

# ADAPTRONIK

## NEWSLETTER

März | 2018

Menschen | Events | Projekte | Institute

 **Fraunhofer**  
ADAPTRONIK



## FixTronic: Schwingungen erkennen, Fräsprozesse optimieren

Erfahren Sie mehr auf Seite 4.

### VORWORT

2 Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

### MENSCHEN IN DER FAA

2 Dr.-Ing. Christian Henke

### INSTITUT

10 Fraunhofer-Institut für  
Entwurfstechnik Mechatronik IEM

### EVENTS

2 Hannover Messe Industrie 2018

4 ACTUATOR 2018

7 4SMARTS

### PROJEKTE

3 Laser-gesinterte Funktionsschichten auf  
3D-Stahlbauteilen

4 FixTronic: Schwingungen erkennen &  
Fräsprozesse optimieren

6 AdaptoSim® - Auf dem Weg zum  
smarten Simulationsmodell

8 Modulares Messsystem zur Erfassung der  
Kraftverteilung in Umformprozessen

9 Sensorik für die effiziente Fertigung  
von NFK im Spritzguss



Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

## Events

### Hannover Messe Industrie 2018

23. - 27. April

Auch in diesem Jahr werden wir auf der Hannover Messe Industrie 2018 mit vielen innovativen Exponaten vertreten sein. Unter anderem stellen wir Ihnen vor:

- Drahtlose Energieübertragung
- Intelligenter Faser-Verbundwerkstoff
- Industrie 4.0: Sensorsysteme
- Formgedächtnislegierungen
- Energy Harvesting
- Magnetorheologische Materialien

Besuchen Sie uns am Gemeinschaftsstand in Halle 2, Stand C 22, vom 23.-27. April 2018.

Gern informieren wir Sie in einem persönlichen Gespräch vor Ort. Wir empfehlen eine Terminvereinbarung vorab über unsere E-Mail-Adresse: [info@adaptronik.fraunhofer.de](mailto:info@adaptronik.fraunhofer.de).

Weitere Informationen erhalten Sie im Internet unter:

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



## Vorwort

■ Die Digitalisierung schreitet auch im Maschinenbau immer weiter fort. Stetig wachsende Möglichkeiten der Integration und Verteilung neuer Funktionen in mechanischen Bauteilen und Systemen erlauben es, zusätzliche Informationen zu generieren und zu nutzen. Dies erlaubt es, Bauteile zu überwachen, darauf aufbauend etwaige Handlungsbedarfe wie Wartung oder Reparatur frühzeitiger zu erkennen und gezielte Abhilfemaßnahmen abzuleiten. So kann der Umgebung eine vorbeugende Schädigungsprognose mitgeteilt, Komponentenaustausch angefordert, Fehlfunktionen oder Funktionseinschränkungen durch aktiv in das System eingreifende Maßnahmen abgemindert oder vermieden werden. Aktuelle Trends der verbesserten Verfügbarkeit von Sensorik, Eingebetteten Systemen und Aktorik sowie auch die Möglichkeiten der Flexibilisierung und Individualisierung schaffen eine Basis für fortschrittliche Produktlösungen. Damit können Einsatzdynamik, Effizienz und Systemleichtbau gesteigert werden, um Beispiele für Chancen zu nennen.

Die Fraunhofer-Allianz Adaptronik wendet die Möglichkeiten der Funktionsintegration und Digitalisierung maschinenbaulicher Systeme sowohl in der Funktion als auch der Entwicklung des Produktes seit ihrer Gründung an. Damit unterstützt die Allianz ihre Kunden in unterschiedlichsten Fragestellungen.

In diesem Newsletter stellen wir einige Beispiele dazu zusammen. Dies sind Laser-gesinterte Funktionsschichten auf 3D-Stahlbauteilen, ein mechatronisches Spannsystem mit aktiver Schwingungsdämpfung, Sensorik für die effiziente Fertigung von NFK im Spritzguss, smarte Simulationsmodelle und modulare Messsysteme zur Erfassung der Kraftverteilung in Umformprozessen.

Einige adaptronische Lösungen stellen wir auch in diesem Jahr auf der Hannover Messe Industrie vom 23. bis 27. April vor. Wir freuen uns über Ihren Besuch in Hannover!

## Menschen

### Dr.-Ing. Christian Henke



■ Dr.-Ing. Christian Henke studierte Elektrotechnik mit dem Schwerpunkt Automatisierungstechnik an der Universität Paderborn und promovierte auf dem Gebiet innovativer Antriebstechnologien für Schienenfahrzeuge am Lehrstuhl für Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik der Universität Paderborn.

Seit 2011 leitet Dr. Christian Henke die Abteilung Regelungstechnik des Fraunhofer-

Instituts für Entwurfstechnik Mechatronik. Forschungsschwerpunkte in seiner Abteilung sind modellbasierte Entwicklungsmethoden und Simulationstechnik für den Regelungs- und Steuerungsentwurf sowie sogenannte X-in-the-Loop-Technologien. In den letzten Jahren baute Dr. Christian Henke die Themenfelder Automatisierung und Robotik am Institut auf. Dabei entwickelt er mit seinem Team Sonderlösungen für komplexe, vernetzte Systeme im Kontext von Industrie 4.0. Durch einen Systems Engineering Ansatz, bei dem das Zusammenspiel von Sensorik, Aktuatorik, intelligenter Regelungstechnik und smarten Strukturen ganzheitlich betrachtet wird, resultiert ein optimales Systemverhalten. Aktuell sind in der Abteilung Regelungstechnik 23 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt, die in Forschungs- und Industrieprojekten innovative Lösungen für intelligente technische Systeme entwickeln.

Dr. Christian Henke ist zudem Lehrbeauftragter für die Themengebiete Automatisierungstechnik und Robotik an der Universität Paderborn.

# Laser-gesinterte Funktionsschichten auf 3D-Stahlbauteilen



Abb. 1: Demonstratorbaugruppe: Sensoren gedruckt und laser-gesintert auf Wälzlager (Quelle: Fraunhofer ILT)

■ Die keramische Dickschichttechnik wird typischerweise zum Aufbau funktioneller Schichten z.B. für keramische Schaltungsträger oder Sensoren verwendet. Die Technologie verarbeitet Pasten und basiert auf dem typischen Prozessablauf Siebdruck – Trocknen – Einbrand. Die Abscheidung der benötigten Funktionspasten ist jedoch technologiebedingt auf planare oder tubulare Substratkörper beschränkt. Für den Einbrand im Hochdurchsatz werden Durchlauföfen verwendet.

### 3D-Dickschicht ohne Drucksiebe und Sinteröfen

Zielstellung des Fraunhofer-Projektes »InFu-roS – Integrierte Funktionalität auf robusten Strukturelementen« war, die genannten Restriktionen der klassischen Dickschichttechnik zu überwinden, indem

- moderne 3D-Druckverfahren (Dispensen, Aerosol-Jet-Druck) eingesetzt werden,
- statt der üblichen Ofenprozesse schnelle Laserprozesse genutzt werden, um die benötigten Funktionssichten zu versintern.

Für die Entwicklung lasersinterbarer Isolationspasten wurden zunächst geeignete Dickschichtgläser unterschiedlicher Zusammensetzung ausgewählt, die sich z.B. hinsichtlich ihrer Glasübergangstemperatur unterscheiden. Die gezielte Optimierung der Glaseigenschaften erfolgte durch die Zugabe von Dispersphasen, welche z.B. die Absorptionseigenschaften bzw. die Glasviskosität während der Laserbehandlung beeinflussen. Am Fraunhofer ILT wurden die Glaskomposite hinsichtlich ihrer optischen Eigenschaften (Absorption), am IKTS hinsichtlich ihrer Schwindung und weiterer Schichteigenschaften (Haftfestigkeit, Isolationswiderstand) charakterisiert.

Im Projektverlauf wurden weitere lasersinterbare Pasten entwickelt und getestet, wie z.B. Leiterbahnpasten (Ag-basiert), Widerstandspasten (RuO<sub>2</sub>-basiert) für Temperatur- und Dehnungsmessungen sowie piezoelektrische Pasten auf Basis von Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) für Körperschallmessungen. Aufgrund der deutlich verkürzten Wechselwirkungszeiten bei der Laserbearbeitung

zeigen besonders piezoelektrische Pasten im Schichtaufbau mit Stahl, Isolations- und Elektrodenschichten deutlich verbesserte Materialeigenschaften gegenüber ofengesinterten Aufbauten.

Als Projektdemonstrator diente ein Rollenwälzlager, auf dessen Lagerschalen Sensoren zur Dehnungs- und Körperschallmessung aufgebracht wurden.

### Kontakt:

Dr.-Ing. Holger Neubert

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS  
Winterbergstr. 28  
01277 Dresden  
Tel. +49 351 2553-7615  
E-mail: holger.neubert@ikts.fraunhofer.de  
www.ikts.fraunhofer.de

# FixTronic: Schwingungen erkennen, Fräsprozesse optimieren

## Events

### ACTUATOR 2018

25.- 27. Juni

Die internationale Konferenz zu den neuesten Aktuatoren und Antriebssystemen, die ACTUATOR 2018, findet dieses Jahr vom 25. bis 27. Juni 2018 in Bremen statt. Seit bereits 30 Jahren lockt sie führende Experten, Hersteller und Anwender aus der ganzen Welt zum Austausch nach Bremen.

Mit über 400 Teilnehmern (50% aus der Industrie) und 200 Konferenz-Beiträgen ist die ACTUATOR einer der größten Veranstaltungen im Bereich kleiner Antriebssysteme und bietet alle zwei Jahre eine offene Plattform für den Austausch zum Thema smart materials.

Als Aussteller sind dieses Jahr das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF) und das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) mit dabei.

Weitere Informationen erhalten Sie im Internet unter:

[www.actuator.de](http://www.actuator.de)

## ACTUATOR 18

Bremen, 25 - 27 June 2018



Congress Centrum Bremen (Quelle: Messe Bremen)

■ Im Projekt FixTronic wird das Werkstück zum Informationsträger für eine autonome Prozesssteuerung.

Digitalisierung und Vernetzung der Produktion prägen »die vierte industrielle Revolution«. Um beste Voraussetzungen für die Herausforderungen der Industrie 4.0 zu schaffen, brauchen produzierende Unternehmen hochflexible, vernetzte und anpassungsfähige Produktionsmittel. Ein hohes Potenzial zur Produktivitätssteigerung birgt die Verwendung intelligenter Spanntechnik. Das Fraunhofer IEM entwickelt nun gemeinsam mit Partnern ein flexibles, mechatronisches Spannsystem mit aktiver Schwingungsdämpfung, um Fräsprozesse stabiler und wirtschaftlicher zu gestalten.

Ziel des Projekts FixTronic ist es deshalb, ein mechatronisches Stabilisierungssystem zu entwickeln, das Prozessschwingungen und Instabilitäten durch aktive Schwingungsdämpfung und Drehzahlanpassung der Maschinenspindel minimiert: So werden während der Fräsbearbeitung Informationen über den Zustand des Werkstücks anhand von Sensoren im Spannsystem erfasst und mit einer adaptiven Regelung verknüpft. Durch Piezoaktoren wird eine gezielte Genschwingung im Werkstück erzeugt, die die Schwingungen deutlich reduziert.

Das FixTronic-Stabilisierungssystem ermöglicht so den Einsatz leistungsfähiger Prozessparameter bei gleichzeitig hoher Qualität der Produktionsergebnisse. Durch die



Abb.2: Bauteilbearbeitung mit einer NC-Fräsmaschine

Für die Industrie 4.0-Produktion müssen nicht nur Informationen effektiv und effizient verarbeitet werden, sondern die Produktionsmittel selbst müssen physisch in der Lage sein, ihre geometrische Form und Kinematik flexibel an die jeweilige Aufgabe anzupassen. Eine steigende Produktvielfalt bildet für zerspanende Herstellungsverfahren eine große Herausforderung. Denn Fräsprozesse, vor allem bei lang auskragenden und dünnwandigen Bauteilen, werden durch Schwingungen oft stark in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt.

adaptive Regelung des Systems können Werkstücke mit unterschiedlicher Geometrie prozesssicher eingespannt werden – dadurch schließt sich die Flexibilitätslücke in der zerspanenden Fertigung. Die Vernetzung des Spannsystems mit der Werkzeugmaschine ermöglicht die effektive Überwachung des Stabilitätsverhaltens im Werkstück und erlaubt so die prozesssichere Bearbeitung mit leistungsfähigen Parametern.

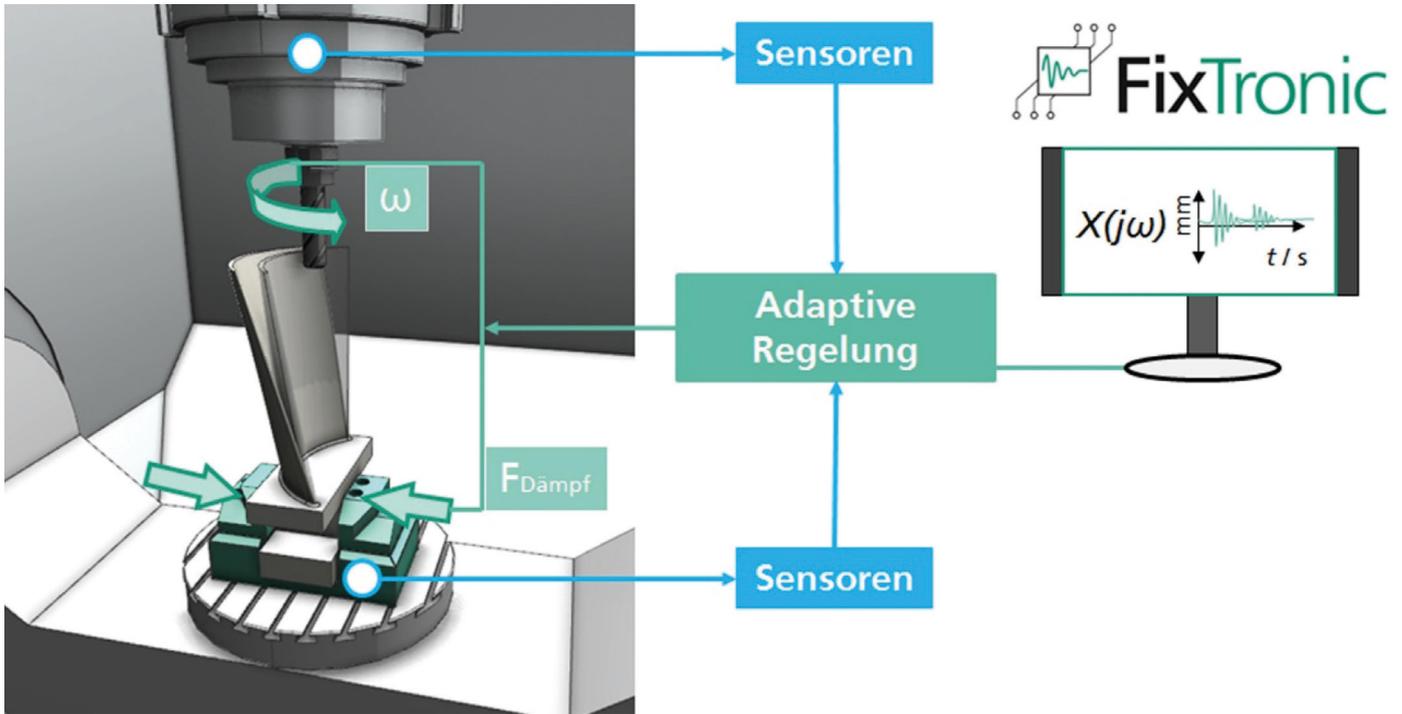


Abb.3: Aktives FixTronic-Stabilisierungssystem für eine höhere dynamische Prozessstabilität in der Fräsbearbeitung

Bei konventionellen Systemen führen Schwingungen zu einer schlechteren Oberflächenqualität des Werkstücks, höherem Werkzeugverschleiß, stärkerer Geräuschentwicklung und höheren Fertigungstoleranzen. Häufig werden einfach die Prozessvorschübe reduziert, um die Bearbeitungskräfte niedrig zu halten und so die Schwingungen zu minimieren. Dies verlangsamt jedoch den Prozess und erhöht die Herstellungskosten des Bauteils. Gleichzeitig werden die Schwingungserscheinungen auf diese Weise nur reduziert, Werkzeug und Werkstück können aber dennoch beschädigt und sogar unbrauchbar werden. In Versuchen lassen sich für Serienprozesse geeignete Bearbeitungsparameter für ein stabiles Prozessfenster ermitteln, jedoch sind solche Versuche aufwendig und teuer und es entsteht viel Ausschuss. Für die Industrie 4.0-Produktion, bei der flexibel individualisierte Teile in der Stückzahl 1 hergestellt werden sollen, ist die Suche nach einem stabilen Prozess durch Versuche nicht der richtige Weg – hier gilt es andere Lösungen zu finden.

»Der Trend geht zu einer flexiblen und individualisierten Produktion mit Losgröße 1. Lange und kostspielige Versuchsreihen sind hier zu aufwendig. Das

**FixTronic-Stabilisierungssystem ermöglicht eine autonome Überwachung und Anpassung des Produktionsprozesses. Das Werkstück selbst liefert alle wichtigen Informationen und wird zum cyberphysischen System,**

so Dr. Christian Henke, Abteilungsleiter am Fraunhofer IEM.

**Flexible Regelung effizient entwickelt**  
Das Fraunhofer IEM bringt insbesondere seine Expertise in der Entwicklung des mechatronischen Systems »Intelligente Spannvorrichtung« sowie in die Entwicklung der intelligenten Regelung ein. Die Forscherinnen und Forscher analysieren und beurteilen geeignete Sensorik und Aktuatorik und entwerfen die Regelung zur aktiven Schwingungsdämpfung. Besondere Herausforderung ist der hochdynamische Fräsprozess, der sich an immer neue, individuelle Anforderungen anpassen muss. Durch geeignete Simulations- und Prüfverfahren gelingt es, die Entwicklung besonders effizient zu gestalten.

Das Projekt FixTronic verbindet die Stärken von Unternehmen und Forschungseinrichtungen verschiedener nordrhein-westfälischer Hochtechnologiestandorte in den Be-

reichen Produktion und Mechatronik. Ziel ist es, eine entscheidende Flexibilitätslücke der Industrie 4.0 zu schließen. Das Projekt wird im Rahmen des Programms »Leitmarktwettbewerb Produktion.NRW« von Juli 2016 bis Juni 2018 mit einer Gesamtsumme von 910.086,75 Euro gefördert.

**Das FixTronic-Projektteam**

- CP autosport GmbH, Büren
- Fraunhofer IEM, Paderborn
- Fraunhofer IPT, Aachen
- Innoclamp GmbH, Aachen
- WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH, Aachen

**Kontakt:**

Dr.-Ing. Christian Henke

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM  
Zukunftsmeile 1  
33102 Paderborn  
Tel. +49 5251 5465-126  
E-mail: christian.henke@iem.fraunhofer.de  
www.iem.fraunhofer.de

# AdaptoSim® - Auf dem Weg zum smarten Simulationsmodell

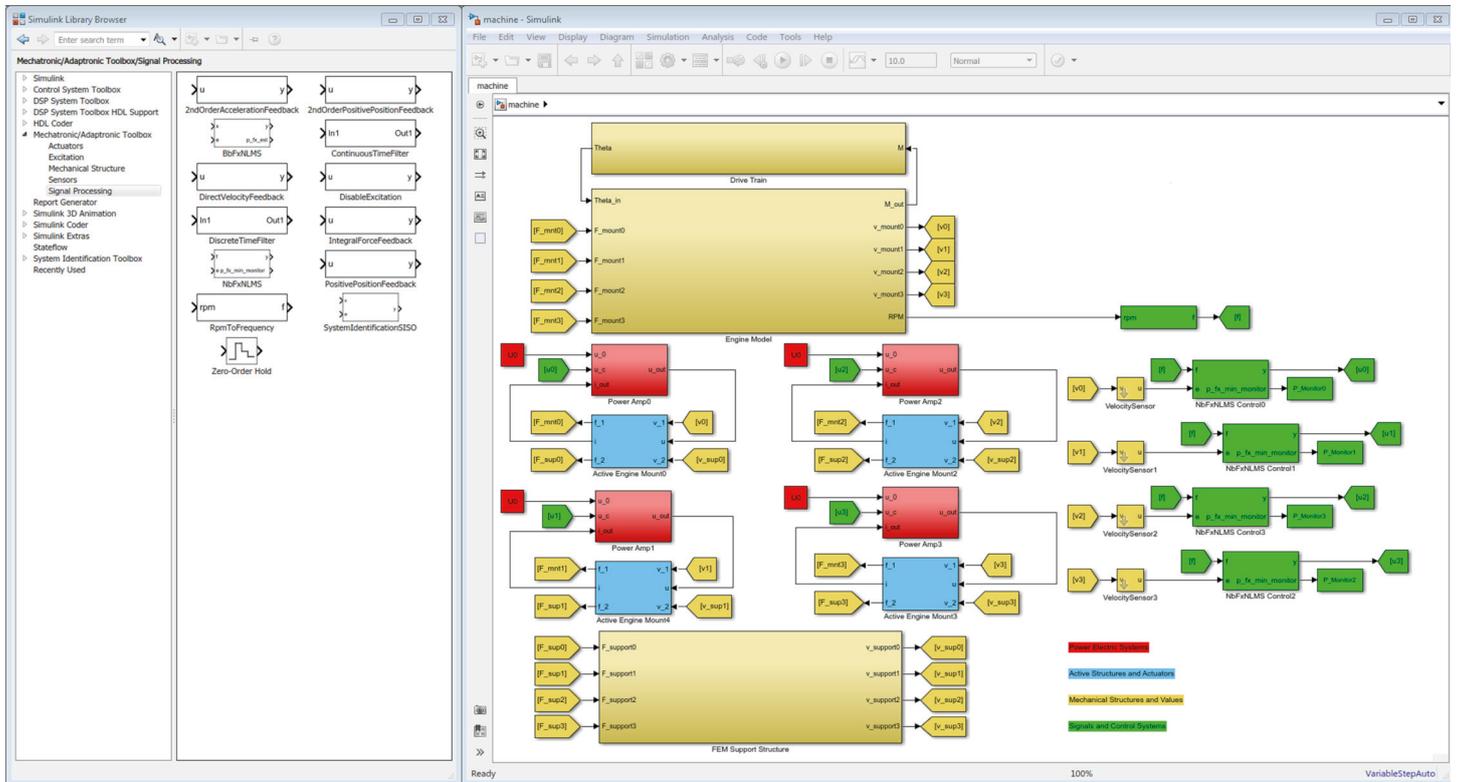


Abb.4: Multiphysikalische Systemmodelle für die ganzheitliche Simulation lassen sich mit AdaptoSim® aus standardisierten Teilmodellen aus einer Bibliothek zusammensetzen.

■ Bei der Entwicklung neuer technischer Produkte ist eine zentrale Herausforderung die gleichzeitige Erreichung der sich widersprechenden Entwicklungsziele: Leichtbaupotential, Lebensdauer, Leistungsfähigkeit und Komfort.

Um Ressourcen zu schonen, müssen Werkstoffe eingespart und der Energieverbrauch reduziert werden. Dies wird durch Leichtbau in den Strukturen erzielt, was jedoch zu Anfälligkeiten für dynamische Anregungen führt, die sich negativ auf Lebensdauer und Komfort auswirken. Um bei reduziertem Ressourceneinsatz eine gleichwertige oder höhere Leistungsfähigkeit zu erzielen, ist es erforderlich, diesem Zielkonflikt mit neuartigen Designwerkzeugen zu begegnen.

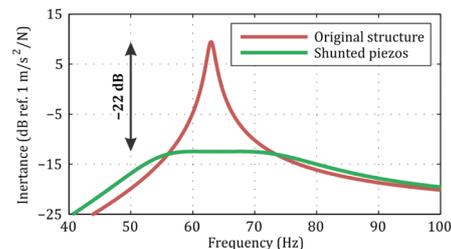


Abb.5: Schwingungsminderung eines Querlenkers mit intelligentem Faser-Kunststoff-Verbund

Aktive und adaptive Systeme haben großes Potential die Eigenschaften zahlreicher technischer Produkte in Hinblick auf die o.g. Zielkonflikte über das mit konservativen, passiven Maßnahmen erreichbare Maß hinaus zu optimieren. In smarten Strukturen werden Anregungen und Vibrationen durch Sensoren erfasst und in selbstanpassenden, digitalen Regelsystemen eine optimale Ansteuerung aktiver Strukturkomponenten erzeugt. Der Einsatz dieser Maßnahmen ist aufgrund des komplexen Entwicklungsprozesses, in dem sich Strukturen, E/E-Systeme und Aktoren permanent gegenseitig beeinflussen, eine besondere Herausforderung. Strukturen und adaptive Systeme können daher nur unter Zuhilfenahme digitaler Modelle gleichzeitig optimiert und aufeinander abgestimmt werden.

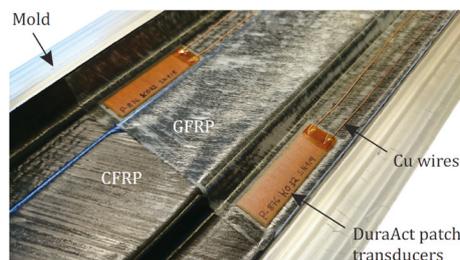


Abb.6: Intelligenter Faser-Kunststoff-Verbund

Das Fraunhofer LBF unterstützt - aufbauend auf jahrelanger Erfahrung in diesem Auslegungsprozess - die Modellierung und Simulation smarterer Strukturen mit zuverlässigen Werkzeugen unter der Marke AdaptoSim®. Die AdaptoSim®-Lösung des Fraunhofer LBF unterstützt die Erstellung und Bewertung komplexer Simulationsmodelle durch Importschnittstellen für Daten und Modelle, vorbereitete Simulationsmodelle und Bewertungsmethoden. Hybride Systemmodelle aus unterschiedlichen Quellen können so besonders flexibel und einfach zu einer ganzheitlichen Systemsimulation zusammengeführt werden. Gleichzeitig wird der Entwickler durch den hierarchischen Aufbau der Systemmodelle und durch die Systematik der Modellschnittstellen bei der Detaillierung des Gesamtsystemmodells unterstützt. So können aus einfachen, groben Systemmodellen sukzessive, detaillierte und präzise, aber dennoch übersichtliche Modelle entwickelt werden.

**Projekt LeichtFahr**

Die Entwicklung dieser Werkzeuge wird in verschiedenen Projekten stetig vorangetrieben. Im Projekt LeichtFahr wird aktuell eine ganzheitliche Methodik zur NVH- und Leichtbauoptimierung mit aktiven und passiven Maßnahmen im Fahrzeugbau entwickelt und erprobt. In dem durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten und durch die Daimler AG koordinierten Verbundvorhaben wird gemeinsam mit der ZF Friedrichshafen AG, BOGE Elastmetall GmbH, Open Logic Systems GmbH & Co. KG, dem Institut für Kraftfahrzeuge RWTH Aachen und dem Fraunhofer LBF eine

Simulationsumgebung mit Aktor- und Sensormodellen sowie mit Strukturmodellen auf Basis von analytischen, numerischen und experimentellen Untersuchungen verknüpft. Zukünftig werden diese ganzheitlichen Modelle zunehmend über die Entwicklungsphase hinaus als digitaler Zwilling Produkte über ihren gesamten Lebenszyklus begleiten und dabei die Analyse, Bewertung, Wartungs- und Betriebsoptimierung komplexer Systeme unterstützen. Vernetzte Systeme tragen durch Datenverarbeitung zur Verbesserung selbstlernender Modelle bei und ermöglichen damit ein vertieftes Verständnis der Betriebsbedingungen, Beanspruchungen und

	Konzeptphase	Digitaler Entwurf	Digitale Evaluation	Optimierung	Beleg
Vehicle Concept	Analytische Modelle, Vorauswahl der Maßnahmen				
Digital Prototype		Detailmodelle, FE-Integration Optimierung, Gesamtmodell			
Digital Evl. Vehicle			Detaillierung, Reglerentwurf, Funktionsmuster		
Development Vehicle				Einbau der Funktionsmuster in Fahrzeug-Prototypen	
Confirmation Vehicle					Nachweis

Abb.7: Der digitale Entwurf in der Fahrzeugentwicklung

	Konzeptphase	Digitaler Entwurf	Digitale Evaluation	Opt.	Beleg	Revenue
Concept	Prozessbegleitende NVH-Simulation					Die Ertragsphase des Produkts wird schneller erreicht
Digital						
Prototype						

Abb.8: Die prozessbegleitende NVH-Simulation in der Fahrzeugentwicklung kann die Entwicklung beschleunigen und Risiken senken.

ganzheitliche Betrachtung verschiedener adaptiv-tronischer und passiver Maßnahmen sowie neuer Materialien unter den Aspekten Leichtbau, vibroakustisches Verhalten und Wirtschaftlichkeit angestrebt. Hierzu werden die notwendigen Werkzeuge aufbauend auf der AdaptoSim®-Technologie entwickelt und mit beispielhaften Anwendungen in Fahrzeugen erprobt. Die zeitdiskrete Signalverarbeitung für die adaptiv-tronischen Maßnahmen wird dabei in einer ganzheitlichen

daraus resultierender strukturdynamischer Prozesse sowie deren Auswirkungen auf Lebensdauer, Komfort, Leistung und Sicherheit des Produktes. Diese Erkenntnisse können schließlich im Rückfluss der Daten in die Entwicklung zur weiteren Ausschöpfung von Ressourcen- und Leistungspotentialen beitragen. So legt das Fraunhofer LBF mit AdaptoSim® die Grundlage für zukünftige, digitale Entwicklungsprozesse.

<http://adaprosim.net/>

# 4SMARTS

22.- 23. Juni

Nach den erfolgreichen ersten beiden Symposien der 4SMARTS 2016 in Darmstadt und 2017 in Braunschweig, wird das dritte Symposium für Smarte Strukturen und Systeme—4SMARTS vom 22. – 23. Mai 2019 wieder in Darmstadt stattfinden.

Im Fokus steht das interdisziplinäre Themenfeld der aktiven, intelligenten und adaptiven – kurz: smarten – Strukturen und Systeme. Ausgehend vom Material über die Auslegung von Bauteilen und die Integration von Funktionen bis hin zur Zuverlässigkeit komplexer Systeme umfasst das Symposium alle relevanten Technologiefelder. Neben den klassischen Anwendungen der aktiven Schwingungs-, Schall- und Gestaltkontrolle werden zahlreiche weitere Anwendungen, u. a. Structural Health Monitoring (SHM) oder Energy Harvesting adressiert.

Veranstalter:  
Fraunhofer LBF & DLR Institut für Faser-verbundleichtbau und Adaptronik

Weitere Informationen erhalten Sie im Internet unter:  
<https://4smarts2019.inventum.de>



**Kontakt:**

Dipl.-Ing. Georg Stoll

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF  
Bartningstraße 47  
64289 Darmstadt  
Tel. +49 6151 705-8528  
E-mail: [georg.stoll@lbf.fraunhofer.de](mailto:georg.stoll@lbf.fraunhofer.de)  
[www.lbf.fraunhofer.de](http://www.lbf.fraunhofer.de)

# Modulares Messsystem zur Erfassung der Kraftverteilung in Umformprozessen

■ Umformtechnisch hergestellte Teile stellen auch in Zeiten von 3D-Druck noch immer die Mehrzahl an großen Metallstrukturbauteilen dar. Die Hersteller von Automobilkarosserien und Waschmaschinen greifen seit vielen Jahrzehnten auf diese Technologie zurück. Der zunehmende Einsatz von schwer umformbaren Werkstoffen, der Trend zu komplexeren Geometrien sowie das steigende Qualitätsbewusstsein der Kunden führen hierbei zu einer signifikanten Reduzierung des Prozessfensters, innerhalb dessen Gutteile produziert werden können. Die Hersteller tragen diesen Umständen mit einem erhöhten Aufwand in der Werkzeugeinarbeitung sowie in der Aufrechterhaltung konstanter Prozessbedingungen Rechnung. Gleichzeitig steigen die Preise für Abnehmer, um eine Mindestmarge realisieren zu können.

Zur Senkung der Ausschussquote existieren zahlreiche Ansätze zur gezielten Prozesseinflussung. Das Spektrum reicht hierbei von gezieltem Einsatz lokaler Schmierung, über die Anpassung von Ziehkissenparametern bis hin zur Integration von Aktorik im Flanschbereich. Die Eignung wurde in verschiedenen Publikationen bereits diskutiert und nachgewiesen. Eine grundlegende Voraussetzung für eine intelligente und autonome Regelung ist jedoch eine geeignete Prozess-Sensorik, mit welcher der Prozesszustand

in ausreichendem Umfang erfasst werden kann. Der bestehende Konflikt ist hierbei stets das Abwägen von dedizierter, werkstellennaher und werkzeuggebundener Sensorik gegenüber werkstellenferner, aber dafür maschinengebundener Messinstrumente. In der Praxis wird zugunsten der Wirtschaftlichkeit ein Kompromiss zwischen beiden Varianten gesucht.

Der vom Fraunhofer IWU entwickelte Ansatz sieht hierbei ein Messsystem vor, welches zwischen Stößel und Umformwerkzeug eingebaut wird. Das Alleinstellungsmerkmal liegt hierbei in der Modularität des Systems. Durch die freie Konfiguration aus mehreren Einzelmodulen können beliebige Werkzeuggrößen abgedeckt werden. Die Energieversorgung, sowie der Zugriff auf die Messwerte erfolgen über eine einzige Schnittstelle. Durch die Self-Mapping-Funktionalität wird dem Anwender eine aufwändige Projektierung des Systems abgenommen, da automatisch die Gesamtform sowie die Positionen der Einzelmodule erkannt werden. Neben der variablen Anordnung und Gesamtgröße sichert die geringe Aufbauhöhe flexible Einsatzmöglichkeiten.

Die Einsatzmöglichkeiten des Messsystems sind hierbei äußerst vielfältig. Beispielsweise kann eine Anwendung innerhalb der Werkzeugeinarbeitung für die orts- und zeitaufgelöste Erfassung des Druckbildes eingesetzt



Abb.10: Modulare Anordnung der Einzelzellen

werden. Gleichzeitig erlaubt es eine Referenz für die spätere Übertragung auf die Serienpresse. Innerhalb des Serienprozesses können zudem Abweichungen von der Idealverteilung erfasst und weitergegeben werden. Auf diese Weise können Korrekturmaßnahmen ergriffen werden bevor eine visuelle Sichtprüfung der Teile ein Eingreifen in den Prozess erzwingt. Darüber hinaus erlaubt das Messsystem auch die Detektion und Lokalisierung von Rissen im Bauteil.

Dem Anwender steht es mit dieser Komponente frei, diese in eine übergeordnete Regelung einzubinden oder lediglich als Monitoring-System zu nutzen. Gleichwohl ermöglicht es eine Reduzierung der Ausschusskosten, die Steigerung der Standzeit und damit der Produktivität und Effizienz des Produktionssystems.

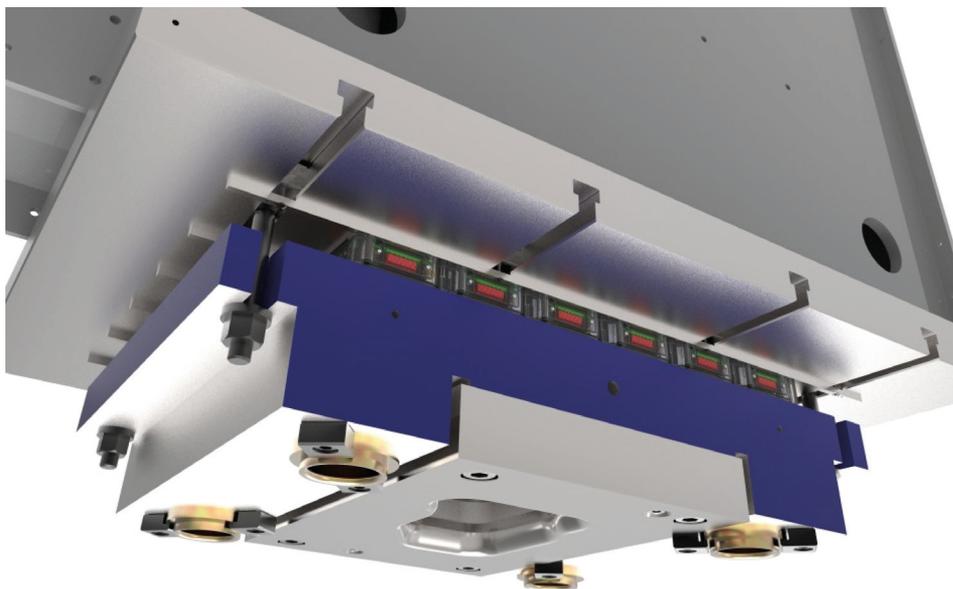


Abb.9: Einbausituation der Module

**Kontakt:**  
Dipl.-Ing. André Bucht

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU  
Nöthnitzer Straße 44  
01187 Dresden  
Tel. +49 351 4772 2344  
E-mail: [andre.bucht@iwu.fraunhofer.de](mailto:andre.bucht@iwu.fraunhofer.de)  
[www.iwu.fraunhofer.de](http://www.iwu.fraunhofer.de)

# Sensorik für die effiziente Fertigung von NFK im Spritzguss

■ Das Integrieren von nachwachsenden Rohstoffen in Kunststoffen ist ein aus mehreren Perspektiven sehr wichtiges Entwicklungsziel der heutigen Zeit. Aus ökologischer Sicht kann so dem immer größer werdenden Anteil an Plastikmüll entgegengetreten werden, da naturfaserverstärkte Kunststoffe recycelbar sind. Aus ökonomischer Sicht werden neue Materialverbunde entwickelt, welche z.B. für die Automobilindustrie und den Leichtbau von großem Interesse sind. Diesen positiven Eigenschaften stehen erhöhte Produktionskosten im Vergleich zur Herstellung von reinen Kunststoffbauteilen gegenüber, da durch die Naturfasern ein

sensor in Mäander-Geometrie aus Chrom gefertigt werden. Das gesamte Schichtsystem weist eine Dicke von etwa 10 µm auf. Ein Werkzeugeinsatz mit einem vollständigen Schichtsystem, bei dem Aluminiumoxid sowohl als elektrische Isolationszwischen-schicht als auch als Deckschicht abgeschieden wurde, ist in Abbildung 11 dargestellt. Die beiden kreisförmigen Bereiche stellen die piezoresistiven Sensorbereiche dar, die von der mäanderförmigen Struktur des Temperatursensors halb umschlossen werden.



Abb. 11: Werkzeugeinsatz mit vollständigem verschleißbeständigem Sensorsystem auf der Oberfläche

erhöhter Verschleiß im Extruder und Werkzeugbereich entsteht, der die Standzeit verkürzt. Daher verfolgt das Projekt Smart NFR das Ziel, neuartige multifunktionale Schichtsysteme zu entwickeln, welche der Verschleißreduzierung am Werkzeug und im Extruderbereich der Kunststoffspritzgussanlage dienen. Darüber hinaus werden in die Verschleißschutzschichtsysteme thermoresistive und piezoresistive Dünnschichtsensorenstrukturen integriert, welche der Prozessüberwachung und -optimierung dienen sollen.

## Herstellung des sensorischen Dünnschichtsystems

Auf Stahleinsätze, die leicht in das Spritzgusswerkzeug eingebaut werden können, wird als Grundschicht die piezoresistive und verschleißbeständige DiaForce®-Schicht in einer Dicke von 6 µm homogen abgeschieden. Darauf werden einzelne kreisförmige Elektrodenstrukturen aus Chrom platziert, sodass sie im Kontaktbereich der Kunststoffschmelze liegen. Es folgen zwei elektrische Isolations-schichten aus Aluminiumoxid bzw. SiCON®, zwischen denen sowohl die Leiterbahnen von den Elektroden zu den Kontaktierungs-bereichen als auch ein Temperatur

## Erprobung der sensorischen Schichtsysteme in der Spritzgussverarbeitung von unterschiedlichen naturfaserverstärkten Kunststoffen

An der Tomas Bata Universität in Zlin wurden drei Einsätze mit sensorischen Dünnschichtsystemen in das Werkzeug der Spritzgussanlage der Firma Arburg (Allrounder 470 H) eingebaut und mit unterschiedlichen naturfaserverstärkten Kunststoffen getestet (siehe Abbildung 12). Die einzelnen Systeme unterscheiden sich in ihrem Schichtaufbau in Hinblick auf die elektrischen Isolations-schichten. Im Fall des linken Einsatzes in Abbildung 12 wurden jeweils SiCON®-Schichten als Zwischen- und als Deckschicht abgeschieden. Bei den beiden rechts angeordneten Einsätzen wurde hingegen das transparente Aluminiumoxid als verschleißschützende Isolations-schicht verwendet. Anhand der Spannungsverläufe der einzelnen Dünnschichtstrukturen kann bereits während des Spritzgussprozesses erkannt werden, ob ein Gutteil gefertigt wird oder nicht. Die Dünnschichtsysteme wurden bisher in mehr als 500 Spritzgussprozessen mit unterschiedlichen faserverstärkten Kunststoffen eingesetzt, ohne dabei zu verschleißen.

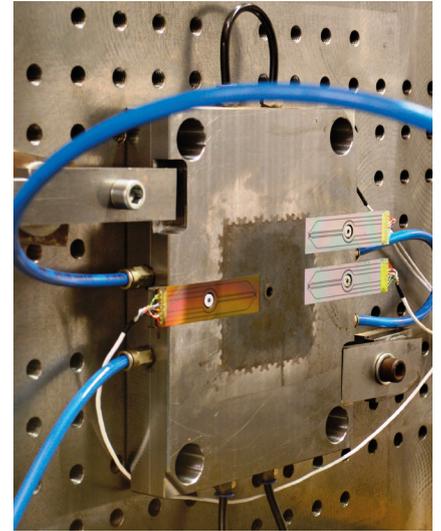


Abb. 12: Einbausituation der Sensormodule in das Spritzgusswerkzeug zur Herstellung von Bodenplattenelementen

## Das Projekt

Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb des Projekts »Smart coating systems for process control and increased wear resistance in processing of natural fibre reinforced polymers«, kurz: Smart NFR, erzielt, an dem das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU und der tschechischen Universität Tomas Bata in Zlin arbeitet. Smart NFR wird im 19. Cornet Call (Collective Research Networking) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördert und hat eine Laufzeit vom 1.6.2016 bis zum 30.11.2018.

## Kontakt:

Dr.-Ing. Saskia Biehl

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST  
 Bienroder Weg 54 e  
 38108 Braunschweig  
 Tel. +49 531 155-604  
 E-mail: saskia.nina.biehl@ist.fraunhofer.de  
 www.ist.fraunhofer.de



Abb. 13: Das Institutsgebäude des IEM

## Kurzporträt

Das Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM bietet Expertise für intelligente Mechatronik im Kontext Industrie 4.0. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Bereichen Maschinenbau, Softwaretechnik und Elektrotechnik arbeiten am Standort Paderborn fachübergreifend zusammen. Mit der Stoßrichtung »Advanced Systems Engineering« erforscht das Fraunhofer IEM innovative Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von intelligenten Produkten, Produktionssystemen und Dienstleistungen. Kernkompetenzen sind dabei Intelligenz in mechatronischen Systemen, Systems Engineering und Virtual Prototyping. Das Fraunhofer IEM mit seinen derzeit über 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wird von einem dreiköpfigen Direktorium geführt: Prof. Dr.-Ing. Ansgar Trächtler (Institutsleiter), Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu und Prof. Dr. Eric Bodden. Das Forschungsvolumen betrug im Jahr 2017 etwa 10,5 Millionen Euro.

## Forschung

Das Fraunhofer IEM bietet angewandte Forschung und Entwicklung sowie Technologietransfer insbesondere in den Mittelstand. Forschungsschwerpunkte sind Advanced Systems Engineering (fachdisziplinübergreifende Entwicklungsmethoden und durchgängiges Engineering, Product Life Cycle Management, Virtual Prototyping und Simulation), Forschung und Entwicklung im Bereich intelligenter technischer Systeme (Cyber Physical Systems) sowie die strategische Produktplanung (Potentialanalyse und Technologieplanung für intelligente technische Systeme, digitale Transformation von Geschäften und Geschäftsmodellen).

Das Fraunhofer IEM arbeitet eng mit dem grundlagenorientierten Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn zusammen und trägt mit zahlreichen Projekten zum Technologietransfer im Spitzencluster »it's OWL« bei. In der deutschen Forschungslandschaft beteiligt sich das Fraunhofer IEM an zahlreichen Aktivitäten der Akademie der

Technikwissenschaften (acatech) und ist in einer Vielzahl von Verbundprojekten, wie etwa »Digital in NRW – Das Kompetenzzentrum für den Mittelstand« (BMW i), »AcRoSS – AR-basierte Produkt-Service-Systeme« (BMW i) oder »Smart Headlamp Technology« (EFRE.NRW) aktiv.

Technologiefelder am Fraunhofer IEM:

- Self-X-Systeme (z.B. selbstkorrigierende Fertigungsprozesse)
- X-in-the-Loop-Entwicklungsumgebungen
- Modulare Automation und Robotik
- IT- und System-Security in vernetzten Systemen
- Industrial Data Analytics
- Augmented Reality / Virtual Reality
- Additive Manufacturing / Molded Interconnect Devices (MID)

**Branchen/Kunden**

Das Fraunhofer IEM richtet seine Forschung stark an der mittelständischen Unternehmenslandschaft der Region Ostwestfalen-Lippe aus und entwickelt Methoden und Ansätze, die auch für den Einsatz in kleinen und mittleren Unternehmen besonders geeignet sind.

Vorrangige Branchen sind der Maschinen- und Anlagenbau und die Elektro- und Elektronikindustrie. Erfolgreiche Kooperationen bestehen beispielsweise mit Weidmüller in Detmold, GEA Separator in Oelde oder Wincor Nixdorf in Paderborn. Im Bereich Automotive gehören HELLA in Lippstadt oder Porsche in Weissach zu langjährigen Projektpartnern. Aber auch in anderen Branchen ist das Methodenwissen und die Technologiekompetenz des Fraunhofer IEM gefragt, was beispielsweise die erfolgreiche Partnerschaft mit Miele in Gütersloh zeigt.

**Institutsgeschichte**

Das Fraunhofer IEM startete 2011 als Projektgruppe des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen. Mithilfe einer Anschubfinanzierung des Landes NRW erarbeiteten die Wissenschaftler ein am Markt orientiertes Forschungsprofil auf Basis einer starken Kooperation mit der regionalen Industrie.

Im Jahr 2016, nur fünf Jahre nach Start der Projektgruppe, wurde das Fraunhofer IEM als eigenständige Einrichtung in die Bundesländer-Finanzierung der Fraunhofer-Gesellschaft aufgenommen. Seit dem 1. Januar 2017 trägt es offiziell den Institutstitel.

**Kontakt:**

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM  
 Zukunftsmeile 1  
 33102 Paderborn  
 Tel. +49 5251 5465-101  
 info@iem.fraunhofer.de  
 www.iem.fraunhofer.de

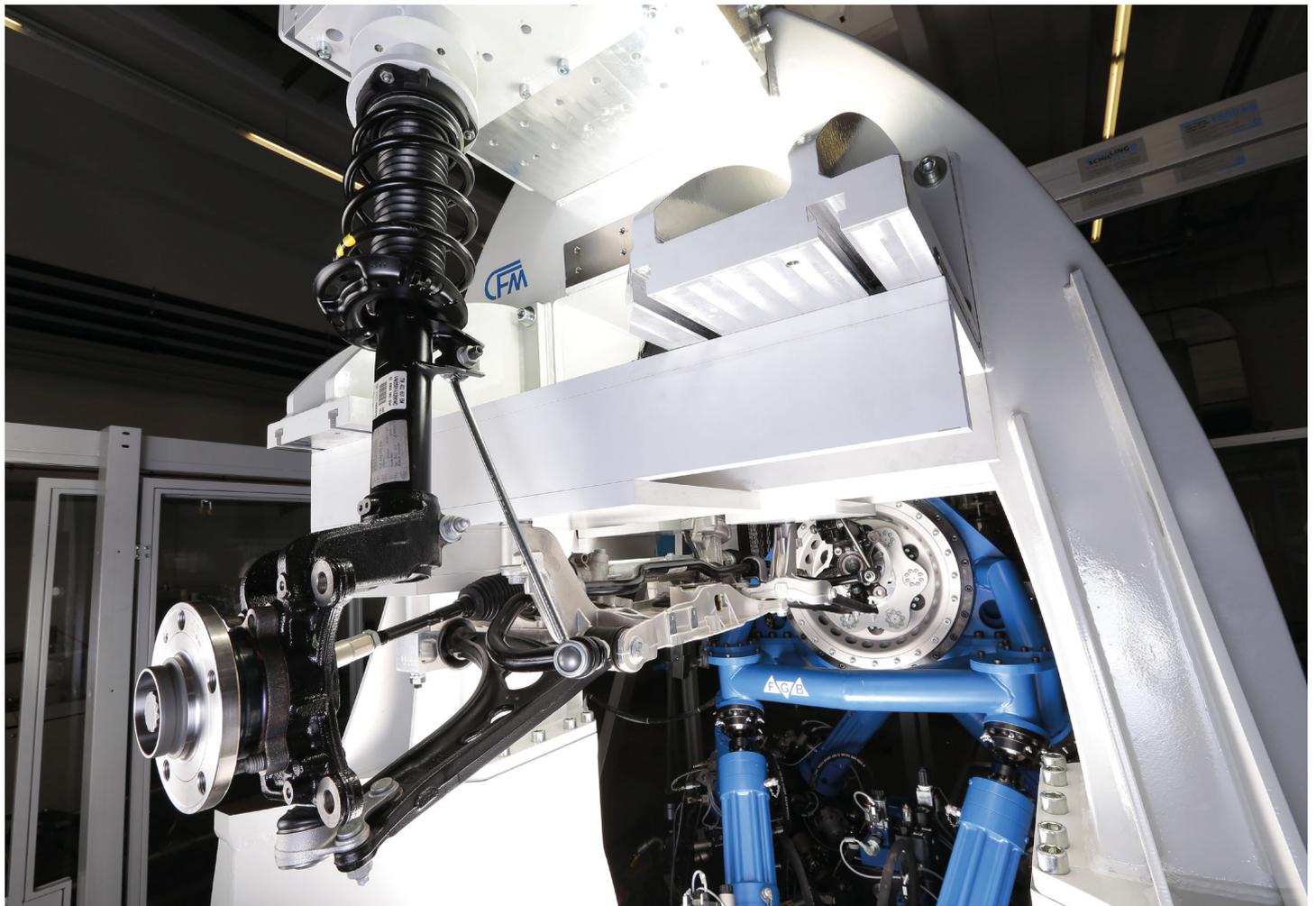


Abb. 14: Hardware-in-the-Loop Achsprüfstand

# Adaptronik - Technik, die verändert

## Die beteiligten Institute:

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



## 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:

Adrian von Hayn, Stefanie Schmahl

 **Fraunhofer**  
ADAPTRONIK