulieferern Gespräche über Anwendungsmöglichkeiten und Kooperationen geführt.

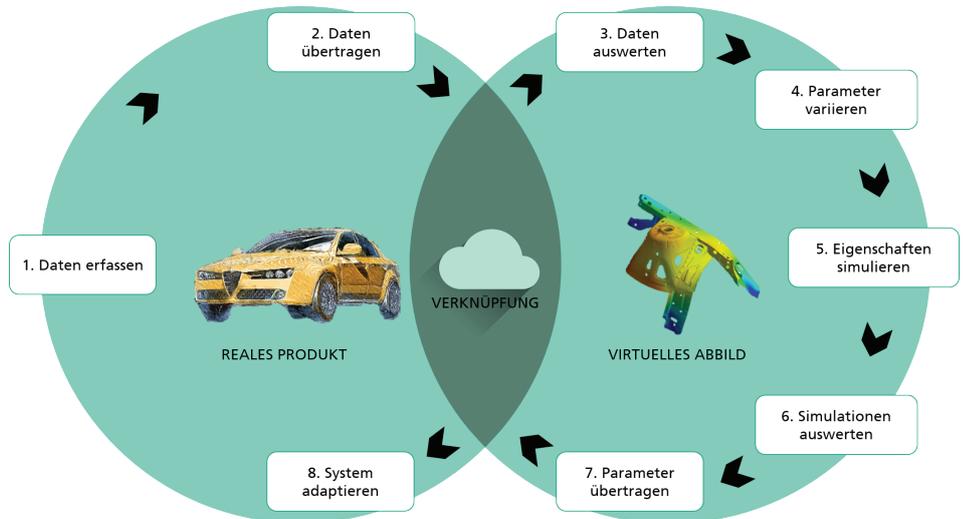
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Dipl.-Ing. (FH) M.Sc. André Bucht
Nöthnitzer Straße 44
01187 Dresden
Telefon: +49 351 4772 2344

andre.bucht@iwu.fraunhofer.de
www.iwu.fraunhofer.de

Kostengünstiger und nachhaltiger Leichtbau durch effiziente numerische Methoden

Die stetig steigende Systemkomplexität unter anspruchsvollen wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen stellt eine maßgebliche Herausforderung im modernen Fahrzeugbau dar. Hinsichtlich klimafreundlicher Mobilität werden intelligente, aber auch bezahlbare Leichtbaulösungen benötigt. Allerdings war das bisher ein Widerspruch in sich. Im EU-Projekt ALLIANCE haben sich Autohersteller, Zulieferer und Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen, um dies zu ändern. Ein Projektschwerpunkt stellen dabei effiziente numerische Methoden zur Identifikation und Evaluation von Leichtbaupotentialen dar.



Das sensorische Werkzeug »SensoTool« ermöglicht eine exakte Charakterisierung von Fertigungsprozessen.

Mobilität im Wandel

Die Mobilität der Zukunft soll individuell, alltagstauglich sowie möglichst klimaneutral und emissionsfrei sein. Leichtbaulösungen auf Komponenten- und insbesondere Systemebene spielen bei der möglichen Erreichung dieser Ziele eine immer wichtigere Rolle. Dabei sind numerische Werkzeuge für die virtuelle Entwicklung und Optimierung von Leichtbaustrukturen unverzichtbar. Durch parametrische Modelle kann die Entwicklung leichter, kostengünstiger Strukturen beschleunigt und vereinfacht werden. Effiziente Modelle können zudem für Simulationen auf Systemebene und gemeinsam mit schwingungstechnischen Maßnahmen zur Optimierung des Gewichts und des NVH-Verhaltens genutzt werden.

Leichtbau muss nicht teuer sein

Bislang steht der hohe Preis von Leichtbau-Komponenten einer durchgängigen und umfassenden Anwendung im Automobilsektor entgegen. Soll sich der Leichtbau für den Großteil verbauter Autokomponenten durchsetzen, müssen deren Gesamtbetriebskosten gesenkt werden. Im EU-Projekt ALLIANCE wurden Leichtbau-Konzepte und Technologien entwickelt und diese konsequent auf Systemebene bezüglich der Einsparung von Masse, Kosten und Treibhauspotential bewertet und optimiert. Bei unterschiedlichen Fahrzeug-Komponenten konnte das Gewicht um bis zu 30 Prozent reduziert werden – und dass bei Kosten von lediglich drei Euro pro eingespartem Kilogramm.

Parametrische Modelle

Die Wissenschaftler am Fraunhofer LBF forschten in diesem Zusammenhang an der Modellbildung parametrischer und effizienter numerischer Modelle. Die Fahrzeugkomponenten wurden mittels Finite-Elemente-Modellen detailliert beschrieben und durch Verfahren der parametrischen Modellordnungsreduktion soweit vereinfacht, dass diese im Zeitbereich oder in Echtzeit gelöst werden können. Mittels multidisziplinärer Mehrzieloptimierung ist es möglich, optimale Designparameter zu bestimmen und die Wechselwirkungen zwischen verschiedensten physikalischen (z.B. mechanisch, akustisch) und nicht-physikalischen (z.B. Kosten, Umwelteinfluss) Domänen unmittelbar zu berücksichtigen. Zudem kann der Komponentenentwurf effizient und zielgerichtet in den Gesamtsystemkontext integriert werden und trägt somit zur Vereinfachung und Beschleunigung des Entwicklungsprozesses bei.

Anwendung als digitaler Zwilling

Im Kontext der Digitalisierung ergeben sich für die entwickelten parametrischen Modelle zusätzlich mögliche Anwendungsszenarien als digitaler Zwilling. Digitale Zwillinge sind numerische Modelle der physikalischen Welt, die reale und virtuelle Informationen gemeinsam verarbeiten. Die Verknüpfung von berechneten und gemessenen Signalen ermöglicht eine detailliertere und erweiterte Analyse technischer Systeme. Die in den Entwicklungsphasen erzeugten echtzeitfähigen numerischen Modelle können zukünftig im

operativen Betrieb zur Zustandsüberwachung und Zustandskontrolle verwendet werden. Bei der Überwachung werden die im Modell berechneten Werte als virtuelle Sensorik eingesetzt oder für einen automatisierten Online-Modellabgleich. Die Arbeiten wurden innerhalb des EU Horizont 2020-Projekts ALLIANCE durchgeführt.



Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Dipl.-Ing. Christoph Tamm
Bartningstr. 47
64289 Darmstadt
Telefon: +49 6151 705 8431

christoph.tamm@lbf.fraunhofer.de
www.lbf.fraunhofer.de

Schwingungsbasierte Strukturüberwachung mittels eines adaptiven EMI-Messkopfes

■ Hersteller struktureller Komponenten in allen industriellen Branchen stehen der Herausforderung gegenüber, dass sie die gewünschte Qualität sowie die Betriebsfestigkeit ihrer Produkte über die Lebenszeit sicherstellen müssen. Ein vielversprechendes Verfahren in der zerstörungsfreien Prüfung basiert auf der Messung der elektromechanischen Impedanz. Das Fraunhofer LBF hat eine innovative Methode entwickelt, die es erlaubt, mittels eines adaptiven Messkopfes schwingungsbasiert und zerstörungsfrei den Zustand einer Struktur anhand der elektromechanischen Impedanz zu prüfen.

Einzigartige Methode zur Erfassung elektromechanischer Impedanz

Konventionell wird für die Erfassung der elektromechanischen Impedanz von einer Struktur der piezoelektrische Wandler auf deren Oberfläche geklebt, um die elektromechanische Kopplung herzustellen. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass der Wandler nach der Messung nur mit großem Aufwand entfernt werden kann und dadurch das Risiko besteht, die Struktur zu beschädigen. Dies führte bisher zu einer eingeschränkten Anwendbarkeit des Verfahrens, da der Messpunkt nicht flexibel geändert werden konnte und die Sensorik dauerhaft im Bauteil verbleiben musste. Daher hat ein

Technologietransfer in die Industrie bisher nur für stationäre Anwendungen stattgefunden.

Die Einzigartigkeit des am LBF entwickelten Messkopfes besteht darin, dass er ohne zusätzliches Koppelungsmedium an die Prüfstruktur reversibel angedrückt wird und die Prüfstruktur nicht beschädigt. Der Messkopf ist in der Lage, simultan die Prüfstruktur anzuregen und die elektromechanische Impedanz zu messen. Dabei verbraucht der Messkopf eine geringere elektrische Leistung im Vergleich zu konventionellen zerstörungsfreien Messverfahren mit einem Energieverbrauch von weniger als 500 mW. Auch in Hinblick auf die einstellbare, hohe Sensitivität ist der Messkopf konventionellen Verfahren überlegen und kann in der Identifikation von strukturellen Änderungen. Mehrwert für den Kunden aus der Prüf- und Messtechnik bis hin zu Endanwendern in der Automobil- und Luftfahrtindustrie generieren.

Die Vorteile sind dabei im Einzelnen:

- Identifikation struktureller Änderungen
- Inline- oder Offline-Detektion von Qualitätsabweichungen oder Materialfehlern
- Vorausschauende Wartung zur frühzeitigen Identifikation von Strukturänderungen
- Schwingungsbasierte Messung
- Höhere Sensitivität für Strukturänderungen

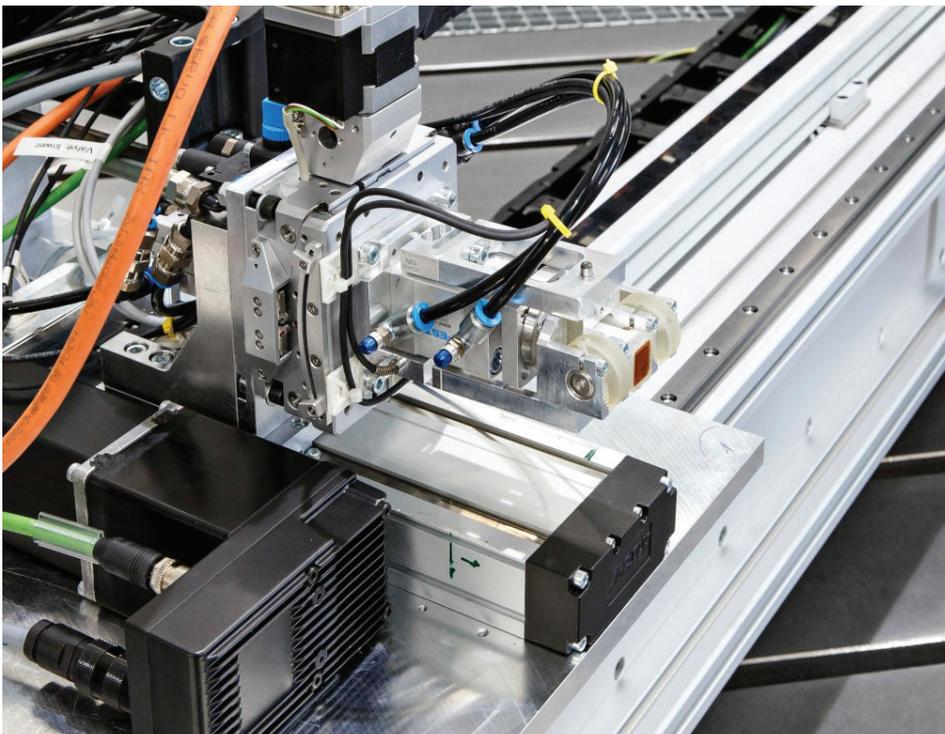
im Vergleich zu akustischen oder optischen Systemen

- Steuerung der lokalen Auflösung über eingekoppeltes Frequenzspektrum
- Zerstörungsfrei
- Referenzbasierte Messungen
- Schneller Rückschluss auf lokale Veränderungen oder Schädigungen
- Erhöhung der statistischen Zuverlässigkeit und Entscheidungssicherheit
- Nachverfolgung von strukturellen Änderungen über die Lebenszeit
- Automatisierbarkeit
- Kurze Messzeiten pro Messpunkt – schnelle qualitative Rückmeldung
- Hohe Anpassungsmöglichkeit des Messsystems an unterschiedliche Positioniereinheiten



Prozessoptimierung und maximale Produktqualität

Im Rahmen des durch die Europäische Kommission geförderten Luftfahrt-Forschungsprojekts Clean Sky 2 (Grant Agreement CS2-LPA-GAM-2018-2019-01) ist der Messkopf in ein automatisiertes Messsystem und in die Infrastruktur einer Produktionsanlage integriert worden. Derzeit ist so eine Untersuchung von Strukturen bis zu einer Länge von ca. 8 m möglich. Mittelfristig ist geplant, die Signale des Messkopfes auch direkt für die Prozessoptimierung zu nutzen. Auf diese Weise trägt die Technologie nicht nur zur Überwachung sondern auch zur Maximierung der Produktqualität bei.



Innovativer Messkopf zur zerstörungsfreien Strukturüberwachung

Weitere Infos...



Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

M.Sc. Ye Ji Park
 Bartningstr. 47
 64289 Darmstadt
 Telefon: +49 6151 705 8653

ye.ji.park@lbf.fraunhofer.de
 www.lbf.fraunhofer.de

Produktnahe energieautarke Sensoren für rotierende Systeme optimieren die Zustandsüberwachung von Antriebssträngen

■ Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekts SmartPS leistet das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF mit der Entwicklung eines intelligenten Antriebsstrangs einen wesentlichen Beitrag zur Realisierung umweltverträglicher und energieeffizienter Schiffsgenerationen.

Überwachung mithilfe von MEMS-Sensoren

Intelligente Antriebssysteme zeichnen sich durch eine kontinuierliche Überwachung der Betriebszustände des Antriebsstrangs aus. Mit der Anbringung von Sensoren auf Antriebswellen können rotierende Bauteile in Echtzeit überwacht werden. Der am Fraunhofer LBF entwickelte Energy Harvester dient als Energiequelle für angeschlossene Sensorknoten und stellt die Versorgung der zugehörigen Elektronik in einem breitbandigen Drehzahlbereich sicher. Zum Betrieb von MEMS (Micro Electro Mechanical System) Sensoren inklusive mikroelektronischer Datenvorverarbeitung und Datenübertragung genügen bereits 50 Milliwatt Leistung, welche durch den entwickelten Prototyp kontinuierlich bereitgestellt werden. Abhängig von der Drehzahl werden aber deutlich höhere Leistungen bis zu mehreren Watt er-



Testlauf zur Messung der Tangentialbeschleunigung einer Schiffsantriebswelle

zeugt. Das integrierte Energiemanagement sorgt für eine kontinuierliche Bereitstellung der ausschließlich vom Sensornetzwerk benötigten Leistung.

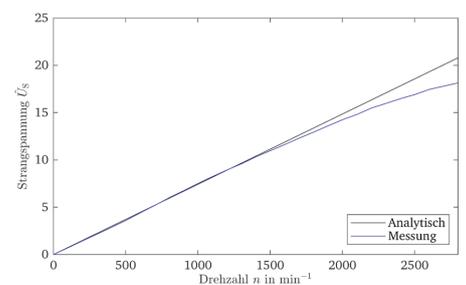
Sofortige Verfügbarkeit der Daten

Der Vorteil des Systems liegt in der einfachen Anbringung auf bestehenden Antriebskomponenten, wobei auf eine Veränderung des Trägersystems verzichtet werden kann. Die Senso-

rik ist Teil des rotierenden Systems und somit direkt an der Wirkstelle angebracht. Das Besondere: Belastungs- und Zustandsdaten aus dem Antriebsstrang liegen direkt beim Nutzer vor, sobald der Antriebsstrang rotiert. Diese Informationen dienen einer bedarfsgerechten und kostengünstigeren Wartung und können darüber hinaus z.B. die Entwicklung neuer Antriebsgenerationen in Richtung einer leichteren Dimensionierung unterstützen.



Frontansicht des Energy Harvesters bei einer Rotordrehzahl von ca. 650 min⁻¹



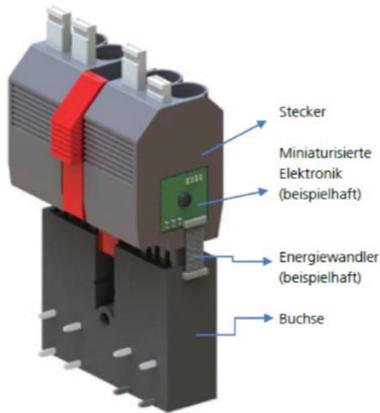
Zusammenhang zwischen der Drehzahl und der vom Energy Harvester generierten Spannung.

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

M.Sc. Matthias Gerhardt
 Bartningstr. 47
 64289 Darmstadt
 Telefon: +49 6151 705 8598

matthias.gerhardt@lbf.fraunhofer.de
 www.lbf.fraunhofer.de

Energieautarkes Miniatorsensorysystem zur Steckzyklenzählung



Demonstratorsystem bestehend aus dem Stecker mit aktiven Komponenten und der Buchse

Das Ziel für die Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme IKTS in diesem Vorhaben war die Entwicklung eines energieautarken miniaturisierten Messsystems zur Steckzyklenzählung an kostenintensiven Verbindungskomponenten im Eich- und Kalibrierbereich sowie innerhalb der Medizintechnik oder des Automobilbaus, um den sicheren Betrieb von Steckverbindern zu gewährleisten.

Erfassen der Steckzyklen mit elektronischem Speicher

Die Funktionsfähigkeit der Steckverbinder wird durch die Anzahl der designspezifischen Steckzyklen des Verbinders maßgeblich beeinflusst und darf zur Gewährleistung des sicheren Betriebs nicht überschritten werden. Bisher konnte die Anzahl der bereits erfolgten Steckzyklen eines Verbinders nicht ausreichend gut erfasst und dokumentiert werden. Dies ist jedoch notwendig, um das Erreichen der maximal erlaubten Steckzyklen kontrollieren zu können. Mithilfe des entwickelten autarken Miniaturmesssystems wird bei jedem Steckzyklus einer Verbindungskomponente die Anzahl

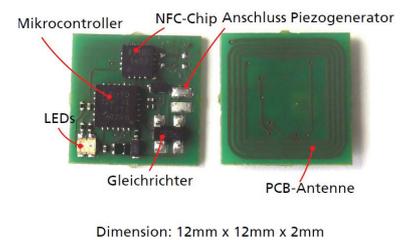
der bereits erfolgten Steckzyklen in einem elektronischen Speicher erfasst und hochgezählt. Dies ermöglicht das Ausgeben einer Warnmeldung, wenn eine erlaubte Anzahl von Steckzyklen überschritten wird, um beispielsweise anschließend den Austausch der Komponente veranlassen zu können.

Die für das Zusammenstecken der Verbindung benötigte mechanische Energie ist ausreichend, um genügend elektrische Energie für den gesamten Zählvorgang zu generieren. Der elektronische Zählvorgang selbst ist im Vergleich zur erwarteten Steckzeit, sehr kurz. Um von der Steckgeschwindigkeit bzw. -zeit unabhängig zu sein, wird eine Spannvorrichtung mit Auslösemechanismus verwendet. Als Generator kommt ein piezoelektrischer Biegeschwinger zum Einsatz. Die gewonnene Energie wird in einem Pufferkondensator zwischengespeichert. Nach der Initialisierung eines Mikrocontrollers wird der Steckvorgang verifiziert, der aktuelle Zählerstand aus einem Flashspeicher ermittelt und inkrementiert. Der Zählvorgang wird optisch mit einer zweifarbigen LED angezeigt.

Zählerstand auch mobil abrufbar

Mithilfe eines mobilen Endgerätes mit NFC-Schnittstelle, kann der Zählerstand ausgelesen werden. Hierfür ist in der Platine eine Antenne integriert. In diesem Betriebsmodus wird die Energieversorgung über die NFC-Schnittstelle realisiert. Um auch in diesem Modus sicher den Zählvorgang zu erfassen, wird über eine Diodenschaltung die Information an den Mikrocontroller geleitet.

Weiterhin wurde ein Flash-Tool entwickelt, über das der Steckzyklenzähler initial über die NFC-Schnittstelle konfiguriert werden kann. Darüber hinaus steht für den Anwender eine App für mobile Geräte bereit, über die der aktuelle Zählerstand ausgelesen werden kann.



Komponenten des miniaturisierten Demonstratorsystems



Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Dr.-Ing. Holger Neubert
Winterbergstraße 28
01277 Dresden
Telefon: +49 351 2553 7615

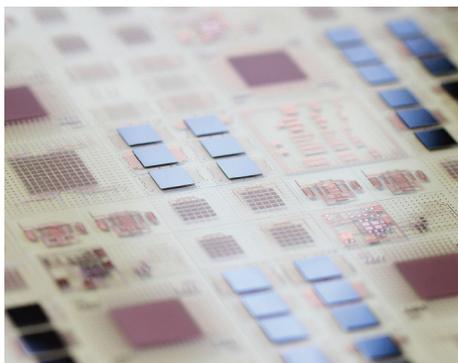
holger.neubert@ikts.fraunhofer.de
www.ikts.fraunhofer.de

Mehr Innovationskraft und geringeres Entwicklungsrisiko durch modulare Sensor-Plattform

■ Ein Verbund aus Fraunhofer-Instituten arbeitet aktuell mit GLOBALFOUNDRIES Dresden an der Entwicklung einer konfigurierbaren Sensor-Plattform. Diese »Universelle Sensor-Plattform« (USEP) soll den Grundstein dafür legen, dass auch kleinere und mittelgroße Systemanbieter die Möglichkeit haben, zukunftsweisende Systemarchitekturen und Fertigungsmethoden zu nutzen – auch für Prototypen und Kleinserien. Nach dem Baukastenprinzip sollen sich Mittelständler an verschiedenen modularen und konfigurierbaren Plattformelemente bedienen können, um ihre Ideen und Visionen einfach umzusetzen.

Der Mittelstand muss dranbleiben

Die technologische Entwicklung der Mikroelektronik verläuft immer rasanter, was gerade den Mittelstand als Innovationstreiber vor erhebliche Herausforderungen stellt. Besonders leistungsfähige Produkte, die genau auf die jeweiligen Anwendungsfälle abgestimmt sind, werden zur Standardanforderung vieler Kunden. Solche »smarten« und vernetzten Systeme, zum Beispiel im Umfeld des Internets der Dinge (IoT) werden aber oftmals nur in kleineren Stückzahlen benötigt und erfordern hochintegrierte technische Lösungen. Da hierfür keine Standardhalbleiter verwendet werden können, müssen auch mittelständige Unternehmen zukünftig spezialisierte Technologien im Portfolio haben. Allerdings sind deren Entwicklungskosten für viele zu hoch und die Entwicklungszeiten zu lang. Daneben erfordern Neuerungen in diesem Umfeld auch Mitarbeiter mit detailliertem Fachwissen auf Spezialgebieten der Elektronik sowie teure Entwurfssoftware, über die kleinere Firmen oftmals nicht in ausreichender Form verfügen.



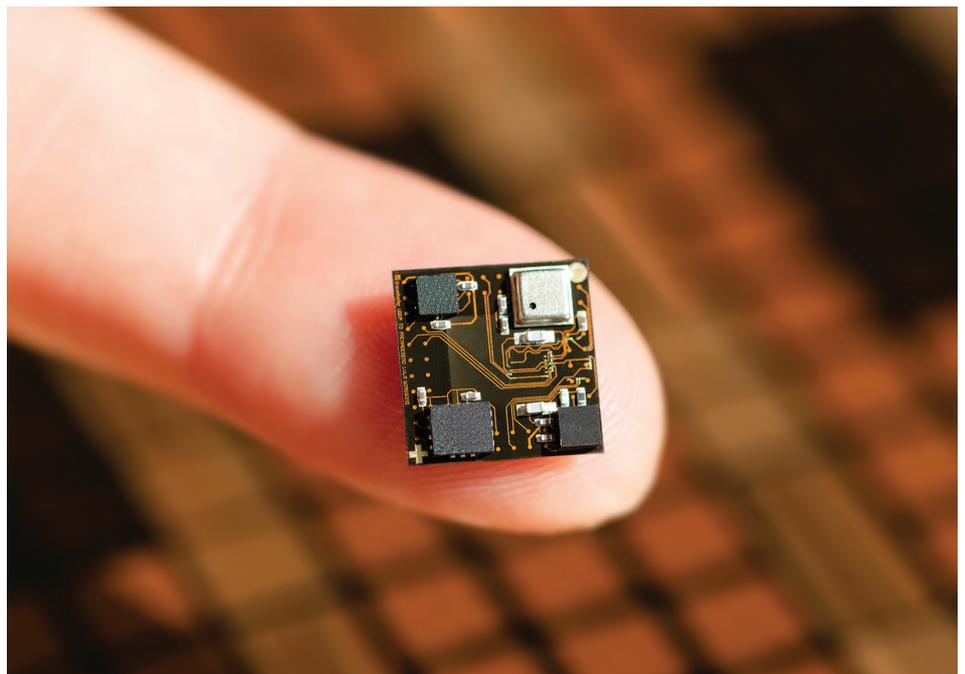
Komponenten des miniaturisierten Demonstratorsystems

Modulare Bauweise für individuelle Sensorknoten

Vor diesem Hintergrund entwickeln die Projektpartner eine neuartige Sensor-Plattform, mit der zukünftig nach dem Baukastenprinzip verschiedenste innovative Komponenten zu einem Gesamtsystem zusammengefügt werden können. Die Plattform verbindet dabei modernste Aufbau- und Packaging-Technologien mit neuesten Halbleiter-Entwurfsmethoden und erlaubt die Integration unterschiedlicher Sensoren. Dabei setzen die Projektpartner auf eine zentrale Steuer- und Recheneinheit mit zahlreichen kabellosen und kabelgebundenen Kommunikationsschnittstellen sowie auf eine breite Auswahl an gängigen Sensoren und Aktoren. Neben der Systemarchitektur mit flexiblen Baublöcken bietet die

Plattform auch integrierte Lösungen für die Hardware- und IT-Sicherheit. Basis für die neu zu entwickelnde Plattform ist die in Dresden gefertigte 22FDX-Technologie (Fully-Depleted SOI), die hochintegrierte Chips mit stromsparenden und kostengünstigen Eigenschaften ermöglicht. Daneben bringen die Fraunhofer-Partner in das Projekt vor allem ihre Kompetenzen für ein innovatives Packaging sowie ihr Know-how bei der Konzeptentwicklung, dem Systemdesign, der Sensorik und Datenübertragung sowie bei Simulation und Test ein. Damit Unternehmen die neue Plattform über einen möglichst langen Zeitraum nutzen können, stellt USEP zudem sicher, dass die Ergebnisse auch auf die nächsten Technologie-Generationen übertragbar sein werden.

Am Projekt sind die sächsischen Fraunhofer-Institute für Photonische Mikrosysteme IPMS und Elektronische Nanosysteme ENAS sowie die Institutsteile All Silicon System Integration ASSID des Fraunhofer IZM und Entwicklung Adaptiver Systeme EAS des Fraunhofer IIS beteiligt, das die Projektleitung inne hat. Unterstützt werden sie durch Erlanger sowie Berliner Kollegen. USEP wird von der Europäischen Union und dem Freistaat Sachsen im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.



Demonstratorsystem bestehend aus dem Stecker mit aktiven Komponenten und der Buchse

Plattform auch integrierte Lösungen für die Hardware- und IT-Sicherheit.

Basis für die neu zu entwickelnde Plattform ist die in Dresden gefertigte 22FDX-Technologie (Fully-Depleted SOI), die hochintegrierte Chips mit stromsparenden und kostengünstigen Eigenschaften ermöglicht. Daneben bringen die Fraunhofer-Partner in das Projekt vor allem ihre Kompetenzen für ein innovatives Packaging sowie ihr Know-how bei der Konzeptentwicklung, dem Systemdesign, der Sensorik und Datenübertragung

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS

Dr.-Ing. Volkhard Beyer
Zeunerstraße 38
01069 Dresden
Telefon +49 351 4640 749

Volkhard.beyer@eas.iis.fraunhofer.de
www.eas.iis.fraunhofer.de

Verschleißbeständige Dünnschichtsensorik zur Messung von Temperaturverläufen in Hauptlastbereichen



Gesenkhälfte für die Halbwarmumformung mit thermoresistiven Dünnschichtsensoren

■ Sowohl in der Produktion als auch im Betrieb von Maschinenelementen ist die Kenntnis über Temperaturen von großer Bedeutung, um Optimierungen bezüglich der Effizienz und Lebensdauer vornehmen zu können. Doch vor allem in hoch belasteten Bereichen ist es schwer, zuverlässige Messwerte zu erfassen. Das Fraunhofer IST entwickelt deshalb verschleißbeständige thermoresistive Dünnschichtsysteme, mit denen Temperaturen direkt an der Oberfläche und in Hauptlastbereichen von Werkzeugen oder Maschinenelementen gemessen werden können.

Werkzeug der Halbwarmumformung

Für ein besseres Verständnis von Werkzeugverschleißprozessen in der Halbwarmumformung müssen die realen Temperaturverteilungen während des Umformprozesses erfasst werden. Dazu wird ein sensorisches Dünnschichtsystem entwickelt, bestehend aus einer isolierenden, ca. 5 µm dicken Aluminiumoxid (Al₂O₃)-Grundsicht, auf der Chrom-Mäanderstrukturen platziert werden. Diese Sensoren, deren Leiterbahnen wie in Abbildung 1 zu sehen vom Umformbereich über komplexe Konturen in den unbelasteten Kontaktierungsbereich verlaufen, werden mit einer zweiten 3 µm dicken elektrisch isolierenden und vor Verschleiß schützenden Al₂O₃-Schicht versehen. Das sensorische Gesenk wurde in einer Presse des Instituts für Integrierte Produktion Hannover (IPH) getestet. In den Schmiedeprozessen konnten erfolgreich die Temperatur-

ren auf der Werkzeugoberfläche in direktem Kontakt mit dem glühenden Stahlrohling gemessen werden.

Anwendung auf Zahnrädern

In einer weiteren Anwendung werden zur Optimierung von teil- oder vollgeschmierten Tribosystemen Dünnschichtsensoren auf Stahlringen und Zahnradflanken entwickelt (siehe Abbildung 2), die sowohl eine In-situ-Messung der Temperatur in konzentrierten Kontakten bei den dort herrschenden hohen Drücken ermöglichen, als auch erstmals den starken Reibungsbeanspruchungen bei Mischreibung standhalten. Da eine möglichst hohe Ortsauflösung und Sensitivität benötigt wird, wurde im Laufe des Projekts die minimale Strukturbreite der Sensoren auf 10 µm stark verringert (siehe Abbildung 3). Dabei stellen die gekrümmten Oberflächen eine besondere Herausforderung im fotolithografischen Strukturierungsverfahren dar. Das Dünnschichtsystem ist vielfältig einsetzbar - so eignet es sich ebenfalls für



Zahnradflanken mit verschleißbeständigen Sensorstrukturen

den Einsatz in Wälzlagern, Gleitlagern oder Dichtungen und soll in einem nächsten Schritt für Druck- und Spalthöhenmessungen weiterentwickelt werden.

Die Projekte

Die beschriebenen Ergebnisse wurden zum einen innerhalb des von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) geförderten Projekts »Untersuchungen zur Vorformung von Stahl im Halbwarmtemperaturbereich mit modifizierten kohlenstoffbasierten Schichtsystemen« in Zusammenarbeit mit dem Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH (IPH) und dem Institut für Oberflächentechnik (IOT) der TU Braunschweig erzielt.

Zum anderen wurden die Ergebnisse innerhalb des FVA-Projekts 789 I Sensorik für Mischreibung mit dem Thema »Entwicklung einer robusten Dünnschichtsensorik zur Messung der Temperatur in mischreibungsbeanspruchten thermo-elastohydrodynamischen Kontakten« erzielt, an dem das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem Institut für Maschinenkonstruktion (IMK) der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg arbeitet. Das Projekt ist gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).



Mikroskopaufnahme einer 10 µm Sensorstruktur auf einer gekrümmten Zahnradflanke

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

M.Sc. Marcel Plogmeyer
 Bienroder Weg 54E
 38108 Braunschweig
 Telefon: +49 531 2155 661

marcel.plogmeyer@ist.fraunhofer.de
 www.ist.fraunhofer.de

Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen IIS

Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS



Institutshauptgebäude des IIS

■ Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS ist eine weltweit führende Forschungseinrichtung für Mikroelektronik und Informationstechnik. Die Wissenschaftler am Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS in Dresden arbeiten an Schlüsseltechnologien für die vernetzte Welt von morgen. Schwerpunkte sind hierbei der Entwurf von Mikrochips und komplexen elektronischen Systemen auf der Basis zukunftsweisender Halbleitertechnologien sowie die dafür notwendigen Designmethoden. Darüber hinaus liegt der Fokus auf der Entwicklung intelligenter Sensorik, der automatischen Analyse großer Datenmengen sowie auf neuen Ansätzen für vernetzte Regelungssysteme. Abgestimmt auf den aktuellen Bedarf und die künftigen Herausforderungen der Wirtschaft entstehen so adaptive und robuste technologische Lösungen vor allem in den Bereichen Mobilität und Industrieautomatisierung. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit wird am Institutsteil IIS/EAS in drei Geschäftsfeldern voran getrieben.

Entwurfsmethoden

Elektroniksysteme bestehen oft aus komplexen Hard- und Softwarekomponenten, die zuverlässig über viele Jahre funktionieren müssen. Darüber hinaus sollen sie anspruchsvolle

Anforderungen erfüllen, wie geringsten Energieverbrauch oder hohe Rechenleistung bei rauen Umgebungsbedingungen. Durch die voranschreitende Integrationsdichte und modernste Halbleitertechnologien treten zudem physikalische Effekte auf, deren Beherrschung Entwickler vor weitere Herausforderungen stellt. Sie zu meistern, verlangt den Einsatz neuartiger Entwurfsmethoden und umfangreiche Toolunterstützung.

Effiziente Elektronik und Sensorsysteme

In Zukunft wird Elektronik in vielerlei Hinsicht besonders nachhaltig und ökonomisch arbeiten. Die zunehmende Miniaturisierung in Verbindung mit immer mehr Funktionen auf engstem Raum stellen allerdings besondere Herausforderungen an ihr Design und ihre Leistungsfähigkeit. Unsere Arbeiten sind deshalb zum einen darauf ausgerichtet, der stetigen Verkleinerung von Halbleiterbauelementen und der wachsenden Systemkomplexität mit neuen Designkonzepten zu begegnen. Auf der anderen Seite stehen aber auch neue Technologien zur Systemintegration unter dem Aspekt »More than Moore« im Fokus. Darüber hinaus entwickeln wir Konzepte für die sensornaher Signalverarbeitung und Datenfusion sowie deren Umsetzung in industrietaugliche Messsysteme.

Verteilte Analyse- und Regelsysteme

Adaptive Systeme werden perspektivisch den Menschen immer öfter bei der Lösung komplexer Aufgaben unterstützen. Darüber hinaus helfen sie, Fehler zu vermeiden und Ressourcen besonders effizient einzusetzen. Notwendige Grundlage hierfür ist die gezielte Nutzung von Sensordaten, die durch die Systeme zumeist in großem Umfang gesammelt werden. Ebenso spielt die zuverlässige drahtlose Datenübertragung eine immer wichtigere Rolle. Wir entwickeln hierfür Lösungen, mit denen diese vielfältigen Datenmengen besonders robust übertragen, effizient und selbstlernend verarbeitet sowie interpretiert werden können. Daraus abgeleitet ergeben sich optimale Strategien für die Steuerung von Systemen.

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS

Zeunerstraße 38
01069 Dresden
Telefon +49 351 4640 749

www.eas.iis.fraunhofer.de

Das Leistungsspektrum der Fraunhofer-Allianz Adaptronik



Impressum

HERAUSGEBER:

Fraunhofer-Allianz Adaptronik
Postfach 10 05 61
64205 Darmstadt

info@adaptronik.fraunhofer.de
www.adaptronik.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFÜHRER:

Dipl.-Ing. Heiko Atzrodt

ALLIANZSPRECHER:

Dr.-Ing. Sven Herold

REDAKTION:

Stefanie Schmahl

GRAFIK UND LAYOUT:

Elena Gaudchau