



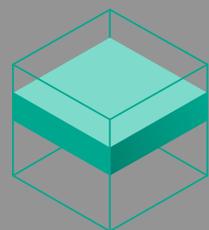
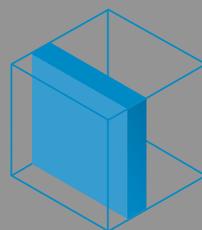
# Fraunhofer

## LBF

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BETRIEBSFESTIGKEIT UND SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT



# Jahresbericht 2009







# Dan

Danke, dass SIE mit uns in Darmstadt „Fraunhofer-good2know“, den 60. Geburtstag der Fraunhofer-Gesellschaft, gefeiert haben!

Armin Achebach **PROFI Engineering Systems AG** | Albert Achen **Lord Germany GmbH** | Ammar Alkassar **Sirrix AG** | Reiner Anderl **Technische Universität Darmstadt** | Walter Anton **Borbet GmbH** | Peter Reinhard **Arnold** | Olaf Barski **Barski Design** | Hartmut Baumgart **Adam Opel GmbH** | Sabine Berg **Kiz Prowina GmbH** | Erik Berglund **Frontex** | Ruth Beusing **Römisch-Germanische Kommission** | Hugo Binder **Vsonix GmbH** | Heiko Blechschmied **traffic information and management GmbH** | Manfred Bolz **Computer-Akademie** | P.-W. Borbet **Borbet GmbH** | Herr Borchert **Hessisches Landesamt** | Dagmar Börner **Universität Rostock** | Falk Börsch **TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH** | Joachim Bös **TUD Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM** | Marcus Brachert **Ethon Technologies GmbH** | Sven-Kolja Braune **Notos Rechtsanwälte** | Ernst Brust **velotech.de GmbH** | Johannes Buchmann **Technische Universität Darmstadt** | Hans-Jörg Bullinger **Fraunhofer-Gesellschaft** | Holger Burckhardt **ID-GmbH** | Christoph Busch **Gjøvik University College** | Barbara Bussfeld **Hessische Staatskanzlei** | Walter Claassen **Claassen Info Data** | Peter Dauben **DC-Consulting** | Patrice Delarbre **PMG Sinterstahl GmbH** | Renate Dickler-Schütz **SWIFT – Gesellschaft für Messwerterfassungssysteme mbH** | Ralf Dittmar **Rohde & Schwarz SIT GmbH** | Cyril Drevensek | Martin Düsterhöft **Ricardo Deutschland GmbH** | Gerald Eckstein **Robert Bosch GmbH** | Achim Egetenmeier **CA Deutschland GmbH** | Anselm Eggert **Lufthansa Systems Group GmbH** | Oliver Ehl **Stress & Strength GmbH** | Marion Elteste **ESOC** | Dieter Engel **Deutsche Telekom AG** | H.-Michael Fahrig **Wilhelm Karmann GmbH** | Rainer Fechner **Lucent Technologies Network Systems GmbH** | Gerhard Felten **Robert Bosch GmbH** | Uwe Finster **pro-com DATENSYSTEME GmbH** | Holger Frank **Friedrich Sanner GmbH** | Jasmin Franz **Empolis GmbH** | Ralf-Michael Fuchs **Schenck Rotec GmbH** | Roland Gärber **Bilfinger & Berger AG** | Wolfgang Gehrke **TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH** | Richard E. Geitner **C. & E. Fein GmbH** | Stefan Gentsch **EMC² Deutschland GmbH** | Alexandra Geretzki **ESRI Deutschland GmbH** | Ralph Giebel **EMC² Deutschland GmbH** | Stefan Göbel **Technische Universität Darmstadt** | Michael Graf **ConWeaver GmbH** | Arbogast Grunau **Schaeffler KG** | Christoph Gumbel **Porsche AG** | Karl-Heinz Haase **HBM Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH** | Richard Hertreiter **Lufthansa Systems** | Axel Hildebrand **Daimler Protics GmbH** | Josef Hintersehr **Hint-ELs GmbH** | Walter Hoffmann **Wissenschaftsstadt Darmstadt** | Frederik Horn **Rittal GmbH** | Kurt Hornberger **Robert Bosch GmbH** | Roland Hradezky **MediaPlan** | Wilfried IHL **Robert Bosch GmbH** | Ralph Jacoby **Jacoby & Cie. AG** | Rüdiger Jehn **ESOC** | Gunnar Johansson **KARL MAYER** | Alexander Jörg **Mefro Wheels** | Erwin Jung **IBM Deutschland GmbH** | Olaf Jüptner **HA Hessen Agentur GmbH** | Stephan Kammerer **IBM Deutschland GmbH** | Thomas Kamps **ConWeaver GmbH** | Utz Paul Karpenstein **Future Communication Group** | Axel Keine **AKI Power Systems** | Steff Keine **AKI Power Systems** | Michael Kip **mpr marketing public relations** | Páris Kirsch **pro-com DATENSYSTEME GmbH** | Christopher Klatt **Freudenberg Forschungsdienste KG** | Peter Klose **Mercedes-Benz AG** | Dieter Klumpp **Alcatel-Lucent Stiftung** | Christian Knoepfle **Adam Opel GmbH** | Hans-Ulrich Köchl **BPW-Bergische Achsen** | Michael Kolmer **Wissenschaftsstadt Darmstadt** | Lothar Krüger **BMW AG** | Doris Krüger-Röth **Planungsverband Rhein-Main** | Klaus Krumrey **darmstadtium** | Eva Kühne-Hörmann **Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst** | Dieter Langer **EADS** |

# KE



Karl Leber **Innovision Gebäudemanagement GmbH** | Andreas Leber **Innovision Gebäudemanagement GmbH** | Stephan Lechner **Institute for the Protection and Security of the Citizen** | Jens Lemke **CUBIS Consulting Group GmbH** | Alexander W. Lenhardt **iCognize GmbH** | Roland Lentz **IHK Darmstadt** | Katja Lenz **Hochschule Darmstadt** | Gerhard Lepperhoff **FEV Motorentechnik GmbH** | Thomas Liebscher **Inter-ComponentWare AG** | Marc Lindlbauer **secunet Security Networks AG** | Knut Manske **SAP AG** | Frank Mayland **Unitec Informationssysteme GmbH** | Matthias Merx **Bundesdruckerei GmbH** | Lutz B. Middelpkamp **VOICETRUST AG** | Marie-Luise Moschgath **PricewaterhouseCoopers AG WPG** | Max Mühlhäuser **Technische Universität Darmstadt** | Jürgen Müller **Ingenieurbüro** | André Neu **ProVisio GmbH** | Siegfried Neuberger **Zweirad-Industrie-Verband e.V.** | Gerd Neudert **itCampus Software- und Systemhaus GmbH** | Dilaver Nohucu Jantsa **Jant Sanayi ve Tic. A.S.** | Klaus Nötzel **EUMETSAT** | Frank Opel **facilityboss GmbH** | Helge Oppermann **BMW Group** | Klaus Osterhage **Adam Opel GmbH** | Konstantin Petruch **Deutsche Telekom AG** | Peter Pfalzgraf **PROSTEP AG** | Dietmar Pohlmann **Consulting AG** | Axel Posluschny **Römisch-Germanische Kommission** | Carsten Preusche **DLR Institut für Robotik und Mechatronik** | Alexander Prokop **CST-Computer Simulation Technology AG** | Brita Pyttel **Staatl. Materialprüfungsamt** | Hans-Peter Quadt **Hochschule für Telekommunikation** | Michael Quast | Bruno Quint **CORISECIO GmbH** | Volker Reible **T-Systems Enterprise Services GmbH** | Rolf Reinema **Vodafone D2 GmbH** | Torsten Rex **Commerzbank AG** | Michael Riedel **Howaldtswerke-Deutsche Werft GmbH** | Birgit Rismondo **Bundesministerium für Bildung und Forschung** | Kurt Röder **Wirtschaftsservice Rüsselsheim** | Gottfried Roosen **Haption SA** | M. Alexander Roth **Evonik Röhm GmbH** | Markus Ruppert **FlexSecure GmbH** | Tonis Rüsche **NK Networks & Services GMBH** | Michael Ruth **Unitec Informationssysteme GmbH** | Gerhard Schabhüser **Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik** | Albert Schaeffer **Polydimensions GmbH** | Rainer Schilling **Empalis GmbH** | Werner Schindler **Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik** | Tobias Schmidt **itCampus Software- und Systemhaus GmbH** | Hildegard Schoger **darmstadtium** | Matthias Schollmaier **Adam Opel GmbH** | Knut Schroeder **Lurgi GmbH** | Michael Schulz **adesta GmbH** | Georg Sellner **Stadt- und Kreissparkasse Darmstadt** | Jürgen Spazierer **Alcoa GmbH** | Rainer M. Speh **Siemens AG** | Ingo Staack **Howaldtswerke-Deutsche Werft GmbH** | Rudolf Stauber **BMW Group** | Ulf Stegemann **zeitform Internet Dienste OHG** | Ralf Steinmetz **Technische Universität Darmstadt** | Richard Stenzel **ConWeaver GmbH** | Jörg Stephan **Alcoa GmbH** | Andreas Storm **Parlamentarischer Staatssekretär des BMBF** | Heinz-Georg Sundermann **Lotterie-Treuhandgesellschaft mbH Hessen** | Frank Syring **HA Hessen Agentur GmbH** | Torsten Trossmann **Staatl. Materialprüfungsamt** | Elke Ungeheuer **Planungsverband Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main** | Peter van Staa **Robert Bosch GmbH** | Steven Vettermann **ProSTEP iViP e.V.** | F.-J. Völlmecke **Borbet GmbH** | Arnold Wagner **Gartner Deutschland GmbH** | Ruth Wagner **Kultusministerin a.D.** | Ralf Waterkotte **Schaeffler KG** | Eberhard Wegener **Hessisches Ministerium des Innern u. für Sport** | Klaus Weinhoefer **HEyeWall GmbH** | Reiner Weiss **Freudenberg Forschungsdienste KG** | Martin Westermeier **TWINSOFT GmbH** | Michael Wichert **Cortal Consors S. A. Zweigniederlassung Deutschland** | Thomas Widenka **SAP AG** | Marcus C. Wiedemann **The Smart System Solution GmbH** | Thomas Wille **Philips Semiconductors Germany GmbH** | Axel Wisotzky **Daimler AG** | Peter Wittmann **VentureGroup** | Thomas Zacharias **Commerzbank AG** | Marco Zibull **Howaldtswerke-Deutsche Werft GmbH** | Brigitte Zypries **Bundesministerin der Justiz**

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	<b>9</b>	<b>Unsere Forschung für Ihre Märkte</b>	<b>34</b>
Das Institut in Zahlen.	11	<b>Von Anfang an auf Ihrer Seite!</b>	<b>34</b>
Ein Jahr im Dialog.	12	Betriebsfestigkeit thermoplastischer Kunststoffe.	36
<b>Neue Perspektiven</b>	<b>16</b>	Schneller am Ziel mit Artificial Neural Strain Life Curves.	38
Die elektromobile Zukunft – das Fraunhofer LBF gestaltet maßgeblich mit.	16	Wie zuverlässig sind Carbon-NanoTube-Aktuatoren?	40
Neuer Ganzfahrzeugprüfstand am Fraunhofer LBF.	18	<b>Rundum sicher!</b>	<b>42</b>
Mehr Flexibilität bei Fahrbetriebsmessungen.	19	Mechanische Eigenschaften von Thermoplastverbunden.	44
Bauteileigenschaften gezielt einstellen.	20	Sichere Bemessung scharf gekerbter Sinterbauteile.	46
Das LBF gibt Gummi.	21	Aluminiumlegierungen für Sicherheitsbauteile.	48
Das Fraunhofer LBF-Management-Team.	22	Leicht und trotzdem sicher!	50
Kooperationen.	22	Schwingfestigkeit hochgradig umgeformter Gefüge.	52
Das Kuratorium.	23	Wirtschaftliche und sichere Bemessung von Schweißverbindungen.	54
<b>Mit Sicherheit innovativ.</b>	<b>24</b>	<b>Worauf Sie sich verlassen können!</b>	<b>56</b>
Überblick der Leistungen.	25	Structural Health Monitoring mit Smart Sensor Networks.	58
Leistung auf den Punkt gebracht.	26	Kosteneffiziente Sicherheit im Flugzeugbau.	60
Ihre Geschäftswelt – Unsere Märkte.	28	Energie-Speichersysteme für die Elektromobilität.	62
Ihre Innovationsschmieden.	30		

Neue Prüfsysteme für Umwelt- und Vibrationsuntersuchungen.	64	<b>Daten und Fakten</b>	<b>86</b>
Neuartige piezoresistive Drucksensoren.	66	Ausgründungen des Fraunhofer LBF.	86
<b>Die richtige Schwingung macht´s!</b>	<b>68</b>	Die Fraunhofer-Gesellschaft.	87
Schwingungskompensation für Fahrwerks- und Motorlager.	70	Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile.	88
Adaptive Schwingungstilger für den Leichtbau.	72	Rhein-Main Adaptronik: Eine Partnerschaft – viele Vorteile.	89
Dynamische Charakterisierung von Elastomerbauteilen.	74	Allianzen und Netzwerke.	90
Identifikation des Strukturverhaltens am Beispiel einer Textilmaschine.	76	Labor und Großgeräte – die ganze Welt der Prüftechnik.	93
LOEWE-Zentrum AdRIA – Adaptronic Research, Innovation, Application.	78	Mitarbeit in Fachausschüssen.	96
<b>LBF®.Products – Unser Know-how für Ihre Märkte!</b>	<b>80</b>	Vorträge 2009.	98
Kostenoptimierte Vergleichsmessung für Lkw-Prüftechnologie.	82	Wissenschaftliche Veröffentlichungen.	102
Realitätsnahe Prüfung gelenkter Pkw-Räder.	84	Vorlesungen, Gutachten.	107
		Ausgewählte Patente.	108
		Impressum.	110



VORWORT



Liebe Freunde und Partner des Fraunhofer LBF,  
sehr verehrte Damen und Herren,

das Jahr 2009 war in jeder Hinsicht ein besonderes Jahr. Zum einen überschattet durch die großen Unsicherheiten in unserem Industriemarkt, zum anderen geprägt durch erhebliche Anstrengungen der öffentlichen Hand z. B. mit den Konjunkturprogrammen der Bundesregierung. Das Fraunhofer LBF als ein sehr automobilnahes Fraunhofer-Institut mit engen Verknüpfungen zum Maschinen- und Anlagenbau war sozusagen „mitten drin“. Da hat es sich ausgezeichnet, dass wir uns in den vergangenen Jahren strategisch klug positioniert, auf mehrere Standbeine gestellt und stets den sehr engen Dialog mit unseren Kunden und Partnern am Markt gepflegt haben. All dies zusammen hat auch in 2009 zu einem sehr erfolgreichen Abschluss für das Fraunhofer LBF geführt.

So konnten wir unseren Umsatz im reinen Industriegeschäft gegenüber dem Vorjahr halten und so mit unseren angestammten Kunden die langjährigen Kooperationen erfolgreich aufrecht erhalten. Im öffentlichen Bereich haben wir deutlich zugelegt und konnten so auch schon für Stabilität im Folgejahr sorgen. Insbesondere das Thema „Elektromobilität“ hat uns mit einer großen Investition in einem Ganzfahrzeugprüfstand, diversen Kleininvestitionen in Komponentenprüfstände sowie dem übergeordneten Projekt „Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“ neue Perspektiven und Wertschöpfungspotenziale eröffnet. So zeichnet das Fraunhofer LBF im Auftrag des Fraunhofer-Vorstandes auch für die Hauptkoordination des vom BMBF mit 30 Mio € geförderten Gemeinschaftsprojekts mit 33 Fraunhofer-Instituten verantwortlich.

Aber auch die Luftfahrtindustrie hat uns große Aufgaben übertragen. Neben dem europäischen JTI-Clean Sky haben diverse Direktbeauftragungen der Luftfahrtunternehmen zu einem gesunden Mix aus öffentlichen und Industrieerträgen geführt. Die Schienenfahrzeugindustrie hat das Fraunhofer LBF gemeinsam mit zwei Schwesterinstituten beauftragt, eine Studie zur „Einführung der Bruchmechanik zur Festlegung von Inspektionsintervallen für Radsatzwellen“ durchzuführen. Nur der regelmäßige und direkte Abgleich unserer Kompe-

tenzen mit den aktuellen und zukünftigen Anforderungen des Marktes garantiert die Attraktivität unseres gesamten Leistungsangebotes.

Unsere Adaptronik-Aktivitäten schreiten ebenso erfolgreich voran. Das LOEWE-Zentrum AdRIA wurde Mitte 2008 gestartet und konnte in 2009 den vollen Betrieb aufnehmen. Hier arbeiten weit über 100 Mitarbeiter der Technischen Universität Darmstadt, der Fachhochschule Darmstadt und des Fraunhofer LBF nun unter einem Dach sehr eng verzahnt zusammen und entwickeln die Technologie der Adaptronik den Marktbedürfnissen angepasst weiter. Es konnten im Laufe des Jahres zwei der vier geplanten zusätzlichen Professuren („Funktionsintegrierter Leichtbau“ und „Aktormaterialien und Prinzipien“) besetzt werden, zwei weitere Berufungsverfahren laufen noch. Im Frühjahr 2010 werden wir dann unser neues Transfergebäude im Sinne eines Projekthauses beziehen und damit die Industriekooperation verdichten.

Nachdem wir in 2008 auf 70 Jahre Fraunhofer LBF zurückblicken durften, konnten wir in 2009 das 60-jährige Bestehen der Fraunhofer-Gesellschaft feiern – mit einem Festakt in unserem neuen Wissenschafts- und Kongresszentrum „Darmstadtium“. Das Fraunhofer LBF ist stolz darauf, Teil dieser starken Gemeinschaft sein zu dürfen und blickt optimistisch nach vorne.

All diese Facetten unserer Arbeit sind nur möglich durch die Kreativität und Einsatzbereitschaft unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, denen ich für ihren hervorragenden Einsatz im Jahr 2009 danke. Ebenso danke ich allen Projektpartnern des Fraunhofer LBF für die angenehme Zusammenarbeit, auch in gerade anspruchsvollen Zeiten. Wir freuen uns auf den weiteren Dialog und auf weitere Projekte mit Ihnen!

Darmstadt, März 2010



Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

Dear Friends and Partners of Fraunhofer LBF,  
dear Sir or Madam,

The year 2009 was a special year in every way. On the one hand, it was overshadowed by great uncertainties in our industrial markets and, on the other, it was marked by considerable efforts on the part of the government, such as with its economic stimulus package. Fraunhofer LBF, an automobile affiliated Fraunhofer institute with close ties to the machine and plant construction industry was basically right in thick of it. The fact that we have positioned ourselves strategically well over the past years, that we have several footholds in other areas and that we have always maintained a close dialog with our customers and partners on the market have proven to be of great value. All of this led to a very successful closure of 2009 for Fraunhofer LBF.

This way we were able to maintain our turnover in industrial business compared to last year and thus successfully keep up long-time, successful cooperations with our established customers. We have strongly improved our position in the public area and therefore have already been able to make provisions for stability in the following year. Particularly the topic of "electromobility" has opened up new prospects and potential for added value with a large investment in a chassis dynamometer for entire automobiles, a number of smaller investments in component dynamometers as well as the superordinate project of "Fraunhofer System Research Electromobility". Commissioned by the Fraunhofer Board of Directors, the Fraunhofer LBF was responsible for the main coordination of the joint project involving 33 Fraunhofer institutes that was funded by the BMBF with 30 M Euro.

We were also commissioned by the aerospace industry with a number of large tasks. In addition to the European JTI-Clean Sky a number of direct commissions from aerospace companies led to a solid combination of revenue from both the public sector and the industry. The track vehicle industry commissioned Fraunhofer LBF along with two of its sister institutes to carry out a study on the "Introduction of Fracture Mechanics for

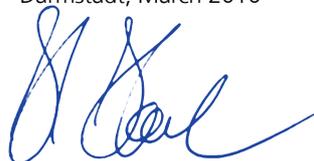
Determining Inspection Intervals for Wheelset Axles". Only the regular and direct alignment of our competences with current and future market requirements guarantees the attractiveness of our entire service offer.

Our adaptronics activities are progressing just as successfully. The "AdRIA" LOEWE center opened the middle of 2008 and could start full operations in 2009. Well over 100 employees of the Technical University of Darmstadt, University of Applied Sciences Darmstadt and Fraunhofer FBF now work very closely together under one roof on developing the technology of adaptronics in alignment with market requirements. Two of the four additionally planned professorships ("Functionally Integrated Lightweight Construction" and "Actuator Materials and Principles") could be established within the year; two further appointment procedures are still taking place. We will be moving into our new transfer building, i.e. project house, in the spring of 2010, herewith consolidating the industrial collaboration.

After looking back on 70 years of Fraunhofer LBF in 2008 we were able to celebrate the 60th anniversary of the Fraunhofer Society in 2009 with a ceremonial act in our new "Darmstadtium" science and congress center. Fraunhofer LBF is proud to be part of this strong community and optimistically looks toward the future.

All of these facets of our work are only possible with the creativity and commitment of our staff, whom I thank for their excellent work in 2009. I also thank all project partners of Fraunhofer LBF for the pleasant cooperation, especially in challenging times. We are looking forward to continued dialog and further projects together with you!

Darmstadt, March 2010



Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

# Das Fraunhofer LBF in Zahlen.

## Betriebshaushalt T€ 2009

Aufwand Betriebshaushalt 15 898

### Erträge Betrieb

Bearbeitung von Aufträgen aus der Industrie 6 230

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für Wirtschaftsverbände 375

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für die EU sowie sonstige Erträge 679 337

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für Bund/Länder 4 050

Institutionelle Förderung des BMBF und der Länder zum Betriebshaushalt 3 495

Interne Programme 732

**Summe 15 898**

### Investitionen 2009

aus der institutionellen Förderung des BMBF und der Länder 1 812

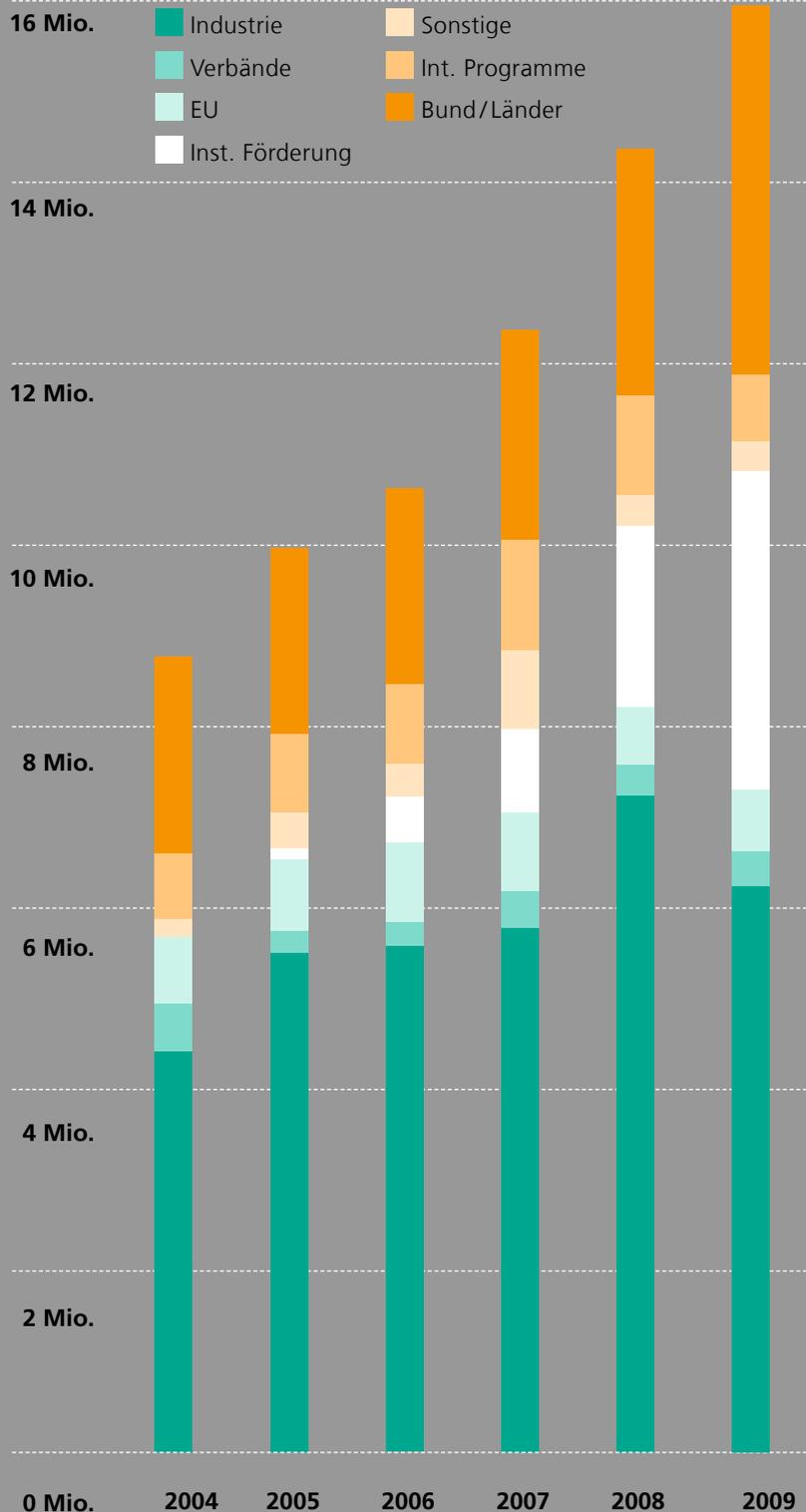
aus Vertragsforschungsvorhaben 229

aus Sondermitteln 8 061

**Summe 10 102**

### Personal

2009 waren am Institut 222 Mitarbeiter (inkl. Hiwis und Azubis) beschäftigt. Zusätzlich waren 59 Mitarbeiter am assoziierten Lehrstuhl an der TU Darmstadt tätig (Zahlen nach Köpfen, ohne Sonstige, ohne Praktikanten).





**1** Ein Jahr LOEWE-Zentrum AdRIA. Gäste aus Politik, Wirtschaft und Forschung begingen im Oktober 2009 gemeinsam mit den Partnern und Mitarbeitern des LOEWE-Zentrums das Festkolloquium.



**2** Fraunhofer-Präsident Prof. Dr.-Ing. Hans-Jörg Bullinger eröffnete den von den drei Darmstädter Fraunhofer-Instituten IGD, SIT und LBF gemeinsam veranstalteten Jubiläumskongress zum 60. Geburtstag der Fraunhofer-Gesellschaft.



**3** Forscher von morgen. Das Gewinnerteam des Bereichs Technik im Regionalwettbewerb „Jugend forscht“ sammelte am Fraunhofer LBF praktische Erfahrungen im Forscheralltag.

## Ein Jahr im Dialog.

### **1 Fraunhofer LBF intensiviert Zusammenarbeit mit Hochschulen.**

Bei einem Festkolloquium überbrachte die Hessische Wissenschaftsministerin Eva Kühne-Hörmann Glückwünsche zu zwei neuen Professuren, die im Rahmen des LOEWE-Zentrums AdRIA und des Exzellenzclusters Smart Interfaces etabliert wurden. Die Einrichtung der Professuren „Funktionsintegrierter Leichtbau“ und „Aktormaterialien und Prinzipien“ schließt bestehende Lücken auf Technologiefeldern, die für die Entwicklung adaptronischer Systeme zu marktreifen Produkten bearbeitet werden müssen. Mittelfristig soll am Wissenschaftsstandort Darmstadt unter der Federführung des Fraunhofer LBF ein international führendes Forschungszentrum für Adaptronik entstehen.

### **2 60 Jahre Fraunhofer-Gesellschaft.**

Unter dem Motto „Fraunhofer – good2know“ zeigten die Fraunhofer-Institute IGD, LBF und SIT mit einem besonderen Jubiläumskongress wie Unternehmen von der hessischen Fraunhofer-Forschung profitieren können. Aus München kam Fraunhofer-Präsident Prof. Bullinger angereist: „Die Schwerpunkte der Darmstädter Fraunhofer-Institute eröffnen neue Perspektiven für die Wirtschaft. Lösungen suchen, wo andere

sagen „Geht nicht!“ gehört zum Prinzip bei Fraunhofer.“ Die anwesenden rund 250 Gäste aus Industrie und Wirtschaft konnten sich unmittelbar über Kooperationen und aktuelle Technologie-Entwicklungen von Fraunhofer informieren. Live-Demonstrationen aus IT-Sicherheit, Betriebsfestigkeit, Adaptronik und Visual Computing sowie die Vorstellung von Unternehmensausgründungen rundeten den Kongress ab.

### **3 „Jugend forscht“ bei Fraunhofer.**

Seit 2009 sind die Hessischen Fraunhofer-Institute in Darmstadt offizielle Paten von „Jugend forscht“ und richten gemeinsam den Wettbewerb für die Region Hessen-Süd aus. „Jugend forscht“ ist der größte europäische Wettbewerb für Jugendliche und junge Erwachsene in Naturwissenschaften, Mathematik und Technik. Seit über 30 Jahren wetteifern junge Menschen in verschiedenen Fachgebieten um Anerkennung ihrer Experimente und Forschungsleistungen. Das Fraunhofer LBF stiftete einen Sonderpreis für die Gewinner des Bereichs Technik. Sie durften eine Woche in die Betriebsfestigkeit „reinschnuppern“ und erste Erfahrungen im Forschungsalltag sammeln.



**4** Einblick in die Welt der Räderprüfung: In kleinen Gruppen konnte individuell auf die Fragen der Teilnehmer des 9. User Meetings eingegangen werden.



**5** Mitarbeiter des Fraunhofer LBF im Dialog mit dem wissenschaftlichen Nachwuchs auf der „Konaktiva“ in Darmstadt.



**6** Prof. Hanselka und Prof. Sonsino freuen sich mit dem Ernst-Gaßner-Preisträger 2009, Lothar Krüger von BMW.

#### **4 W/ALT weckt internationales Interesse.**

Anwender der weltbekannten ZWARP-Technologie kamen zum 9. Internationalen User Meeting in Kranichstein zusammen. Die Teilnehmer aus Schweden, Indien, Korea, Italien und Deutschland diskutierten über neueste Entwicklungen und Anforderungen. Die Veranstaltung wurde live in die USA übertragen. Ein Schwerpunkt: der vollkinematische Rad-Straßensimulator W/ALT (Wheel Accelerated Life Testing). Mit W/ALT läutete das Fraunhofer LBF unlängst eine Revolution in der Radprüftechnik ein: Vier lastgesteuerte Freiheitsgrade simulieren hochkomplexe Betriebsbedingungen und bilden die Realität noch besser ab als bisher. Vorgestellt wurden weiterhin Last- und Beanspruchungsanalysen mittels Fahrbetriebsmessungen und die Software LBF®.DAP zur Daten- und Betriebsfestigkeitsanalyse sowie zur Versuchszeitverkürzung.

#### **5 Dialoge frühzeitig beginnen.**

Auf der Suche nach geeigneten Nachwuchskräften und Absolventen hat sich das Fraunhofer LBF erstmals auf den Personalmessen „JobCon“ in Frankfurt und „Konaktiva“ in Darmstadt präsentiert. Mit Erfolg! Die perfekte Organisation über eine Vorauswahl von Bewerbern führte gleich beim ersten Kontakt zu qualitativ hochwertigen Gesprächen und sogar zu Neueinstellungen.

#### **6 Ernst-Gaßner-Preis für Lothar Krüger.**

Das Fraunhofer LBF hat bei der Eröffnung der internationalen Fachkonferenz „Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading“ des Deutschen Verbandes für Materialforschung und -prüfung (DVM) den Ernst-Gaßner-Preis verliehen. Das Institut vergibt diesen Preis zu Ehren seines Mitbegründers Prof. Ernst Gaßner, der die Methoden der Betriebsfestigkeit durch seine Forschung in den Dreißiger Jahren mitbegründete. Sein Wissen und seine Arbeit haben wesentlich dazu beigetragen, die Lebensdauer industrieller Produkte zu verbessern. Eine international besetzte Jury zeichnete Lothar Krüger, Abteilungsleiter Gesamtfahrzeugarchitektur und -integration der BMW Group, als geeigneten und würdigen Preisträger aus.



**7 Verblüffend einfach:** Das Prinzip des aktiven Lärmschutzes mit Adaptronik konnte am „Tag gegen Lärm“ in Darmstadt jeder Besucher selbst erfahren.

**8 Neugierige Blicke:** Der Fraunhofer-Truck bot genau das Richtige für Nachwuchsforscher. Die Besucher konnten zum Beispiel über eine 3-D-Highwall in fremde Welten schlüpfen.

**9 „Wohin wandert Wissen?“** Expertenrunde mit (v.l.n.r.) Prof. Dr. Karlheinz Langanke (Gesellschaft für Schwerionenforschung GSI), Dr. Holger Zinke (B.R.A.I.N. AG), Moderator Sami Sokkar, Dr. Ursula Eul (Fraunhofer-Gesellschaft), Prof. Dr. Gerhard Knorz (Hochschule Darmstadt) und Prof. Dr. Reiner Anderl (Technische Universität Darmstadt).

## Ein Jahr im Dialog.

### **7 „Tag gegen Lärm“.**

Lärm wird zunehmend als Umweltbelastung wahrgenommen. Die Wissenschaftler des Fachgebiets Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM der TU Darmstadt beschäftigen sich bereits seit 1966 mit der Physik zur Entstehung, Übertragung, Abstrahlung und Reduktion von Schwingungen und Schall. Neben den klassischen passiven Maßnahmen zur Minderung der Schallabstrahlung gewinnen Techniken zur aktiven Schwingungsminderung und Lärmbekämpfung wie „Active Structural Acoustic Control“ (ASAC) oder „Active Noise Control“ (ANC) immer mehr an Bedeutung. Auch die Gestaltung von Maschinengeräuschen über Sounddesign entwickelt sich zu einem Schwerpunkt. Störende Geräusche werden gezielt eliminiert. Das erhöht unser Wohlbefinden, reduziert die Gesundheitskosten und macht Produkte attraktiver. Am internationalen „Tag gegen Lärm“ „hörten“ die zahlreichen Besucher, wie Adaptronik Ruhe auf Knopfdruck schafft.

### **8 Fraunhofer-Truck zu Gast in Darmstadt.**

Der Fraunhofer-Truck, ein Lastwagen prall gefüllt mit Innovationen aus den Instituten der Gesellschaft, soll zwei Jahre lang durch Deutschland touren. Auftakt und Anlass der Tour war der 60-jährige Geburtstag der Fraunhofer-Gesellschaft im Jahr 2009. Im August hatten die Hessischen Fraunhofer-Institute den Truck nach Darmstadt eingeladen. In der fahrenden Ausstellung werden ausgewählte Innovationen aus den Bereichen Gesundheit, Umwelt, Energie, Sicherheit, Kommunikation und Mobilität vorgestellt. Dabei soll gezeigt werden, welche konkreten Anwendungen bald in unseren Alltag einziehen können. Die Öffentlichkeit war eingeladen, angewandte Wissenschaft unmittelbar zu erleben. Die Institute wollten natürlich auf diesem Weg auch Ingenieure und Informatiker von morgen als potentielle Mitarbeiter ansprechen.

### **9 Treffpunkt Wissenschaft.**

Im Wissenschaftsjahr 2009 war die Engineering Region Darmstadt Rhein Main Neckar einer der zehn von der Robert Bosch Stiftung geförderten „Treffpunkte der Wissenschaft“. Die „Forschungsexpedition Deutschland“, so der Titel des zehnten Wissenschaftsjahres vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, wollte die Bevölkerung für wissenschaftliche



**10** Eine hochrangige Delegation der indischen Automotive Components Manufacturers Association ACMA zu Gast im Fraunhofer LBF.



**11** Bei einem Festakt im Oktober erhielt Prof. Holger Hanselka die Mitgliedsurkunde der acatech von Prof. Dr. Henning Kargermann und Prof. Dr. Reinhardt Hüttl.

Themen interessieren und begeistern. Die ausgewählten Orte standen für zentrale Forschungsthemen von überregionaler Bedeutung. Rund um das Thema „Unternehmen Wissenschaft“ – ein Synonym für Wissens- und Technologietransfer – beschäftigten sich Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Politik und Kultur in und um Darmstadt mit der Forschungsfrage „Wohin wandert Wissen?“. Im April eröffnete die IHK Darmstadt mit diesem Thema den „Treffpunkt der Wissenschaft – Darmstadt Rhein-Main Neckar“ einer Talkrunde. Dr. Ursula Eul vertrat die Fraunhofer-Gesellschaft mit dem Beitrag „Management des organisierten Wissens- und Technologietransfers.“

#### **10 Besuch aus Indien.**

Eine Delegation hochrangiger Vertreter der indischen Automotive Component Manufacturers Association ACMA erhielt Einblicke in die Leistungsangebote und Kooperationsmöglichkeiten mit Fraunhofer auf dem Gebiet der Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit in Darmstadt.

#### **11 Vernetzte Wissenschaft.**

Prof. Dr. Holger Hanselka wurde als Mitglied in die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech gewählt. Er wird sich insbesondere mit den Themenschwerpunkten Werkstoffe und Mobilität in dem Akademienetzwerk engagieren. Seine Expertise auf diesem Gebiet konnte er bereits in die Zusammenarbeit mit der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft einbringen, die die Bundesministerin für Bildung und Forschung im Rahmen der Hightech-Strategie berät. acatech vertritt die Technikwissenschaften im In- und Ausland und berät Politik und Gesellschaft in technikbezogenen Zukunftsfragen. Vier Schwerpunkte bestimmen die Arbeit: wissenschaftliche Empfehlungen und Stellungnahmen, Wissenstransfer und Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft, Nachwuchsförderung der Technikberufe und internationale Vertretung der Technikwissenschaften.



## NEUE PERSPEKTIVEN

# Die elektromobile Zukunft – das Fraunhofer LBF gestaltet maßgeblich mit.

*Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka · Dr.-Ing. Michael Jöckel*

Begrenzte Ressourcen sowie nachhaltiger Klima- und Umweltschutz sind heute beherrschende Themen in der öffentlichen Diskussion. Es besteht mittlerweile Konsens darüber, dass der effiziente Umgang mit Energie eine der vordringlichsten Herausforderungen der Zukunft darstellt. Insbesondere dem Straßenverkehr kommt hierbei, auch vor dem Hintergrund des steigenden Bedürfnisses nach individueller Mobilität, eine besondere Bedeutung zu.



*LBF-Institutsleiter Prof. Hanselka mit einem Elektrofahrrad aus dem Projekt „bike + business 2.0“. Hiermit fördert die Modellregion Elektromobilität Rhein-Main Dienst- und Mitarbeiterpedelecs zur betrieblichen Mobilität.*

Das Fraunhofer LBF beschäftigt sich aus diesem Grund intensiv mit Fragestellungen der Elektromobilität. Insbesondere im Verbundprojekt „Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“ werden die vorhandenen Kompetenzen gezielt weiter ausgebaut. In diesem Projekt arbeiten 33 Fraunhofer-Institute daran, den Wandel zu einer nachhaltigen „All-electric Economy“ wirkungsvoll zu unterstützen. Prof. Holger Hanselka wurde vom Fraunhofer-Vorstand mit der Hauptkoordination des Gesamtvorhabens betraut.

Nähere Informationen zur Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität sind unter [www.elektromobilitaet.fraunhofer.de](http://www.elektromobilitaet.fraunhofer.de) zu finden.

Das LBF-Engagement reicht dabei von der Entwicklung, Auslegung und Prüfung von Radnabenmotoren und Batterieaufhängungen über die Ganzfahrzeugprüfung von Elektro-Kfz bis hin zur Konzeption und Umsetzung von magneto-rheologischen Kupplungen.

Das Fraunhofer LBF verfügt im Querschnittsthema „Sicherheit und Zuverlässigkeit“ über einzigartige Kompetenzen entlang der kompletten Entwicklungskette von Fahrzeugen. Elektrofahrzeuge stellen hier in vielen Aspekten gänzlich neue



Energieerzeugung,  
-verteilung und -umsetzung



Energiespeichertechnik



Fahrzeugkonzepte



Gesellschaftspolitische  
Fragestellungen, Volkswirt-  
schaftliche Implikationen

## Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität.

Herausforderungen dar. Unseren Kunden bieten wir im Umfeld Elektromobilität ein großes Portfolio von attraktiven Dienstleistungen, welche zum einen auf der hervorragenden Fachkompetenz unserer Mitarbeiter und zum anderen auf unserer umfangreichen Labortechnik und Rechnerinfrastruktur beruhen.

Die Verknüpfung von numerischer Simulation und experimentellen Verfahren ist seit Jahren kennzeichnend für unsere Arbeitsweise. So begegnen wir den neuen Herausforderungen mit hoher Effizienz und Expertise, u. a. in den Bereichen der

- elektromechanischen Konstruktion,
- Lastdatenermittlung,
- Betriebsfesten Auslegung,
- Komfortoptimierung (NVH/Akustik),
- Zuverlässigkeitsbewertung oder
- Komponenten- und Systemprüfung elektrischer Antriebe und Antriebsstränge sowie
- Energiespeicherlösungen.

Treten Fragestellungen zu diesen Themen in Ihrer Entwicklungskette auf? Kontaktieren Sie uns – erfahrene Ingenieure stehen Ihnen mit Rat und Tat zur Seite.

### Forum **ElektroMobilität** e.V.

#### **Forum Elektromobilität e. V.**

*Ein erweitertes Aktionsfeld bietet der Verein „Forum Elektromobilität e. V.“ allen Akteuren und Fachexperten aus Forschung, Industrie und Politik. Er stellt die Integrations- und Partnerplattform zur Entwicklung gemeinsamer Innovationskonzepte und -strategien im Zielfeld Elektromobilität dar.*

*Mit Blick hierauf bündelt der Verein in erster Linie deutschlandweit alle Kompetenzen und sorgt so für den produktorientierten Technologietransfer zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Auf dieser Basis ist der Forum Elektromobilität e. V. nicht nur Demonstrationszentrum für Pilotentwicklungen und Zukunftskonzepte, sondern auch Ausgangspunkt für den erforderlichen gesellschaftspolitischen Diskurs.*

*Mehr dazu unter [www.forum-elektromobilitaet.de](http://www.forum-elektromobilitaet.de).*



*Gut gerüttelt: Kleinwagen, Transporter und Elektromobile können hier zeigen, was sie aushalten.*



*Die Ausstattung mit Messrädern ermöglicht auch eine getrennte Nutzung in Form von zwei 12-Kanal Achsprüfständen.*

## NEUE PERSPEKTIVEN

# Neuer Ganzfahrzeugprüfstand am Fraunhofer LBF.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Heribert Kohl · Telefon: +49 6151 705-8310 · [heribert.kohl@lbf.fraunhofer.de](mailto:heribert.kohl@lbf.fraunhofer.de)*

### **Prüfung vom Kleinwagen bis zum Transporter – auch für Elektroantriebe.**

Mit Mitteln des Konjunkturpaketes I der Bundesregierung konnte das Fraunhofer LBF einen neuen Ganzfahrzeugprüfstand aufbauen. In nur gut einem Jahr – vom Beginn der Arbeiten am Lastenheft bis zur Abnahme, Ende Februar 2010 – wurde das Vorhaben erfolgreich umgesetzt. Der Prüfstand baut auf dem MTS 329 LT Modell auf, welches die Möglichkeit bietet, an jedem Rad alle sechs physikalischen Freiheitsgrade zu simulieren. Im Hinblick auf die anstehenden Fahrzeugentwicklungen und höheren Leergewichte, z. B. im Bereich der Elektrofahrzeuge durch die zusätzliche Masse der Batterie und im Bereich der Sicherheitsfahrzeuge, wurde der Prüfstand in Bezug auf die Vertikal-, die Längs- und die Bremskräfte mit stärkeren Hydraulikzylindern versehen. So können Fahrzeuge bis zu einem Gewicht von 6 Tonnen geprüft werden. Durch Verschieben der einzelnen Prüfecken können der Radstand und die Spurweite auf alle Fahrzeuge zwischen „Smart“ und „Transporter lang“ angepasst werden. Der Prüfstand verfügt über eine Möglichkeit, das Fahrzeug längs zu „fesseln“, um auch Bremsmanöver über schaltbare Bremsen realistisch simulieren zu können. Antriebsmomente werden über einen (an Stelle des originalen Antriebes) im Motorraum verbauten und mitbewegten Drehzylinder simuliert. Der mit Kistler

IGeL-Messrädern ausgestattete Prüfstand kann auch getrennt als zwei 12-Kanal Achsprüfstände genutzt werden und ergänzt so sinnvoll den bereits am Institut genutzten und stark frequentierten Achsprüfstand.

Das Fraunhofer LBF erweitert mit dieser Investition seine im Bereich der Achsprüfung bereits bestehenden Kompetenzen hin zur Betriebsfestigkeitserprobung kompletter Karosserien und löst damit bislang bestehende versuchstechnische Begrenzungen auf. Dieses Angebot wird optimal ergänzt durch die am Institut ebenfalls durchgeführten numerischen Analysen dieser Baugruppen und die Möglichkeit, die im Fahrbetrieb auftretenden Belastungen durch Fahrbetriebsmessungen mit eigenen Messrädern aufzunehmen.

Speziell bei der Prüfung von Elektrofahrzeugen will das Fraunhofer LBF, wie in der Vergangenheit, seiner Rolle als Vorreiter bei der Festlegung von Prüfstandards gerecht werden und gemeinsam mit Industriepartnern die Betriebsfestigkeit und Zuverlässigkeit der neuartigen Fahrzeugkonzepte nachweisen.



# Mehr Flexibilität bei Fahrbetriebsmessungen.

*Ansprechpartner: Dipl.-Inform. Christian Ecke · Telefon: +49 6151 705-231 · christian.ecke@lbf.fraunhofer.de*

## **Von der Konzeption bis zur Ergebnisbewertung.**

Sensordaten werden am Fraunhofer LBF zeitsynchron zu Kistler-IGeL Messradsignalen für Pkw, Nfz und Sonderfahrzeuge aufgenommen. Dazu werden Fahrzeuge mit Sensoren zur Erfassung von Fahrwerkslasten, Beschleunigungen, Wegen, Dehnungen, Kräften, Momenten, Temperaturen, GPS, CAN, etc. instrumentiert. Das Institut bietet Fahrbetriebsmessungen von Konzeption, über Applikation und Kalibrierung bis zur Ergebnisbewertung in Kombination mit Messrädern.

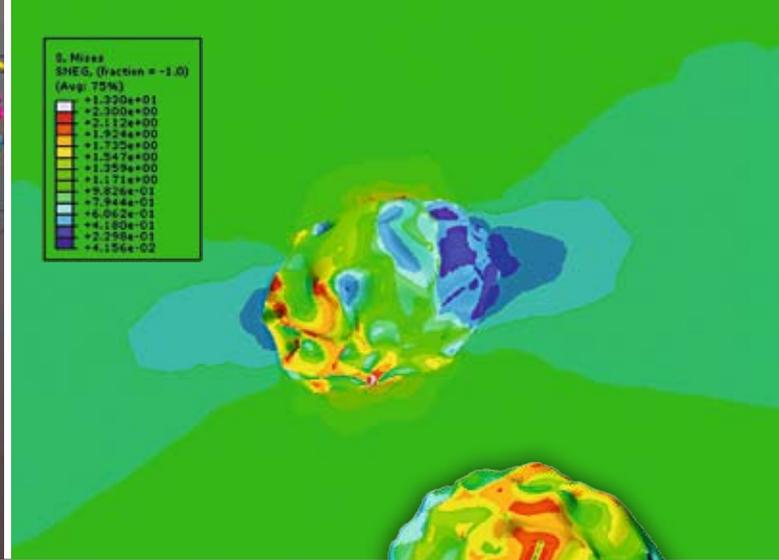
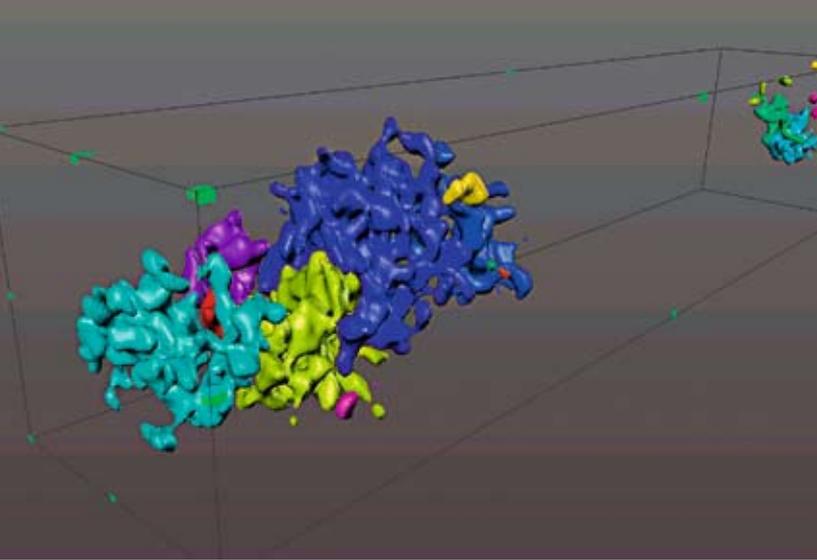
Fahrbetriebsmessungen mit Messrädern dienen zur Lastkollektivermittlung, Ableitung von Lastannahmen für numerische Auslegung und Erstellung von Prüfprogrammen für Räder, Fahrwerk und Chassis. Zusätzlich können Prüfstrecken verglichen und numerische Modelle validiert werden. So können relevante Größen gemessen, analysiert und bewertet werden. Die Betriebsmessungen sind durchführbar für Hochgeschwindigkeitsstrecken, schweres Gelände oder Sonderlastfälle. Die Datenanalyse folgt der Messung: Signale werden auf systematische sowie einzelne Störungen hin überprüft. Die effiziente Datenbearbeitung zur Betriebsfestigkeits-, Schwingungs- oder Handlingbewertung wird durch automatisierte Routinen gewährleistet. Für komplexere Auswertungen werden spezifische Auswertalgorithmen entwickelt und angewandt.

Zur Bewertung werden bekannte Softwaretools wie LMS Tecware und LBF®.DAP eingesetzt. Die effiziente Datenbearbeitung bei der Erstellung von z. B. Schadenssummen, Frequenzanalysen, Bereichspaarzahlungen, Klassenkorrelationen, etc. ist somit gewährleistet.

Fahrzeughersteller und Zulieferer erhalten

- qualitativ hochwertige, umfassende und kostengünstige Lastkollektivmessungen,
- Unterstützung beim Applikationskonzept,
- schnelle, standardisierte Datenaufbereitung,
- Lebensdauerabschätzungen,
- Ableitung von Prüfprogrammen,
- Ermittlung von Laststandards,
- Prüfstreckenvergleiche,
- Schwingungsanalysen.

Die durch das aufgestockte Messradkontingent erhöhte Flexibilität und das hohe Basiswissen am Fraunhofer LBF, gewonnen durch jahrzehntelange Messradentwicklung und Kalibrieren von Heavy-Truck Messrädern, sichern dem Kunden ein optimales Leistungspaket.



Fertigungssimulation optimiert Bauteileigenschaften.

## NEUE PERSPEKTIVEN

# Bauteileigenschaften gezielt einstellen.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. André Heinrietz · Telefon: +49 6151 705-271 · [andre.heinrietz@lbf.fraunhofer.de](mailto:andre.heinrietz@lbf.fraunhofer.de)*

### Ein Schlüssel für Ihre Zukunftsmärkte.

Bauteile mit optimierter Gestalt sind für die heutige Produktentwicklung essenziell. Von hoch beanspruchten Komponenten wird häufig gleichzeitig geringes Gewicht sowie hohe Funktionsintegration und geringer Bauraum gefordert.

Im Kundeneinsatz wirken inhomogene Beanspruchungen auf ein Bauteil mit ungleichmäßigen Eigenschaften der Mikrostruktur, die durch den Fertigungsprozess beeinflusst werden, ein. Bringt man die ungleichmäßigen Eigenschaften mit den inhomogenen Beanspruchungen in Einklang, so können Bauteile mit optimierten Werkstoffeigenschaften entstehen. Durch gezieltes Einstellen der Produkteigenschaften wird weniger Material verwendet und die Bauteile werden leichter: das spart Energie und Produktionskosten. Material und Produktion bilden nur gemeinsam den Schlüssel für Zukunftsprodukte.

Die Integration der Fertigungssimulation in die virtuelle Betriebsfestigkeitswelt treibt die Entwicklung werkstoffoptimierter Bauteile voran. Im Fraunhofer LBF werden Konzepte erarbeitet, die eine Bewertung von inhomogenen Bauteileigenschaften in Lebensdaueranalysen erlauben und kompatibel zu den aktuellen Entwicklungsprozessen sind. Diese Konzepte

erweitern die Möglichkeiten der gezielten Einstellung von Produkteigenschaften.

Die reale Bauteileigenschaft ist die, welche den Nutzer interessiert: Ziel aktueller Arbeiten ist die Bewertung der Betriebsfestigkeitseigenschaften von Komponenten auf Basis von zerstörungsfreien Prüfverfahren. Dadurch wird eine eigenschaftsgerechte Prüfung hoch beanspruchter Komponenten erst möglich.

Die Anwendung der am Institut entwickelten Techniken stellt für Hersteller hoch beanspruchter Bauteile und für Endanwender eine Maßnahme zur Sicherung und zur Erweiterung ihrer langfristigen technologischen und marktwirtschaftlichen Position dar.

Die vertiefte Kenntnis des Zusammenhangs zwischen Fertigung und Produktqualität erweitert den Spielraum für unternehmerische Entscheidungen im täglichen Wettbewerb um hochwertige Produkte. Die Wirkung von Schwankungen der Fertigungsparameter auf die Produktqualität kann dort, wo sie wichtig ist, beurteilt werden. Infolge dessen können diese Schwankungen gezielt reduziert werden. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Bauteilschäden kann so vermindert und dadurch einerseits Unfälle vermieden und andererseits das Produkthaftungsrisiko gesenkt werden.



Foto: © Daimler



Fraunhofer-Wissenschaftler prüfen die Praxistauglichkeit von Elastomerbauteilen.

# Das LBF gibt Gummi.

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Michael Jöckel · Dipl.-Ing. Marc Wallmichrath · Telefon: +49 6151 705-272 · michael.joeckel@lbf.fraunhofer.de

## Charakterisierung und Modellierung von Elastomerbauteilen aus einer Hand.

Gummibauteile sind vergleichsweise kostengünstig und vereinen auf kleinstem Raum sowohl Feder- als auch Dämpfungseigenschaften. Die wichtigste Herausforderung für ihren gezielten Einsatz liegt darin, die mechanischen Eigenschaften optimal auf die gewünschten Systemcharakteristiken hin auszugleichen. Hierzu sind das Wissen um die Höhe der Belastung und die angeregten Frequenzbereiche sowie eine genaue experimentelle Kennwertermittlung erforderlich. Auch spielt die zuverlässige Modellbildung eine wesentliche Rolle.

Zur Prüfung und Identifikation von Elastomerbauteilen, wie z. B. Fahrwerksbuchsen, Motorlagern oder Schwingungsdämpfern, betreibt das Institut uni- und multiaxiale Prüfstände. Eine moderne Prüfeinrichtung zur multiaxialen Einleitung zweier Axialkräfte und eines Momentes dient insbesondere der Untersuchung von Hydrobuchsen bis hin zu Frequenzen von 100 Hz. Durch die umfangreiche Versuchsausstattung können auch kurzfristig Aufträge – sowohl zur Lebensdauerprüfung als auch zur Kennwertermittlung – zuverlässig und mit hoher Qualität durchgeführt werden.

Im Bereich der numerischen Simulation entwickeln die Darmstädter Wissenschaftler Modelle, mit denen Elastomerlager in der Mehrkörpersimulation genau und zugleich effizient dargestellt werden können. Grundlage hierfür sind präzise Messungen auf Prüfständen, für die speziell im LBF konzipierte Versuchsprogramme verwendet werden. Die Modellierung orientiert sich am rheologischen Vorbild, so dass amplituden- und frequenzabhängige Effekte getrennt voneinander beschrieben werden können.

Die Modelle zeichnen sich vor allem durch folgende Attribute aus:

- Einfaches und effizientes Versuchsprogramm zur Ermittlung der notwendigen Messgrößen,
- Bedarfsangepasste Wahl der gewünschten Modellkomplexität (Effizienz ↔ Genauigkeit),
- Geringe Rechenzeiten durch möglichst wenige Modell- und Freiheitsgrade,
- Gute Parametrierbarkeit durch Minimierung der benötigten Parameter.

Durch die intensive Verzahnung zwischen Numerik und Experiment bietet das Fraunhofer LBF seinen Kunden hier eine umfassende Dienstleistung aus einer Hand.



Prof. Dr.-Ing. H. Hanselka

## INSTITUTSLEITUNG

### KOMPETENZCENTER

#### CAx-Technologien

Dr.-Ing. T. Bruder  
+49 6151 705-285  
thomas.bruder@lbf.fraunhofer.de



#### Last- und Beanspruchungsanalyse

Dipl.-Math. M. Kieninger  
+49 6151 705-267  
michael.kieninger@lbf.fraunhofer.de



#### Betriebslastensimulation und Bewertung

Dipl.-Ing. M. Wallmichrath  
+49 6151 705-467  
marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de



#### Bauteilgebundenes Werkstoffverhalten

Dr.-Ing. H. Kaufmann  
+49 6151 705-345  
heinz.kaufmann@lbf.fraunhofer.de



#### Mechatronik / Adaptronik

Dr.-Ing. T. Melz  
+49 6151 705-252  
tobias.melz@lbf.fraunhofer.de



#### Rad / Nabe / Welle

Dipl.-Ing. R. Heim  
+49 6151 705-283  
ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de



#### Betriebsfester Leichtbau

Prof. Dr.-Ing. A. Büter  
+49 6151 705-277  
andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de



#### Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik (TU Darmstadt)

Dr.-Ing. J. Bös · +49 6151 1669-30  
boes@szm.tu-darmstadt.de



### GESCHÄFTSFELDER

#### Industrie

Dipl.-Ing. R. Heim  
+49 6151 705-283  
ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de



#### Industrie und Verbände

Prof. Dr.-Ing. C.M. Sonsino  
+49 6151 705-244  
c.m.sonsino@lbf.fraunhofer.de



#### Öffentliche Projekte / Public Private Partnership

Prof. Dr.-Ing. T. Bein  
+49 6151 705-463  
thilo.bein@lbf.fraunhofer.de



### KOOPERATIONEN



Sehr verehrte Kunden und Partner,  
wir durften im Geschäftsjahr 2009 unsere Dienstleistungen einem  
vielfältigen Kundenkreis anbieten und bedanken uns an dieser  
Stelle noch einmal für das uns entgegengebrachte Vertrauen.  
Vielen Dank für Ihre Kooperation!

Accuride Corporation, Cuyohoga Falls/USA · Audi AG,  
Ingolstadt · Behr GmbH & Co. KG, Stuttgart · BMW Group,  
München · Borbet Group, Hallenberg · BPW Bergische Achsen,  
Wiel · Fludicon GmbH, Darmstadt · DAF Trucks, Eindhoven/  
Niederlande · Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach · eiden  
mechatronic GmbH, Hermeskeil · Hämmerling Group,

## DAS KURATORIUM

Die Institutsleitung des Fraunhofer LBF dankt den Kuratoren im Namen aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für ihr Engagement sowie die fruchtbare und konstruktive Zusammenarbeit!

## INSTITUTS-STEUERUNGSTEAM

### Strategisches Management

Dr. phil. nat. U. Eul  
+49 6151 705-262  
ursula.eul@lbf.fraunhofer.de



### Multiprojektmanagement

Dipl.-Ing. O. Peter  
+49 6151 705-255  
otto.peter@lbf.fraunhofer.de



### Strategisches Controlling

Dipl.-Betriebswirt P. Betzholz  
+49 6151 705-233  
peter.betzholz@lbf.fraunhofer.de



### Vertreter der Kompetenzzenterleiter

Dipl.-Math. M. Kieninger  
+49 6151 705-267  
michael.kieninger@lbf.fraunhofer.de



### Vertreter der Geschäftsfeldleiter

Prof. Dr.-Ing. T. Bein  
+49 6151 705-463  
thilo.bein@lbf.fraunhofer.de



Dr. Hartmut Baumgart (Vorsitzender)

Adam Opel GmbH, Rüsselsheim

Prof. Dr. Christina Berger

Technische Universität Darmstadt, Darmstadt

Burkhard Domke

Airbus Deutschland GmbH, Hamburg

Herbert Heinisch

Volkswagen AG, Wolfsburg

Prof. Dr. Axel Herrmann

CTC GmbH, Stade

Dr.-Ing. Frank Höller

Carl Zeiss AG, Oberkochen

Dr.-Ing. Ferdinand Hollmann

Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn

Dr. Stefan Kienzle

Daimler AG, Ulm

Dr.-Ing. Peter Klose

MBtech Consulting GmbH (BDU), Sindelfingen

Dr. Ulrike Mattig

Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Wiesbaden

Dr.-Ing. Andreas Müller

Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach

Dr.-Ing. Heinz Neubert

Robert Bosch GmbH, Stuttgart

Dr.-Ing. Oliver Schlicht

Audi AG, Ingolstadt

Prof. Dr. rer. nat. Rudolf Stauber

BMW AG, München

Dr. Hans-Joachim Wieland

FOSTA Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V., Düsseldorf

Das Kuratorium setzt sich aus Vertretern der Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlichen Hand zusammen. Die Mitglieder stehen dem Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft und der Institutsleitung beratend zur Seite.



Paderborn · Hayes Lemmerz Holding GmbH/GWG, Königswinter · Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt · ITALSPEED AUTOMOTIVE LTDA, São Paulo/Brasilien · Jantsa Jant Sanayi ve Ticaret A.S., Umurlu/Türkei · Kistler-IGeL GmbH, Schönaich · Miele & Cie. KG, Gütersloh · MAN Nutzfahrzeuge Group, München · MOWAG GmbH, Kreuzlingen/Schweiz ·

Rheinmetall Landsysteme GmbH, Kassel · Repower Systems AG, Hamburg · Robert Bosch GmbH, Stuttgart · Ronal GmbH, Landau · SAF-HOLLAND GmbH, Bessenbach · TRW Kfz Ausrüstung GmbH, Neuwied · Volvo Trucks, Göteborg/Schweden · Volkswagen AG, Wolfsburg · ZF Passau GmbH, Passau



*Dr. phil. nat. Ursula Eul  
Strategisches Management*

**Sehr geehrte Kunden, Partner und Freunde  
des Fraunhofer LBF, liebe Leser,**

„mit Sicherheit innovativ“ sind wir auch in das Jahr 2010 gestartet. Das, obwohl oder gerade weil die turbulenten wirtschaftlichen Entwicklungen des vergangenen Jahres und die zum Teil gravierenden Veränderungen in unseren traditionellen Märkten uns intensiv fordern. In dieser Situation sieht sich das Fraunhofer LBF in besonderem Maße als Innovationsmotor und Zukunftsschmiede gefragt und in der Verantwortung.

Wir präsentieren Ihnen in diesem Jahresbericht daher neben den sehr anwendungs- und produktnahen Projektbeispielen auch verstärkt Themen der Vorlaufforschung. Einen besonderen Stellenwert nimmt aktuell die Fraunhofer-Systemforschung zur Elektromobilität ein. Aber auch andere Forschungsthemen wie die Charakterisierung und Erprobung neuartiger Materialien für spezifische Anwendungen, etwa Carbon Nano Tubes für Aktuatoren, SiOC-Keramik für Drucksensoren oder spezielle Thermoplastverbünde für Leichtbaukomponenten im Automobil, treiben wir voran. Unsere Prüftechnik haben wir auf die neuen Herausforderungen hin weiterentwickelt und bauen sie systematisch für den gezielten Einsatz in diesen Handlungsfeldern aus. So sind wir auch künftig in der Lage, für Sie, unsere Kunden und Partner, Wettbewerbsvorteile in einem anspruchsvollen internationalen Markt zu erarbeiten.

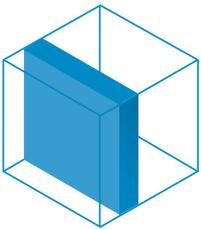
Vorraussetzung dafür ist der stetige Dialog mit Ihnen. Unsere Kompetenzcenter-, Geschäftsfeld- und Projektleiter werden daher auch weiterhin den engen fachlichen Austausch mit

Ihnen pflegen, um optimale Technologieangebote für Ihre Märkte bieten zu können. Die Zusammenarbeit mit uns haben Sie im vergangenen Jahr besonders positiv bewertet. Die jährliche Kundenzufriedenheitsanalyse brachte im Jahr 2009 die bisher beste Beurteilung. Dies ist uns Ansporn und Verpflichtung zugleich, unsere Leistungsangebote auch in Zukunft gemeinsam mit Ihnen und für Ihre Kunden am „State of the Art“ weiter zu entwickeln.

Wir freuen uns, wenn Sie Ihr Vertrauen auch in Zukunft auf unsere Leistungsfähigkeit setzen. Dafür stehen wir mit unserer ganzen Erfahrung, Kreativität und aktuellem Know-how! Fordern Sie uns weiterhin!

Darmstadt, im März 2010

Dr. phil. nat. Ursula Eul

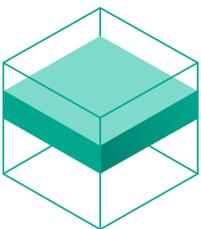


## Leistungsangebote

### LEISTUNG AUF DEN PUNKT GEBRACHT.

Vom Werkstoff bis zum System, von der Konzeptidee bis zum fertigen Produkt, vom Design bis zur Zuverlässigkeitsprüfung – wir erstellen Ihr Leistungspaket individuell für Sie. Im Mittelpunkt stehen dabei sicherheitsrelevante Bauteile und Aktive Systeme. Neben den vielseitigen Angeboten aus vier maßgeblich FuE-orientierten Leistungskategorien – Design und Konstruktion, Sicherheitsstrategien, Zuverlässigkeitskonzepte, Lärm- und Schwingungsreduktion – bietet das Fraunhofer LBF mit den LBF®.Products auch bereits im Markt eingeführte Lösungen: Zum Beispiel Standardprüfungen nach der Methode der ZWeiAxialen RadPrüfung (ZWARP), Softwarepakete für Struktur- und Systemanalyse oder Prüf- und Versuchsrouitinen in unseren dafür akkreditierten Laboren.

**Mehr dazu ab S. 26**



## Geschäftsfelder

### IHRE GESCHÄFTSWELT – UNSERE MÄRKTE.

Unsere wichtigsten Märkte sind der Automobil- und Nutzfahrzeugbau, die Luftfahrt- und Schienenverkehrstechnik, der Schiffsbau, der Maschinen- und Anlagenbau sowie die Bereiche Energie, Umwelt und Gesundheit. Wir bündeln für Sie markt-spezifisch und technologieübergreifend die Einzelkompetenzen und Leistungen unseres Instituts zu maßgeschneiderten Lösungen. In unseren Geschäftsfeld-leitern finden Sie erste Ansprechpartner. **Mehr dazu ab S. 28**



## Kompetenzcenter

### IHRE INNOVATIONSSCHMIEDEN.

Unsere Wissenschaftlerteams in acht Kompetenzcentern entwickeln für Sie die Techno-logien und Methoden für morgen. Wir setzen unsere ganzes Know How und aktuellste Forschungsergebnisse zur Entwicklung Ihrer neuen Produktgeneration, Ihrer Innova-tionskonzepte und Entwicklungsstrategien ein. Unsere Kompetenzcenterleiter und Projektleiter stehen Ihnen dabei für den persönlichen Fachdialog stets zur Verfügung. Sprechen Sie uns an! **Mehr dazu ab S. 30**

# Leistung auf den Punkt gebracht.



## DESIGN UND KONSTRUKTION

Die Basis jedes Maschinenbau-Produktes ist der Design- und Konstruktionsprozess auf der Grundlage von Lasten- und Pflichtenheften. Unsere Experten beraten Sie gerne bei der Erstellung oder Bewertung von Lastenheften, bei der Übernahme von Pflichten und bei der betriebsfesten Bemessung sicherheitsrelevanter Strukturen und Bauteile. Letztere ist häufig der Schlüssel für eine optimale Konstruktion. Wir berücksichtigen die Fertigungstechnologie, den Materialeinsatz und die zu erwartenden Umgebungsbedingungen ebenso wie Aspekte der Kosten-, Gewichts- und Energieeinsparung:

- werkstoff- und fertigungsgerechte Konstruktionen für Komponenten und Bauteile
- beanspruchungsgerechte Auslegungen
- lärmarme und betriebssichere Konstruktionen
- intelligente Leichtbaukonzepte.

## SICHERHEITSSTRATEGIEN

Zu den Grundbedürfnissen des modernen Menschen gehören Mobilität, Komfort und Sicherheit. Daraus resultieren steigende Ansprüche an die Funktionalität und die Sicherheit entsprechender Produkte. Die Expertenteams des Fraunhofer LBF entwickeln speziell auf Ihre Anforderungen zugeschnittene Strategien zum Schutz von Personen, Umwelt und Material.

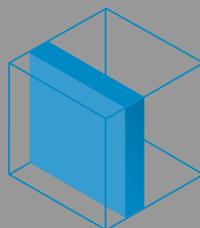
Die Betriebsfestigkeit ist dabei eine umfassende und langjährig erprobte Methodik zur Bewertung von Sicherheitsbauteilen. Unsere Leistungen für Sie könnten beispielsweise folgende Bausteine enthalten:

- Lastdatenerfassung
- Last- und Beanspruchungsanalysen
- Beanspruchbarkeitsanalysen
- Betriebslastensimulation
- Betriebsfestigkeitsnachweise
- standardisierte Belastungskollektive
- Bauteil- und Baugruppenerprobung
- Ganzfahrzeugerprobung.

## ZUVERLÄSSIGKEITSKONZEPTE

Immer mehr Produkte im Maschinen- und Anlagenbau sind durch mechatronische oder adaptionskonzepte, d. h. durch die Integration von Sensoren, Aktuatoren, Elektronik und Regelungstechnik geprägt. Bei derartigen hochkomplexen Systemen ist es nicht mehr ausreichend, die einzelnen Subsysteme (Mechanik, Regelungstechnik, Software, etc.) separat und nach unterschiedlichen Kriterien zu bewerten. Daher stellen wir am Fraunhofer LBF die Frage nach der Zuverlässigkeit des Gesamtsystems. Auf Basis unserer langjährigen Erfahrungen und neuester Forschungserkenntnisse bieten wir Ihnen eine ganzheitliche Optimierung Ihrer Systeme und Produkte an. Beispielsweise können Sie von folgendem Know-how profitieren:

- Systemcharakterisierung
- Sensibilitätsanalysen
- Modellbildung
- Strukturüberwachung (SHM)
- Strukturkontrolle (SHC)
- FMEA.



## LÄRM- UND SCHWINGUNGSREDUKTION

Europaweit leiden mehr als 100 Mio. Menschen in unterschiedlichen Formen und Auswirkungen unter Lärm. Stress, Schwerhörigkeit, Konzentrationsstörungen oder sogar erhöhtes Herzinfarktisiko sind nachweislich die Folge. Lärm gilt mittlerweile weltweit als eine der wesentlichen Umweltverschmutzungen. Das soll nicht so bleiben. Mit unseren adaptiven Strukturen helfen wir, Schwingungen und Schallabstrahlung effizient und frequenzselektiv zu reduzieren. Wir bieten Ihnen umfassendes Know-how u. a. in den Bereichen:

- Technische Akustik
- Noise Vibration Harshness (NVH)
- Intelligente Systeme zur aktiven Reduzierung der Schallabstrahlung
- Aktive Interfaces zur schwingungstechnischen Entkopplung
- Aktive Lagerung.

## LBF®.PRODUCTS

Unter dem Namen LBF®.Products bieten wir Ihnen markterprobte Produkte und Dienstleistungen auf der Basis erfolgreicher Eigenentwicklungen an. Sie profitieren von neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen, kalkulierbaren Kosten und kurzen Bearbeitungszeiten. Zu den LBF®.Products zählen folgende Innovationen des Fraunhofer LBF:

- LBF®.Wheel Strength/HubStrength: Spezialsoftware zur rechnerischen Auslegung von Fahrzeugrädern und Radnaben
- LBF®.DAP: numerisches Werkzeug zur Datenanalyse und Verkürzung von Zeitreihen
- ZWeiAxiale RadPrüfung im ZWARP- oder im W/ALT-Prüfstand
- Produkte für aktive Lärm- und Schwingungskontrolle (ISYS Adaptive Solutions).

# Ihre Geschäftswelt – Unsere Märkte.



## **AUTOMOTIVE** Pkw und Nfz

### **Mit Sicherheit mobil.**

Unser Leistungsangebot ist speziell auf die Anforderungen von Herstellern und Zulieferern der Personen Kfz-Industrie und der Nfz-Industrie zugeschnitten. Insbesondere im Bereich Antriebsstrang, Fahrwerk und Karosserie können Sie von unseren langjährigen Erfahrungen hinsichtlich Konstruktion, Werkstoff, Fertigungsverfahren und Sicherheit profitieren. In unserem neuartigen Ganzfahrzeugprüfstand können auch Elektro- und Hybridfahrzeuge untersucht werden.

Von der Entwicklung geeigneter Prüfkonzepte über numerische und experimentelle Simulationen der Betriebsbeanspruchungen bis hin zu optimierten Leichtbaustrukturen und der Beurteilung aktiver Systeme bietet Ihnen das Fraunhofer LBF alle Leistungen aus einer Hand.



## **TRANSPORT** Luft- und Raumfahrt, Schiffe, Schienenfahrzeuge

### **Mit Sicherheit verfügbar.**

Rationalisierungsaspekte haben auch im Hinblick auf die Nutzung von Verkehrssystemen erheblich an Stellenwert gewonnen. Die angestrebte „Interoperabilität“ zwischen verschiedenen Verkehrs- und Transportsystemen verschärft die Anforderungen an die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer der entsprechenden Verkehrsträger. Die entsprechenden Bewertungskriterien für die verschiedenen Systeme müssen miteinander kompatibel sein.

Das Fraunhofer LBF verfügt über einen hohen Erfahrungsschatz im Bezug auf Sicherheitsbauteile von Schienenfahrzeugen, Flugzeugen oder Schiffen und bietet Lösungen für unterschiedlichste Kundenansprüche. Wir tragen dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit Ihrer Produkte zu steigern und zu verbessern.

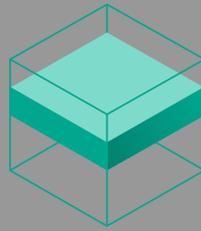


## **MASCHINEN- UND ANLAGENBAU**

### **Mit Sicherheit präzise.**

Präziser, wirtschaftlicher und leiser, das sind wesentliche Wettbewerbsfaktoren im modernen Maschinenbau. In diesem Verständnis ist das Fraunhofer LBF mit seiner international gefragten Kompetenz in Betriebsfestigkeit, Systemzuverlässigkeit und Adaptronik Ihr Dienstleistungspartner für Optimierungen in allen Bereichen des Maschinen- und Anlagenbaus: von der Anlagentechnik über schnell laufende Maschinen und Maschinenteile bis zu Konsumerprodukten wie Haushalts- und Sportgeräten.

Unser Leistungsspektrum umfasst die Unterstützung der Entwicklung, Konstruktion und Fertigung mit numerischen und experimentellen Methoden, die Überwachung im Betrieb sowie die Begutachtung und Analyse von Schadensfällen.



## GESCHÄFTSFELDER



### ENERGIE, UMWELT UND GESUNDHEIT

#### **Mit Sicherheit nachhaltig.**

Der Mensch und die Schonung der Umwelt stehen im Vordergrund unserer Philosophie. Sie sind die Bindeglieder zwischen den unterschiedlichen Schwerpunkten im Geschäftsfeld „Energie, Umwelt und Gesundheit“. Wir sind Ihr Ansprechpartner für Themen wie lärmarme technische Konstruktionen, alternative Antriebe, Konzepte für Life-Cycle-Engineering und Life-Cycle-Control.

Wir bieten unseren Kunden branchenspezifisch und unmittelbar am Bedarfsort neueste Entwicklungen und Erkenntnisse der Betriebsfestigkeit, Systemzuverlässigkeit und Adaptronik.

#### **Geschäftsfeldleiter:**

---

##### **INDUSTRIE**

Dipl.-Ing. R. Heim

Telefon: +49 6151 705-283

ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de

---

##### **INDUSTRIE UND VERBÄNDE**

Prof. Dr.-Ing. C.M. Sonsino

Telefon: +49 6151 705-244

c.m.sonsino@lbf.fraunhofer.de

---

##### **ÖFFENTLICHE AUFTRAGGEBER**

##### **PUBLIC PRIVATE PARTNERSHIP**

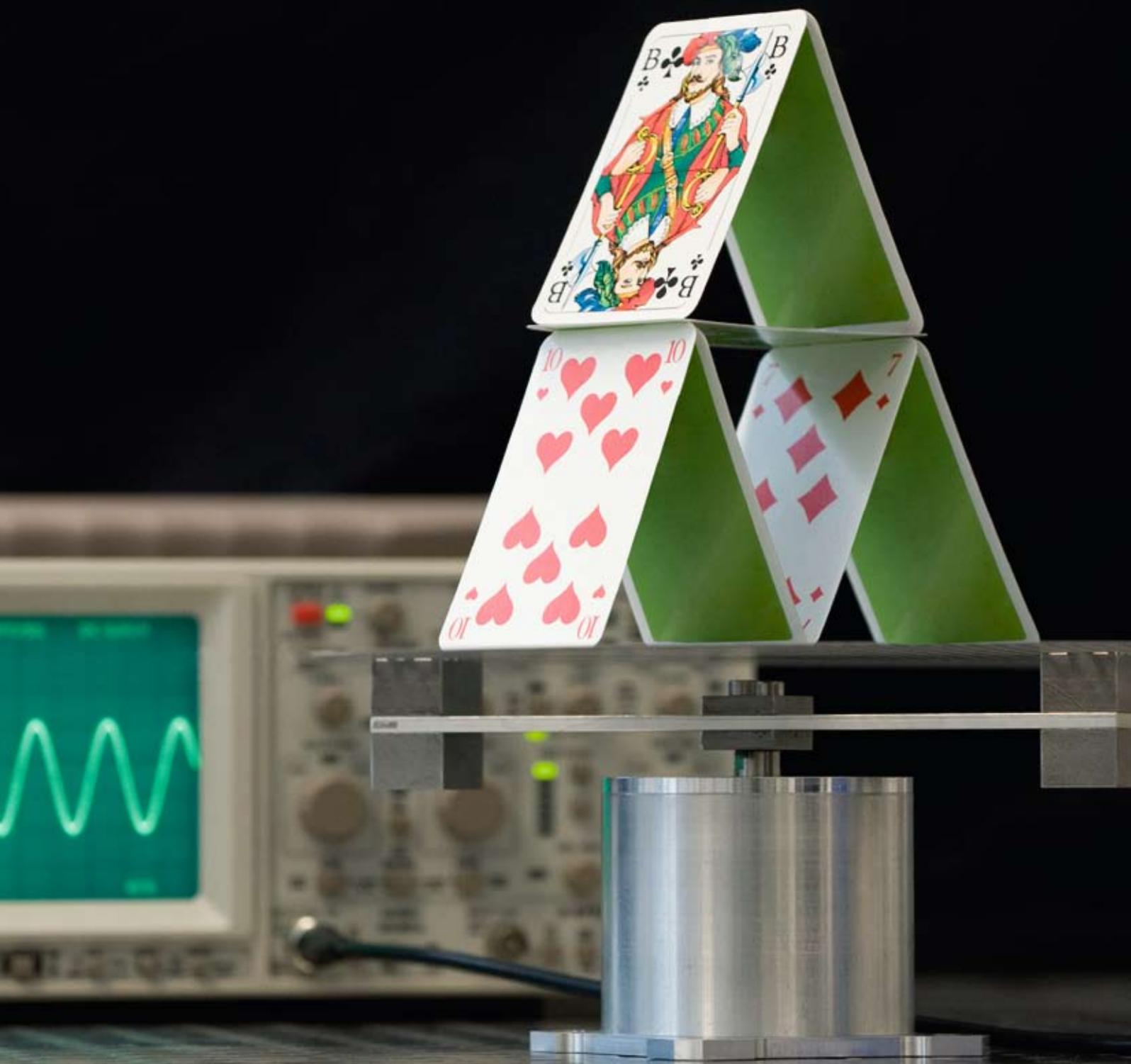
Prof. Dr.-Ing. T. Bein

Telefon: +49 6151 705-463

thilo.bein@lbf.fraunhofer.de

---

Ihre Innovationsschmieden.





## MECHATRONIK / ADAPTRONIK

Aufgabe des Kompetenzzentrums Mechatronik/Adaptronik ist die Optimierung von Bauteil- und Systemeigenschaften besonders bzgl. Schwingungen, Lärm und Verformungen. Dabei unterstützen wir unsere Kunden von der Analyse und Beratung bis zur prototypischen Lösung.

Zu unseren Kompetenzen zählen u. a.:

- Aktive Strukturlösungen
- Strukturdynamische Systemanalyse
- Vibroakustische Systemanalyse
- Monitoringsysteme
- Modellbildung
- Sonderaktorik/Actuator Design
- Schwingungskontrolle
- Zuverlässigkeitsanalysen und -bewertung

### Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. T. Melz

Telefon: +49 6151 705-252

tobias.melz@lbf.fraunhofer.de

## BETRIEBSFESTER LEICHTBAU

Im Kompetenzzentrum Betriebsfester Leichtbau werden Leichtbaukomponenten aus faserverstärkten und unverstärkten Kunststoffen in der Ganzheitlichkeit von Werkstoff, Konstruktion, Fertigung und Einsatz bewertet. Dieses umfasst die Untersuchung und Optimierung der Eigenschaften und Lebensdauer unter besonderer Berücksichtigung der realen, einsatzspezifischen Betriebsbeanspruchungen und Umgebungsbedingungen. Wesentlicher Aspekt: Gewichtsminderung bei hinreichender Steifigkeit, dynamischer Stabilität und Betriebsfestigkeit.

Zu unseren Kompetenzen zählen u. a.:

- Leichtbau
- Kunststoffe
- Verbundwerkstoffe
- Materialcharakterisierung
- Strukturoptimierung
- Bauteilauslegung
- Structural Health Monitoring
- Umweltsimulation

### Ihr Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. A. Büter

Telefon: +49 6151 705-277

andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de

## CAx-TECHNOLOGIEN

Das Kompetenzzentrum CAx-Technologien unterstützt Sie entlang des Entwicklungsprozesses durch numerische Methoden und Werkzeuge. Im Fokus steht die simulationsgestützte ganzheitliche Bewertung der Kinematik, Dynamik und Belastung von komplexen Systemen. Die Ergebnishüte der Systemsimulationen wird zum einen durch die Entwicklung effizienter Modelle für „nicht-lineare“ Komponenten verbessert. Zum anderen wird die virtuelle Systemauslegung durch Verfahren der Sensitivitätsanalyse und des Robust Design performanter und zuverlässiger gestaltet.

Zu unseren Kompetenzen zählen u. a.:

- Numerische Methoden und Werkzeuge
- Numerische Analysen
- Fügeverbindungen
- Guss- und Umformbauteile
- Elastomerbauteile
- CAD - Computer Aided Design
- Robust Design
- Lebensdaueranalysen

### Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. T. Bruder

Telefon: +49 6151 705-285

thomas.bruder@lbf.fraunhofer.de

# Adaptronik

# Betriebsfestigkeit

# Ihre Innovationsschmieden.

## BAUTEILGEBUNDENES WERKSTOFFVERHALTEN

Das Kompetenzzentrum Bauteilgebundenes Werkstoffverhalten befasst sich mit der experimentellen und numerischen Beanspruchbarkeitsanalyse von zyklisch belasteten Werkstoffen und Bauteilen. Zu den Aufgaben gehören kraft- und dehnungsgeregelte Versuche mit Proben und Bauteilen sowie die Ermittlung und Bewertung von Einflüssen aus Konstruktion, Fertigung, Oberflächenbehandlungen und Belastung auf die Schwing- und Wälzfestigkeit. Die Korrelation der zyklischen Kennwerte mit lokalen Beanspruchungs- und Bauteilparametern bildet die Basis für die Übertragbarkeit der Kennwerte.

Zu unseren Kompetenzen zählen u. a.:

- Metallische Werkstoffe
- Keramische Werkstoffe
- Belastungskollektive
- Wöhlerlinien
- Lebensdauerlinien
- Umweltsimulation

### Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. H. Kaufmann

Telefon: +49 6151 705-345

heinz.kaufmann@lbf.fraunhofer.de

## LAST- UND BEANSPRUCHUNGSANALYSE

Das Kompetenzzentrum Last- und Beanspruchungsanalyse führt Betriebsmessungen an Fahrzeugen und Maschinen durch. Die Entwicklung von langzeitfähigen Messsystemen zur Überwachung als auch zur Ermittlung von Kundenkollektiven gewinnen zunehmend an Bedeutung. Zur Interpretation der ermittelten Daten werden allgemein bekannte und kundenspezifische Algorithmen verwendet.

Zu unseren Kompetenzen zählen u. a.:

- Betriebsmessungen
- Datenanalysen
- Lastannahmen
- Lebensdauerabschätzungen
- Kundenkollektive
- Laststandards
- Messräder

### Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Math. M. Kieninger

Telefon: +49 6151 705-267

michael.kieninger@lbf.fraunhofer.de

## BETRIEBSLASTENSIMULATION UND BEWERTUNG

Im Kompetenzzentrum Betriebslastensimulation und Bewertung werden mit vorwiegend experimentellen Methoden betriebsähnliche oder hierzu schädigungsäquivalente Beanspruchungen simuliert, die den Nachweis der betriebsfesten Dimensionierung von Bauteilen und -gruppen sicherstellen. Die Bewertung der Betriebsfestigkeit erfolgt dabei unter ganzheitlicher Betrachtung der verwendeten Werkstoffe, der konstruktiven Gestaltung, des Fertigungsprozesses sowie der Nutzungsbedingungen.

Zu unseren Kompetenzen zählen u. a.:

- Prüfstandsbetrieb  
(permanente und flexible Aufbauten)
- Prüfstandsentwicklung
- Erstellung von Lastprogrammen
- Betriebslastennachfahrversuche
- Betriebsfestigkeitsnachweis
- Bauteile und Baugruppen
- Fahrwerk

### Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. M. Wallmichrath

Telefon: +49 6151 705-467

marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de

# Betriebsfestigkeit



## RAD / NABE / WELLE

Der Bedeutung rotierender Komponenten im Fahrzeug-, Maschinen- und Anlagenbau entsprechend, behandelt das Kompetenzcenter Rad/Nabe/Welle die Betriebsfestigkeit drehender Bauteile innerhalb deren Baugruppenumgebung. Die Verknüpfung von experimentellen Verfahren und rechnerischen Methoden gewährleistet die durchgängige Begleitung technischer Projektinhalte in der Produktkonzeption und -entwicklung sowie in allen Phasen der Erprobung.

Zu unseren Kompetenzen zählen u. a.:

- Zweiaxiale Räderprüfung im ZWARP oder W/ALT
- Europazyklus
- Biegeumlaufprüfung
- FEM-Analyse
- Sicherheitskomponenten
- Radbruch
- Aluminium-Rad

### Ihr Ansprechpartner

---

Dipl.-Ing. R. Heim

Telefon: +49 6151 705-283

ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de

---

## SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT UND MASCHINENAKUSTIK

(assoziertes Kompetenzcenter)

Das Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM der Technischen Universität Darmstadt ist als Kompetenzcenter Universitäre Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Systemzuverlässigkeit und der Maschinenakustik in das Fraunhofer LBF integriert. Das Fachgebiet wurde 2001 an der TU Darmstadt neu gegründet mit dem Ziel, Grundlagen, Methoden und Verfahren zur Bewertung der Zuverlässigkeit komplexer technischer Systeme zu entwickeln. Diese Thematik stellt international ein neues Forschungsgebiet dar. Die 2005 erfolgte Integration der Arbeitsgruppe Maschinenakustik, die auf jahrzehntelange Erfahrung im Bereich akustischer Fragestellungen zurückblickt, in das Fachgebiet ist eine konsequente Ergänzung der Kompetenzen in Hinblick auf die Entwicklung leiser und zuverlässiger Produkte.

### Ihr Ansprechpartner

---

Dr.-Ing. J. BöS

Telefon: +49 6151 1669-30

boes@szm.tu-darmstadt.de

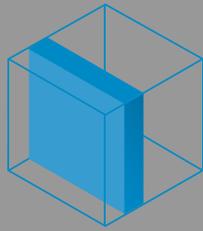
---

# Systemzuverlässigkeit

VON ANFANG AN AUF IHRER SEITE!

Wie wäre es, wenn Sie sich schon bei der Planung Ihres Produktes die Pole Position im Entwicklungsprozess sichern würden?





Welchen Einfluss werden Betriebstemperaturen, Medienumgebungen und mechanische Betriebsbelastungen auf die Festigkeit der Kunststoffe haben, die Sie für Ihr Leichtbauprodukt vorgesehen haben? Wie beeinflussen sich die unterschiedlichen Belastungsarten im Werkstoff gegenseitig? – Ist es möglich, zyklische Werkstoffkennwerte auch ohne zahlreiche zeitaufwendige Einzelversuche sicher abzuschätzen? Welche Rolle könnten Künstliche Neuronale Netze dabei spielen? – Auf welche Lebensdauer kann man bei ganz neuartigen Materialien wie etwa Carbon-NanoTubes setzen? Können sie bereits für eine Produktentwicklung eingeplant werden?

Engagierte Experten im Fraunhofer LBF unterstützen Sie mit ihrem ganzen Know-how in numerischen und experimentellen Verfahren beim Design- und Konstruktionsprozess für Ihr Produkt.



> Betriebsfestigkeit thermoplastischer Kunststoffe.

36



> Schneller am Ziel mit Artificial Neural Strain Life Curves.

38



> Wie zuverlässig sind Carbon-NanoTube-Aktuatoren?

40



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Betriebsfestigkeit thermoplastischer Kunststoffe.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. (FH) Julia Hartmann · Telefon: +49 6151 705-491 · [julia.hartmann@lbf.fraunhofer.de](mailto:julia.hartmann@lbf.fraunhofer.de)*

Bei der Material- und Bauteiluntersuchung mit Thermoplasten sollten die Beanspruchungen möglichst realitätsnah simuliert werden. Werden Beanspruchungen wie z. B. die mechanische Belastung, die Temperatur oder die Flüssigkeiten, nur einzeln betrachtet, so sind ihre zunehmenden Auswirkungen auf die Kunststoffeigenschaften weitgehend bekannt. Dem wird auch bei konventionellen Dimensionierungsmethoden durch das Einsetzen von Abminderungsfaktoren Rechnung getragen. Hierdurch werden jedoch die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Einflüssen nicht berücksichtigt. Es wird vielmehr davon ausgegangen, dass alle Einflüsse unabhängig voneinander eine Festigkeit mindernde Wirkung besitzen.

## **Auswirkungen von Mehrfach-Einflüssen auf die Schwingfestigkeit.**

Die Frage ist, ob sich die gesamte Reduktion der Festigkeit aus den einzelnen Einflüssen einfach aufaddiert oder ob sich die einzelnen Einflüsse nicht auch teilweise aufheben können. Wird beispielsweise das gleichzeitige Einwirken von Temperatur und Kerbeinfluss auf die Schwingfestigkeit von Flachproben aus kurzfaserverstärktem Polyamid betrachtet, so sehen die Auswirkungen im Einzelnen folgendermaßen aus: Mit steigender Temperatur wie auch mit zunehmender

Formzahl reduziert sich die Schwingfestigkeit (Nennspannung). Wird beides kombiniert, zeigt sich ebenfalls eine Reduktion der Schwingfestigkeit, der Einfluss der Formzahl verliert aber an Bedeutung, siehe Abb.1. Ursache hierfür ist die Temperatur, die die Feder-Dämpfer-Eigenschaften des Kunststoffes ändert.

Flüssige Medien können je nach Kunststoff eine Veränderung der Festigkeit durch verschiedene chemische oder physikalische Mechanismen bewirken. Auch ohne chemische Reaktion kann ein rein physikalischer Einfluss, zum Beispiel erzeugt durch ein Umgebungsmedium, die Eigenschaften eines Polymers massiv beeinflussen. In der Regel besitzen Flüssigkeiten, die sich in einen Kunststoff einlagern, eine weichmachende Wirkung. Während der Absorption entstehen jedoch Eigenspannungen im Bauteil. Das flüssige Medium drängt ausgehend von der Oberfläche in den Werkstoff und quillt die oberflächennahen Bereiche auf. Der übrige Werkstoff versucht das weitere Aufquellen zu verhindern und setzt die Randbereiche unter Druck. Bei gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung können diese Druckeigenspannungen an den Oberflächen zusammen mit der erhöhten Duktilität des Werkstoffes zu einer Verzögerung der Rissbildung führen, die in der Regel von der Oberfläche aus geht. Liegt die Beanspruchung im zugschwellenden Bereich, können gegebenenfalls die Druckeigenspannungen die

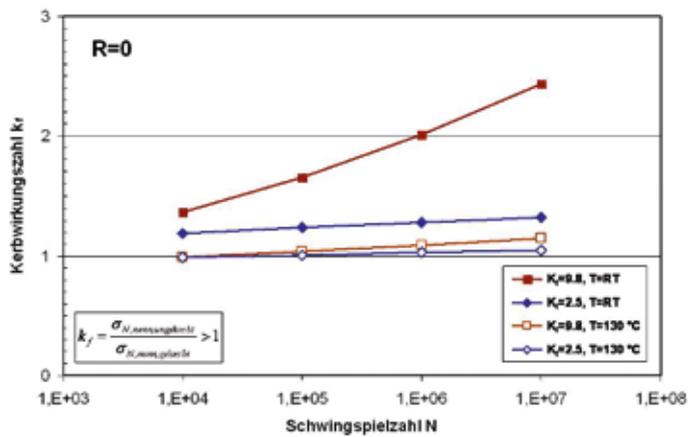


Abb. 1: Darstellung der Kerbwirkungszahl über der Schwingspielzahl von Flachproben aus kurzfaserverstärktem Polyamid (PA66-GF50).



Abb. 3: Demonstrator

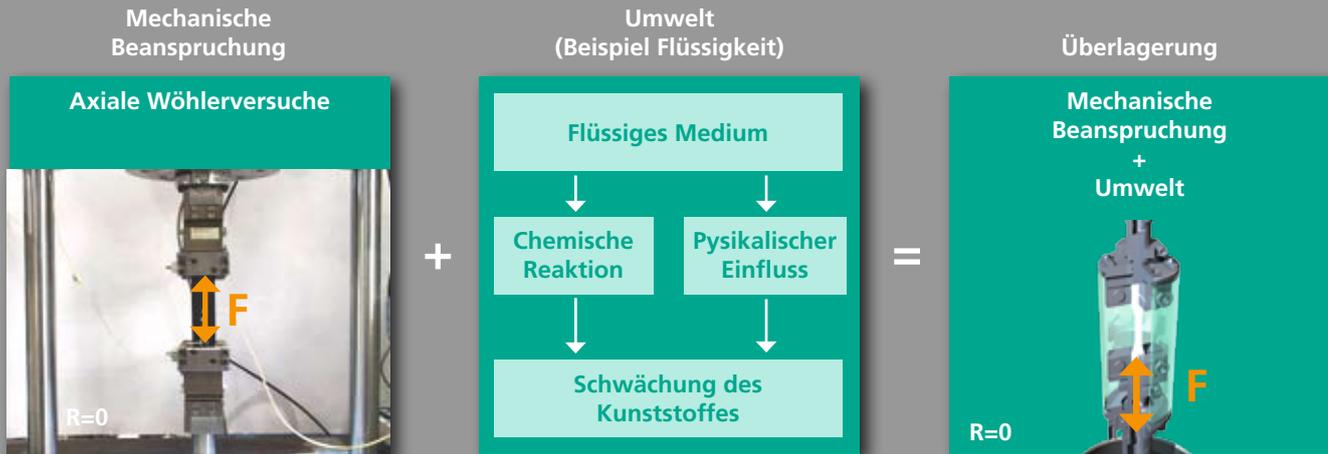


Abb. 2: Experimentelle Simulation der Beanspruchung.

Schwingfestigkeit eines Bauteils in diesem Zustand erhöhen, da die Druckeigenstressungen die eingeleiteten Zugspannungen teilweise ausgleichen können. Auch an diesem Beispiel ist klar erkennbar, dass sich die Einflüsse von Medium und mechanischer Belastung überlagern können.

**Kundennutzen** Die betriebsfeste Auslegung von Bauteilen aus Thermoplasten basierend auf der experimentellen Simulation bezieht die einzelnen Einflussgrößen auf diestoffeigenschaften sowie deren Verknüpfung untereinander in die Bauteildimensionierung mit ein. Dadurch können bei der Dimensionierung Unsicherheiten, die schnell zu einer Unterbeziehungsweise Überdimensionierung führen, gemindert werden. Diese Art der Auslegung eröffnet Anwendungsmöglichkeiten thermoplastischer Kunststoffe in einer Vielzahl von Bereichen, wie Fahrzeug- und Maschinenbau.

**Abstract** Functional and safety components made of thermoplastic materials are being used more and more. It is therefore very important to have an understanding of the material behavior and to develop adapted design methods. Realistic material data from experimental tests which take all important influential parameters into account are needed in order to design components with the necessary fatigue strength. This means that attention has to focus on the selection and production of the test specimens, the correct introduction of the mechanical stress in the specimen and the simulation of environmental loads. The latter have a great influence on the stress that a thermoplastic material can bear.



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Schneller am Ziel mit Artificial Neural Strain Life Curves.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Chalid el Dsoki · Telefon: +49 6151 705-441 · [chalid.el-dsoki@lbf.fraunhofer.de](mailto:chalid.el-dsoki@lbf.fraunhofer.de)*

Die Kenntnis der zyklischen Beanspruchbarkeit ist während der Konstruktionsphase entscheidend, um weder über- noch unterzudimensionieren. Dabei spielt die genaue Beschreibung des Werkstoffverhaltens eine wesentliche Rolle.

Von dieser Tatsache ausgehend und unter Berücksichtigung der stetigen Nachfrage nach kostengünstigeren Methoden und Ansätzen zur Beschreibung des Werkstoffverhaltens, muss die Genauigkeit einer Abschätzung hoch sein. Aus diesem Grund arbeiten Wissenschaftler intensiv daran, auf Basis einer Verknüpfung zwischen Künstlich Neuronalen Netzen (KNN) und experimentellen Versuchen zyklische Kennwerte zuverlässig zu ermitteln.

## **Das ANSLC-Programm mit experimenteller Versuchsunterstützung.**

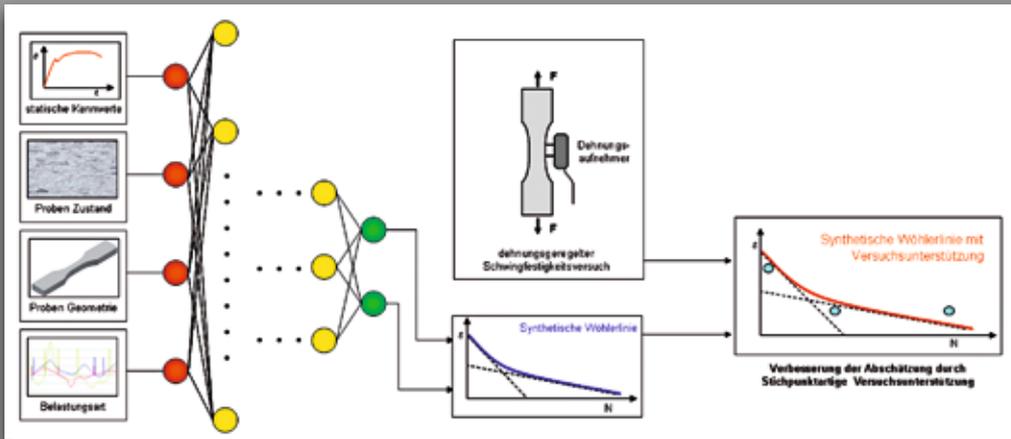
Das Prinzip des ANSLC-Programms ist einfach zu beschreiben: Anhand statischer Parameter als Input werden über gefundene und im Programm gespeicherte Zusammenhänge die (zyklischen) Kennwerte der zyklischen Spannungs-Dehnungs-Kurve (SDK) und der Dehnungswöhlerlinie (DWL) abgeschätzt. Das Programm schätzt jedoch nicht diese Kennwerte direkt ab, sondern die einzelnen Ergebnisse eines experimentellen Versuchs. D. h. dass zu vorgegebenen Dehnungsamplituden und

durch Vorgabe der statischen Kennwerte eines Werkstoffes die dazu gehörigen Spannungsamplituden und Schwingspielzahlen abgeschätzt werden. Die Abschätzungsmethode ersetzt also konkret den experimentellen Versuch. Anschließend wird wie bei den experimentellen Versuchen auch eine Regression durch die abgeschätzten „Proben“ gelegt, so dass die SDK und die DWL dargestellt und die zyklischen Kennwerte ermittelt werden können.

Durch dieses Vorgehen ist es auch möglich, eine Verknüpfung zwischen Experiment und Abschätzung zu realisieren, da lediglich abgeschätzte Ergebnisse mit experimentell ermittelten ausgetauscht werden müssen. Durch diese Kombination von experimentell ermittelten und abgeschätzten Versuchsergebnissen werden Abweichungen in der Abschätzung minimiert. Gleichzeitig wird aber auch der experimentelle Versuchs- und Zeitaufwand durch diese Abschätzungsmethode reduziert. Durch den Erfolg bei der Anwendung dieser Methode ist es gelungen, am Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik der TU Darmstadt im Rahmen des SFB 666 ein Transferprojekt mit den Partnern PEAK GmbH und Aleris Europe zu platzieren, mit dem Ziel die Treffsicherheit der Abschätzung weiter zu verbessern und den Versuchaufwand auf bis zu 75% zu reduzieren.



© PEAK GmbH



Eine geringe Anzahl von Versuchen minimiert die Abweichungen, die bei synthetischen Wöhlerlinien zwangsweise entstehen.

**Kundennutzen** Mit dem ANSLC-Programmen können die zyklischen Kennwerte von Werkstoffen anhand deren statischer Kennwerte abgeschätzt werden. Gleichzeitig bringt das Verknüpfen synthetischer Kennwerte und experimenteller Ergebnisse mit dem ANSLC-Programm eine erhebliche Zeit- und Kostenersparnis für den Kunden mit sich.

**Abstract** The ability to estimate cyclic characteristics of aluminum and steel materials by means of artificial neural networks (ANN) of static characteristics has been developed in recent years to the extent that the accuracy of such estimates is higher than that of the known formulae such as the modified universal slopes equation. Scientists at the Fraunhofer LBF working in cooperation with the Chair of System Reliability and Machine Acoustics (SzM) at Darmstadt University have developed a method called ANSLC which combines the advantages of experimental tests with those of estimation techniques. This method has been implemented as software and is available for customers at the Fraunhofer LBF.

„Die Firma PEAK Werkstoff GmbH entwickelt Hochleistungsaluminiumlegierungen überwiegend für den Powertrain-Bereich. Um unseren Kunden die benötigten Daten über das Ermüdungsverhalten unserer Werkstoffe zeitnah zur Verfügung stellen zu können, sind wir an einer Methode, die eine deutliche Reduzierung des Versuchsaufwandes zur Folge hat, außerordentlich interessiert.“

„Die Aleris Europe ist sehr an einer Reduktion der Prüfkosten für die Erstellung von Wöhlerkurven interessiert. Durch eine solche Reduzierung der Kosten könnte schon in einem frühen Zeitpunkt bei Legierungsentwicklungen die Schwingfestigkeit mit wenig Aufwand abgeleitet werden. Hierdurch kann das Ziel einer Legierungsentwicklung/-optimierung deutlich schneller und kostengünstiger erreicht werden.“





UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Wie zuverlässig sind Carbon-NanoTube-Aktuatoren?

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Xisheng Cao · Telefon: +49 6151 705-421 · [xisheng.cao@lbf.fraunhofer.de](mailto:xisheng.cao@lbf.fraunhofer.de)

Carbon-NanoTube (CNT) Polymere besitzen hervorragende mechanische, elektrische und thermische Eigenschaften. Als Leichtbauaktuatoren sind sie zwar noch in der Entwicklungsphase, als technisches Produkt wären sie aber attraktiv für viele Industrien, insbesondere für Fahrzeugtechnik, Flugzeugbau, Maschinenbau, Mikrosystemtechnik sowie Medizintechnik. Zur Bewertung erster CNT Biegeaktuatoren wurden am Fraunhofer LBF im Rahmen des Forschungsvorhabens CarNAK erstmalig Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen unter verschiedenen Betriebsbedingungen durchgeführt.

## Einflussfaktoren für die Lebensdauer.

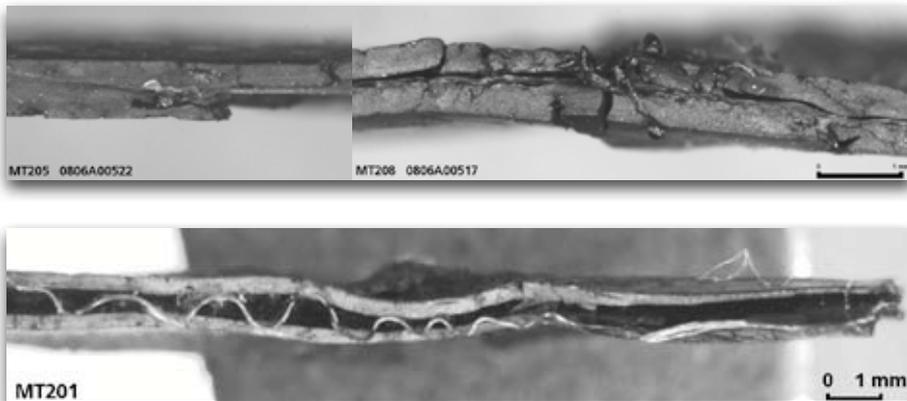
Die im Rahmen von CarNAK untersuchten, in einer Sandwichkonfiguration aufgebauten CNT-Biegeaktuatoren bestanden aus einer Protonaustauschmembran, die zwischen zwei Carbon-NanoTube-Polymerschichten angeordnet ist.

Um die Einflussfaktoren auf die Lebensdauer des CNT-Aktuators zu bestimmen, wurden zunächst die Aktuatoreigenschaften unter verschiedenen Betriebsbedingungen untersucht. Diese waren: die Ansteuerspannung (von minimal 1.0 V bis maximal 12 V), die Ansteuerfrequenz sowie das thermomechanische Verhalten.

Zur Untersuchung des Langzeitverhaltens wurde im zweiten Schritt eine Reihe von Tests unter verschiedenen Betriebsbedingungen durchgeführt. Hierbei wurden verschiedene CNT-Aktuatoren bei einer Ansteuerspannung von 3.0 V, 4.5 V und 6.0 V mit Frequenzen von 1/60 Hz, 1/30 Hz und 1/15 Hz geprüft. Der Aktuator mit einer Ansteuerspannung von 3.0 V ist ohne Unterbrechung mit konstanter Aktuation über eine Zeitspanne von 135 Tage durchgelaufen (Abb. 1). Dies bedeutet, dass der Aktuator ausfallfrei 200.000 Zyklen ertragen hat. Die im Weiteren unter höherer Ansteuerspannung untersuchten acht Aktuatoren haben bei 4.5 V im Durchschnitt nach 95.000 Zyklen und bei 6.0 V im Durchschnitt nach 7.500 Zyklen versagt.

Die Langzeitstabilität der CNT-Aktuatoren bei unterschiedlichen Ansteuerspannungen kann in Form von V-C-Kurve (applied voltage-cycle-curve) beschrieben werden (Abb. 2), die dann z. B. für die Bewertung der Lebensdauer verwendet werden kann. Lebensdauer und Ausfall sind stochastische Größen und weisen, wie in der V-C-Kurve zu sehen, eine beträchtliche Streuung auf. Ursachen für diese Streuung sind die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Mikrostruktur, die Materialeigenschaften des heterogenen Materialverbundes sowie die Qualität der Herstellung.

Abb. 3: Versagensursachen des CNT-Aktuators.



Bei niedriger Spannung: Materialermüdung, Riss und Kurzschluss.

Bei höherer Spannung: die Nafion-Membran und/oder der Klebstoff sind verbrannt.

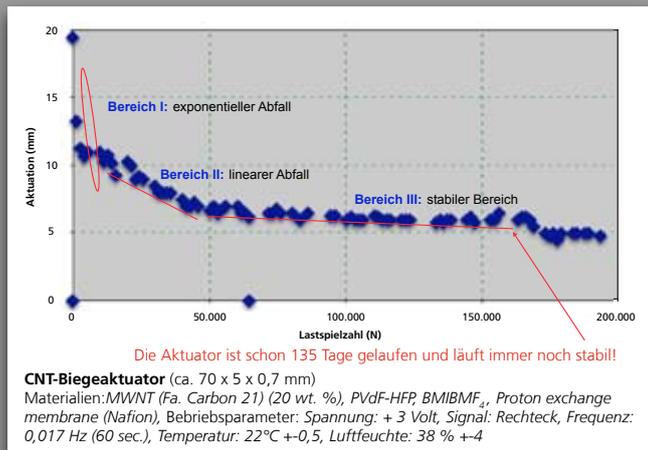


Abb. 1: Langzeitstabilität des CNT-Aktuators bei 3.0 V Anregungsspannung

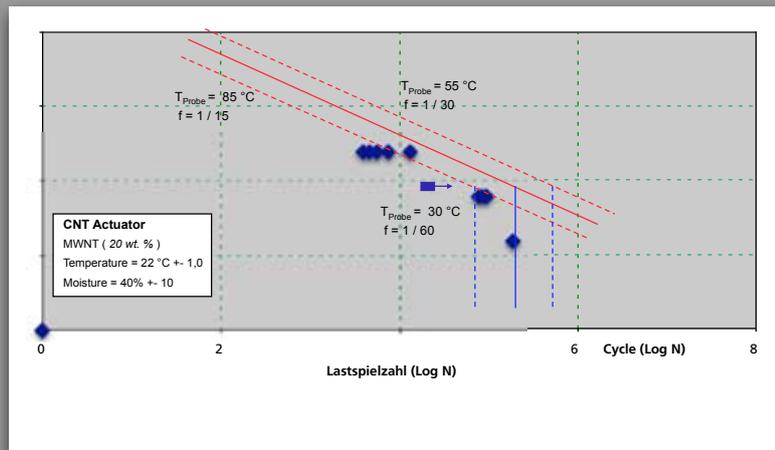


Abb. 2: Lebensdauer des CNT-Aktuators bei niedriger und höherer Anregungsspannung

Eine anschließende Schadensanalyse unter dem Mikroskop zeigte die in Abb. 3 dargestellten Versagensursachen. Bei geringer Ansteuerspannung und bei Raumtemperatur verursachten materielle Ermüdung und Risse die Ausfälle der CNT-Aktuatoren. Große Deformationen und die Qualität der Herstellung beeinflussten hierbei die materielle Ermüdung der Aktuatoren. Bei hoher Ansteuerspannung waren die Ausfälle meist thermomechanisch bedingt. Kurzschluss und Degradation der Hitzebeständigkeit waren die Fehlerursachen, die zum Großteil in der Protonenaustauschmembran und/oder im Klebstoff erfolgten.

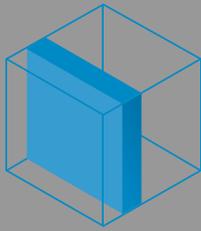
**Kundennutzen** Diese Untersuchungen verdeutlichen am Beispiel von CNT-Biegeaktuatoren die Wichtigkeit einer Lebensdaueruntersuchung und/oder einer Zuverlässigkeitsanalyse gerade für neue Materialien und Aktuatoren.

**Abstract** Actuators made of carbon nanotube polymers (CNT-Actuators) have attracted great interest due to their extraordinary properties, such as very low density, large actuation strain and low driving voltages for a new class of large motion actuators and artificial muscles. High quality and high reliability of CNT-Actuators are prerequisites for their application. A systematic investigation on the long term performance and reliability of the CNT-actuators was first performed at Fraunhofer LBF. It involved performance investigations, long term stability tests and failure identifications. Guaranteed reliability and long lifetime are essential for the design of these new materials and nanodevices.

RUNDUM SICHER!

Wie wäre es, wenn Sie Ihre Sicherheitsbauteile künftig stets in umwelt- und ressourcenschonender Leichtbauweise anbieten könnten?





Wie wäre es, dabei nicht nur auf der sicheren sondern auch auf der wirtschaftlichen Seite zu sein? Setzen Sie bei der Entwicklung und Prüfung aller Sicherheitsbauteile auf einen kompetenten Partner. Greifen Sie mit dem Fraunhofer LBF jederzeit auf 70 Jahre Erfahrung in der Betriebsfestigkeit zurück! Wir unterstützen Sie bei der Qualifizierung von Werkstoffen, von Auslegungsmethoden und Fertigungsprozessen für alle Sicherheitsbauteile. Wir erarbeiten die zutreffenden Bemessungskonzepte für Ihre Anwendung und entwickeln die Methoden des Festigkeitsnachweises auch im Hinblick auf eine wirtschaftliche Auslegung ständig weiter.

Damit Sie und Ihre Kunden sich rundum sicher fühlen können, erarbeiten wir gemeinsam mit Ihnen die passenden Sicherheitsstrategien.



- > Mechanische Eigenschaften von Thermoplastverbunden. 44



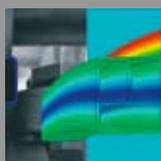
- > Sichere Bemessung scharf gekerbter Sinterbauteile. 46



- > Aluminiumlegierungen für Sicherheitsbauteile. 48



- > Leicht und trotzdem sicher! 50



- > Schwingfestigkeit hochgradig umgeformter Gefüge. 52



- > Wirtschaftliche und sichere Bemessung von Schweißverbindungen. 54



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Mechanische Eigenschaften von Thermoplastverbunden.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Andreas Giessel · Telefon: +49 6151 705-319 · [andreas.giessel@lbf.fraunhofer.de](mailto:andreas.giessel@lbf.fraunhofer.de)*

Endlosfaserverbundwerkstoffe gewinnen stetig an Bedeutung. Vor allem in Bereichen wie Automobilbau und Luftfahrt sollen diese Werkstoffe aus Gründen der Gewichtersparnis konventionelle Werkstoffe ersetzen. Im Rahmen des Gemeinschaftsprojekt „PROBADUR“ der Französischen Institute Carnot M.I.N.E.S, Carnot Cetim, Ecole de Mines de Paris sowie der Fraunhofer-Institute ILT und LBF werden solche Verbunde hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften untersucht.

## **Charakterisierung der Betriebsfestigkeit.**

An endlosglasfaserverstärkten Verbunden mit unterschiedlichem Schichtaufbau wurden zyklische Versuche zur Ermittlung der Schwingfestigkeit durchgeführt. Das Lastverhältnis  $R$  lag bei allen Untersuchungen bei  $-1$ , was einem ständigen Wechsel von Zug- und Drucklast bedeutet. Untersuchungen bei  $R = 0,1$  sowie statische Zugversuche werden am Carnot Institut M.I.N.E.S. durchgeführt. Ziel der Versuche ist die Generierung von Wöhlerlinien um das Versagensverhalten der Verbunde zu charakterisieren.

Problematisch ist die Prüfung von Flachproben aus endlosverstärkten Faserverbundmaterialien besonders bei sogenannten „UD“ (unidirektional) Gelegen. Durch das Einspannen in die Prüfmaschine werden die Proben zusätzlich zur gewollten Prüfspannung partiell einer Druckspannung ausgesetzt, was in den meisten Fällen durch Schultern an den Enden der Prüfstäbe kompensiert werden kann. Bei UD-Proben liegen die Fasern aller Schichten in Prüfrichtung, Fasern in Schultern würden daher nicht im Kraftfluss liegen und könnten keinen Beitrag zur Messung leisten. Durch den Einsatz von speziellen Probeneinspannungen und Knickstützen ist es möglich, auch Flachproben aus UD-Gelegen ohne Schultergeometrie zu prüfen.

Wie zu erwarten war, zeigten die UD-Verbunde eine sehr flache Wöhlerlinie, was für ein eher sprödes Verhalten spricht. Diese Werkstoffe brechen sehr spontan, meist ohne vorherige Anzeichen wie z. B. Steifigkeitsabbau. Gelege, die zusätzlich Schichten mit Faserausrichtung in  $90^\circ$  bzw.  $45^\circ$  zur Lastrichtung enthalten, zeigen dagegen einen solchen Steifigkeitsabbau vor dem Bruch. Diese Schichten können zwar deutlich weniger Last aufnehmen, stützen sich aber gegenseitig. Dadurch kann der Verbund, obwohl er an einigen Stellen bereits Schädigungen aufweist, noch einige Schwingspiele ertragen.

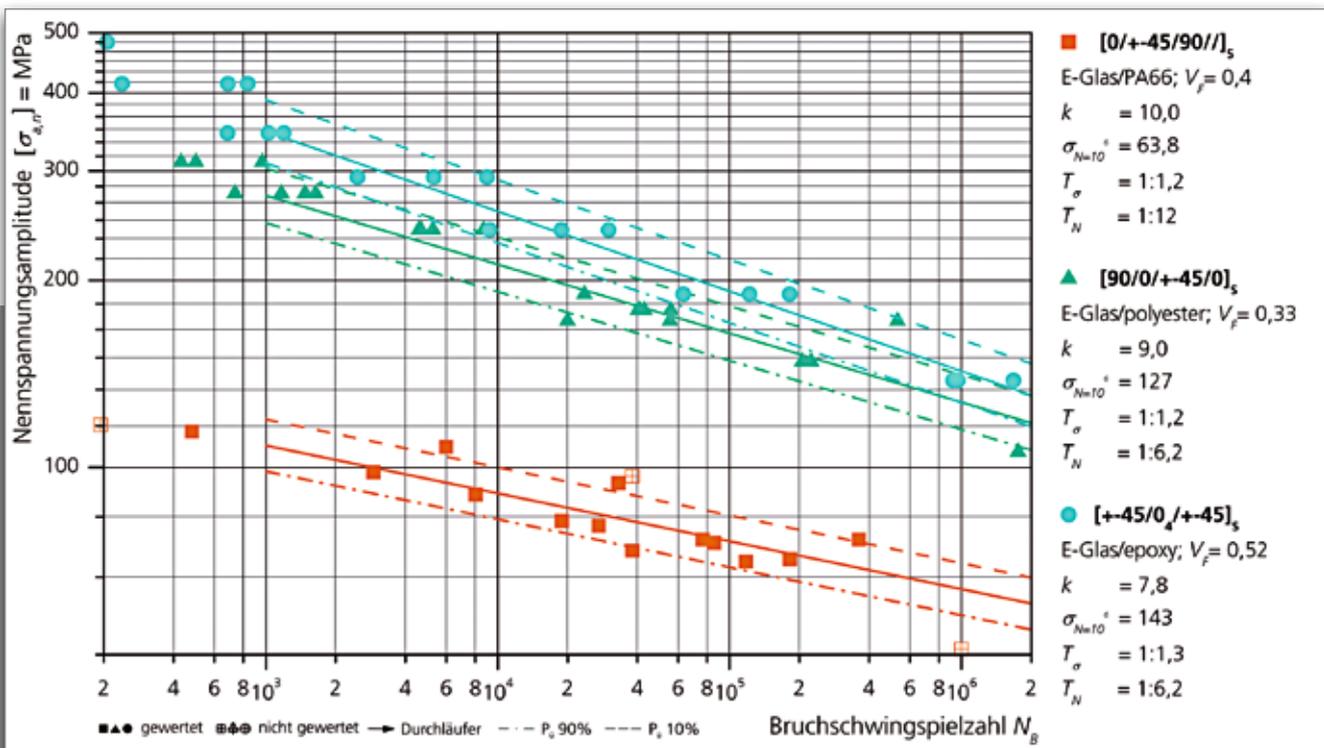


Abb. 1: Wöhlerlinien von Glasfaserverbundwerkstoffen mit thermoplastischer und duroplastischer Matrix.

Ein Vergleich der thermoplastischen Faserverbundproben mit duroplastischen Faserverbunden ist in Abb. 1 dargestellt. Die hierbei herangezogenen Werte für die duroplastischen Verbundproben sind Literaturwerte und weisen nicht den exakt gleichen Lagenaufbau auf wie die geprüften thermoplastischen Proben. Daher lässt dieser Vergleich nur die Aussage zu, dass man beim Einsatz von thermoplastischen Faserverbunden geringere zulässige Spannungen in Kauf nehmen muss.

Der große Vorteil der hier geprüften Verbunde liegt jedoch darin, dass ihre thermoplastische Matrix wieder schmelzbar ist. Dies eröffnet in der Verarbeitung und im Recycling vollkommen neue Möglichkeiten wie z. B. das Schweißen oder das Thermoformen.

Nachdem bisher das Augenmerk auf die Prüfung der Verbunde gelegt wurde, sollen in den nächsten Schritten des Projekts Versuche mit lasergefügten Proben durchgeführt werden. Dabei soll der Einfluss des Geleges und der Schweißnahtanzahl auf die Zeitfestigkeit untersucht werden.

**Kundennutzen** Die Anwendung für Faser-Kunststoff-Verbunde mit thermoplastischer Matrix liegen in Bereichen, in denen konventionelle Werkstoffe wie Stahl oder Aluminium durch leichtere Materialien ersetzt werden. In erster Linie sind dies die Luft- und Raumfahrtindustrie oder der Automobilbau.

**Abstract** Up to now there is less knowledge about the fatigue behavior of endless glass fiber reinforced fiber plastic composites incorporating a thermoplastic matrix. Testing is problematic at a load ratio of  $R=-1$ , in particular for unidirectional (UD) composites.  $R=-1$  represents an alternating loading in the tensile and compressive range, where the stress amplitudes are the same in both directions. The results serve as the basis for further tests in which laser-welded samples are studied. The object of the project is to apply a probabilistic and deterministic approach in order to forecast the static behavior and the ageing behavior of fiber-reinforced plastics as well as laser-welded parts and components. On this basis models for the characterization of fiber-reinforced composite components can be introduced directly into product design and development.



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Sichere Bemessung scharf gekerbter Sinterbauteile.

*Ansprechpartner: Dr. Ing. Klaus Lipp · Telefon: +49 6151 705-243 · klaus.lipp@lbf.fraunhofer.de*

Der steigende Einsatz pulvermetallurgisch hergestellter Bauteile im Motoren- und Getriebebau erfordert eine zuverlässige Auslegung hochbelasteter Komponenten bereits in der Planungs- und Entwicklungsphase. Hierzu stehen für pulvermetallurgisch hergestellte Stähle, vor allem für scharf gekerbte Zustände, oftmals nicht die benötigten Kennwerte zur Verfügung.

## **Kennwerte für den Einfluss von Kerben.**

Im Rahmen eines geförderten Projektes der Stiftung Stahlanwendung (Projekt-Nr. AVIF A 253) wird der Einfluss von Kerben für unterschiedliche Belastungsarten auf die ertragbare Beanspruchung in einem ersten Schritt mit Proben aus dem Sinterstahl Distaloy AE in zwei unterschiedlichen Dichten, 6,8 und 7,15 g/cm<sup>3</sup>, untersucht. Die für Sinterstähle empfohlenen Probenformen nach ISO 3928 wurden hierzu mit einer neuen Kerbgeometrie, Kerbradius von 0,25 mm, für Formzahlen bis  $K_{t,axial} = 4,2$  ergänzt. Für alle Kerbformen und Belastungsarten wurden anschließend die Formzahlen mittels FEM berechnet. Die Schwingfestigkeitsversuche wurden sowohl am Fraunhofer LBF (Axialbelastung) als auch am IWM der RWTH Aachen (Biegung und Torsion) mit 20 bis 30 Proben pro Versuchsvariante und einer Grenzschnitzspielzahl bis  $N=10^7$  durchgeführt und statistisch ausgewertet. Aufgrund geringer Dichteunterschiede

in den höchstbeanspruchten Bereichen der Proben wurden die ertragbaren Spannungsamplituden nach folgender Formel auf ein einheitliches Dichtenniveau korrigiert:

$$\sigma_a = \sigma_{a,0} \cdot (\rho / \rho_0)^5$$

Die so ermittelten Nennspannungsamplituden für die einzelnen Versuchsreihen und Dichten, Abb. 1, fallen für Axial- und Biegebelastung erwartungsgemäß mit zunehmender Formzahl ab. Im Gegensatz hierzu wird unter Torsionsbelastung eine deutlich höhere ertragbare Spannungsamplitude der gekerbten Proben im Vergleich zu den ungekerbten Proben ermittelt. Hierbei hat sich auch gezeigt, dass der für Probenformen nach ISO 3928 empirisch ermittelte Abfall der ertragbaren Nennspannungsamplitude bei zunehmender Spannungskonzentration bzw. Formzahl (H. Ericsson: Influence of Notches on Fatigue Behaviour of PM Steels; Master's Thesis, Luleå University of Technology, 2003) für die hier ermittelten Ergebnisse, speziell für die Ergebnisse unter Torsion, nicht anwendbar ist. Die Ursache hierfür liegt in einer gegenüber der ISO-Probe anderen Probengeometrie für die ungekerbte Probe mit einem signifikant größerem hochbeanspruchten Werkstoffvolumen (HBV) und hierdurch deutlich niedrigeren Beanspruchbarkeit für den ungekerbten Zustand.

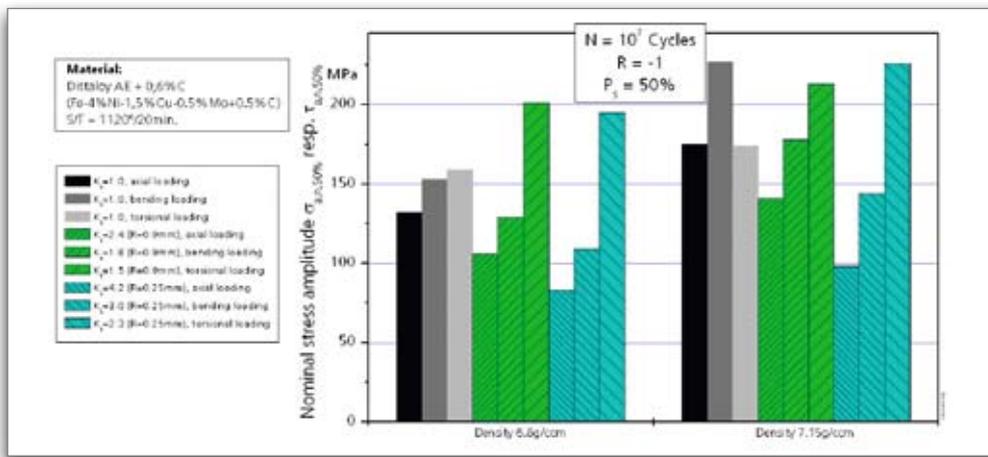


Abb. 1: Ertragbare Nennspannungsamplituden.

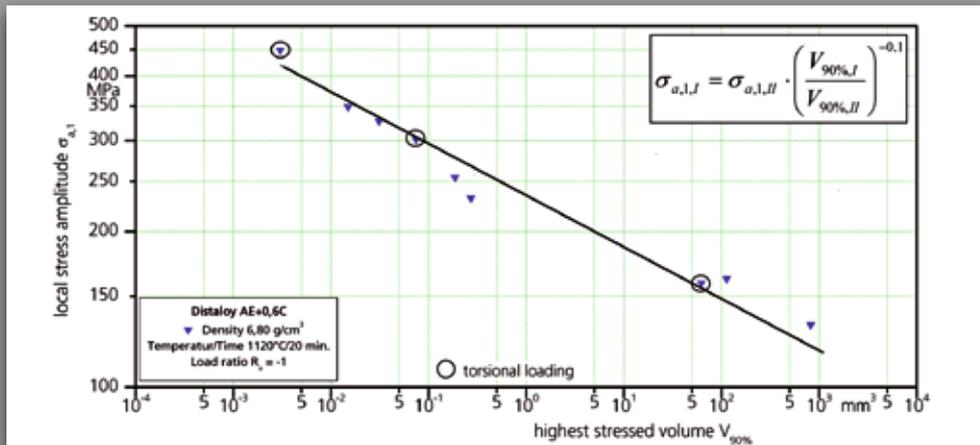


Abb. 2: Korrelation zwischen örtlich ertragbarer Spannungsamplitude und höchstbeanspruchtem Werkstoffvolumen.

Aus diesem Grund wird hier ein anderer Ansatz verfolgt, der das HBV bei der Beanspruchbarkeit berücksichtigt. Die örtlich in der Kerbe ertragbaren Hauptspannungsamplituden  $\sigma_{a,1}$  korrelieren hierbei mit dem höchstbeanspruchten Werkstoffvolumen (Abb. 2), welches über FE-Berechnungen ermittelt wurde. Im Hinblick auf eine zuverlässige Bemessung pulvermetallurgisch hergestellter Bauteile ist das höchstbeanspruchte Werkstoffvolumen somit eine wichtige Kenngröße. Die Anwendbarkeit dieser Methode wird derzeit an gesinterten Synchronnaben sowie Zahnrädern verifiziert.

**Kundennutzen** Obwohl die Leistungsfähigkeit und die Kenntnis des Schwingfestigkeitsverhaltens pulvermetallurgisch hergestellter Bauteile stark zugenommen haben, bestehen noch immer große Unsicherheiten in der Bemessung bei stark gekerbten Bauteilzuständen. Die hier ermittelten Zusammenhänge zwischen der Beanspruchbarkeit und dem höchstbeanspruchten Werkstoffvolumen erhöhen die Bemessungsgüte unter Anwendung des örtlichen Spannungskonzeptes und ermöglichen somit eine zuverlässige Auslegung hochbelasteter PM-Bauteile.

**Abstract** The influence of sharp notches on the fatigue behavior of powder-metallurgically produced parts was investigated

using notched specimens up to a stress concentration factor of  $K_{t,axial} = 4.2$  under axial, bending and torsional loading for a diffusion-alloyed sintered steel containing 4% Ni (Distaloy AE). The specimens were only pressed and sintered without a final machining procedure. The results show a good correlation with the highly stressed material volume, regardless of the type of loading. These results indicate that the local stress concept, taking the most highly stressed material volume into account, represents a reliable method for fatigue testing of powder-metallurgically produced parts.



Dr. Dirk Amos  
Werkstoffanwendung  
und Festigkeit  
ZF Friedrichshafen AG

„Scharf gekerbte Bereiche in Sinterbauteilen stellen für die zuverlässige Bemessung immer eine große Herausforderung dar. Mit Hilfe der im LBF abgeleiteten Bemessungsmethode können wir das Bauteildesign bereits in der frühen Entwicklungsphase effizienter und zuverlässiger vornehmen.“



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Aluminiumlegierungen für Sicherheitsbauteile.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Kathrin Bauer · Telefon: +49 6151 705-241 · [kathrin.bauer@lbf.fraunhofer.de](mailto:kathrin.bauer@lbf.fraunhofer.de)*

Aluminiumlegierungen weisen bedingt durch ihre geringe Dichte ein hohes Leichtbaupotential auf, das im Automobilbau auch für Sicherheitsbauteile des Fahrwerks genutzt wird. Im Rahmen eines von der AiF geförderten Gemeinschaftsprojektes wird eine Qualifizierungsmethode für Aluminiumwerkstoffe erarbeitet, die Automobilherstellern und Zulieferern zukünftig eine zügige, kostengünstige und sichere Produktentwicklung erlaubt.

## **Innovative Vorausbildung.**

Stetig steigende Klimaschutzforderungen sowie der Bedarf nach sinkendem Kraftstoffverbrauch, zwingen die Automobilhersteller zu einer Reihe von Maßnahmen, die die Optimierung des Antriebsstranges, die Reduktion des Luft- und Rollwiderstandes sowie die Absenkung des Fahrzeuggewichts umfassen. Vor diesem Hintergrund stehen bedingt durch ihr Leichtbaupotential stets auch Aluminiumwerkstoffe im Fokus der innovativen Vorausbildung. Im Betrieb sind diese neben zyklischen Belastungen insbesondere im Winter auch korrosiven Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Da derzeit keine rasche Qualifizierungsmethode zur Erfassung der Leistungsfähigkeit bei zyklisch-korrosiven Komplexbeanspruchungen

existiert, kann das Potential neuer Legierungen im Rahmen einer zügigen und kostengünstigen Produktentwicklung nicht ausgeschöpft werden.

Das Fraunhofer LBF und das Institut für Werkstoffkunde IfW der TU Darmstadt arbeiten daher an der Entwicklung einer geeigneten Qualifizierungsmethode, die den Automobilherstellern und Zulieferern zukünftig erlauben soll, die Beanspruchung von Aluminiumwerkstoffen für Fahrzeugkomponenten in möglichst kurzer Zeit im Labor zu simulieren. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen wiederum als Basis für die effiziente und sichere Produktentwicklung dienen.

In einer ersten Projektphase dieser Gemeinschaftsarbeit werden derzeit Einstufen- und Betriebslastenversuche an einer gewalzten Aluminiumlegierung der 5000er Reihe mit verschiedenen Wärmebehandlungszuständen an Luft und unter korrosiven Medien durchgeführt. Hierbei wird untersucht, wie durch Variation der Versuchsparameter, z. B. der Frequenz und des Korrosionsmediums, die verschiedenen Werkstoffzustände experimentell differenziert werden können.



Abb. 1: Die Versuchsproben spiegeln den Ausgangszustand der gewalzten Proben, die geeignete Probenbearbeitung für die Prüfung sowie den Zustand nach Prüfung unter korrosivem Medium wieder.

Abb. 2: Interkristalline Korrosion an einer Aluminiumschmiedelegerung (Foto: Institut für Werkstoffkunde (IfW), TU Darmstadt).

Parallel dazu wird das Korrosionsverhalten der Werkstoffzustände auch unter zyklischer Belastung erfasst und auf Basis der Manipulation der zugrundeliegenden Schädigungsmechanismen werden Methoden abgeleitet, die auch als Grundlage für die effiziente Anpassung der Versuchsbedingungen in der zyklischen Prüfung dienen. Begleitend werden quantitative metallographische Untersuchungen an den Proben durchgeführt und kontinuierlich mit dem Feldzustand abgeglichen.

Im weiteren Projektverlauf werden die Untersuchungen auf Schmiedelegerungen der 6000er Reihe sowie auf eine gängige AlSiMg-Gusslegierung ausgedehnt. Aus gewonnenen Erfahrungen wird abschließend eine abgestufte Vorgehensweise zur Qualifikation von Aluminiumlegierungen erarbeitet und anhand eines Demonstratorbauteiles verifiziert.

**Kundennutzen** Die abzuleitende Qualifizierungsmaßnahme für Aluminiumwerkstoffe wird den Automobilherstellern und Zulieferern die Möglichkeit einer optimierten Komponentenerprobung, basierend auf einer effizienteren Werkstoffauswahl, eröffnen.

---

**Abstract** Due to their potential for lightweight construction, aluminium alloys are increasingly used for automotive safety components. However, the qualification of these materials is a time-consuming and complex process. At present there is no simplified method which takes into account superimposed cyclic mechanical and corrosive loading for material qualification. Within the framework of a joint project an appropriate method is currently being developed which is intended to enable the car manufacturers and automotive suppliers to design their products in a quick, economical and reliable way. The basis for this approach is the comprehensive characterization of typical 5000- and 6000-series alloys as well as of an AlSiMg cast alloy used for chassis components in automotive engineering.



UNSEREFORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Leicht und trotzdem sicher!

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. André Heinrietz · Telefon: +49 6151 705-271 · [andre.heinrietz@lbf.fraunhofer.de](mailto:andre.heinrietz@lbf.fraunhofer.de)*

Leichte und dennoch sichere Bauteile herzustellen und dabei die Herstellungskosten niedrig zu halten gehört nach wie vor zu den Herausforderungen eines jeden Entwicklers im Fahrzeugbau. Leichtbau kann dabei vorwiegend durch eine ausgewogene Konstruktion sowie den Einsatz hochfester Werkstoffe gewährleistet werden. Ein gut ausgeführter ADI Guss birgt hier ein hohes Potential bezüglich seiner Werkstoffkennwerte (Festigkeit und Duktilität) und seiner Möglichkeiten der Formgebung durch das Gießverfahren.

## **Nabe und Schwenklager aus ADI-Guss.**

Aufbauend auf einer bekannten und im Einsatz erprobten Lkw-Radnabe aus GJS-600 wurde diese in dem Projekt in ADI ausgeführt, um eine erhöhte Belastbarkeit der Komponente allein durch Werkstoffsubstitution zu ermöglichen. Eine solche Ausführung soll die Anforderungen des Einsatzes unter harten Bedingungen im Gelände erfüllen. Im Rahmen der Untersuchungen an der Nabe wurden Spannungsanalysen, Betriebslasten- und Impaktversuche durchgeführt, um die Eigenschaften unter betriebsähnlichen Belastungen zu beschreiben. Die Betriebsfestigkeitserprobung der Radnabe erfolgte in der Zweiaxialen Rad-/Nabenprüfeinrichtung (ZWARP) am Fraunhofer LBF. Das für die Erprobung der hier betrachteten Radnabe entwickelte ZWARP-Lastprogramm hat die speziellen Randbedingungen

hinsichtlich der möglichen Erprobungsdauer gerade bei Bauteilen aus ADI-Guss zu berücksichtigen. Um ein Versagen im Versuch erreichen zu können, wurden versteifende Anbauteile, Planetenradträger und Bremsstrommel entfernt und damit ein grundsätzlich deutlich höheres Beanspruchungsniveau eingestellt sowie ein laufzeitoptimiertes Lastprogramm entwickelt, das alle schwingfestigkeitsrelevanten Randbedingungen adäquat berücksichtigt. Die aus ADI hergestellten Naben wiesen eine zum Teil deutlich längere Lebensdauer auf, als die bekannte aus GJS 600 hergestellte Referenznabe.

Das Pkw Schwenklager aus ADI wurde für das Projekt durch den Hersteller schon vorab geometrisch im Hinblick auf ein möglichst geringes Gewicht optimiert. Die Schwenklager wurden in zwei Varianten mit unterschiedlicher Wärmebehandlung im Hinblick auf ihr Verhalten unter zyklischen Belastungen und Betriebslasten sowie in Impaktversuchen (auch unter  $-40^{\circ}\text{C}$ ) untersucht. Ziel der Untersuchungen unter zyklischer und betriebsartiger Belastung war die Ermittlung der Schwingfestigkeit eines ausgesuchten, versagensrelevanten Bereiches des Schwenklagers. Der Versuch wurde in der Art durchgeführt, dass der Riss an der Anbindung zur Spurstange initiiert wird. Die spurstangenseitige Anbindung des Schwenklagers wurde über den Kopf der originalen Spurstange belastet. Die Lastrich-



Schlagartige Belastung einer Rad-Nabenbaugruppe im Versuchsstand.



Gebrochenes Pkw Schwenklager nach schlagartiger Belastung unter  $T = -90^{\circ}\text{C}$ .

tung wurde hierbei orthogonal zur Radebene gewählt. Trotz ihres deutlich geringeren Gewichtes, bestanden die Schwenklager diese Versuche.

Ein ADI Bauteil, welches mit hoher Qualität abgegossen und wärmebehandelt wurde, kann in Bezug auf seine bauteilgebundenen Werkstoffeigenschaften als Sicherheitsbauteil eingesetzt werden. Bei der Festlegung der Legierung muss darauf geachtet werden, dass eine Erzeugung eines hinreichend hohen Anteils an ausferritischem Gefüge in allen Bereichen des Bauteils realisiert wird, um hohe Zähigkeit zu erreichen. Bei großen Wandstärkenunterschieden oder ungünstigen Abschreckbedingungen ist eine Verstärkung der Unterschiede in den örtlichen Eigenschaften des Bauteils möglich. Eine Bewertung des ADI-Bauteils sollte daher unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und Versuche unter realitätsnahen Belastungen durchgeführt werden.

Unter diesen Voraussetzungen können mit ADI Werkstoffen leichte und sichere Bauteile zu akzeptablen Herstellungskosten gefertigt werden.

**Kundennutzen** Durch die Qualifikation von Auslegungs- und Fertigungsprozess für ADI Bauteile wird die Möglichkeit eröffnet, einen Gusseisenwerkstoff von höchster Festigkeit und Duktilität für sicherheitsrelevante Fahrwerksbauteile einzusetzen. Damit können die Vorteile des Gusseisens bei der kostengünstigen Gewichtsoptimierung von Sicherheitsbauteilen genutzt werden.

**Abstract** In the research project "Lightweight construction using cast ADI components - LEA" funded by the German federal ministry of education and research, the potential of ADI components is being investigated by vehicle manufacturers, foundries, hardening shops and Fraunhofer LBF. Safety components used vehicle suspensions were selected for the tests. With reference to the example of a truck wheel hub and a car swivel bearing, the project shows how different alloying constituents in the base material and different heat treatments impact on the component properties. Attention focuses on material characteristics with regard to strength and ductility and the associated microstructure, as well as on the loading capacity of the components under operating conditions.

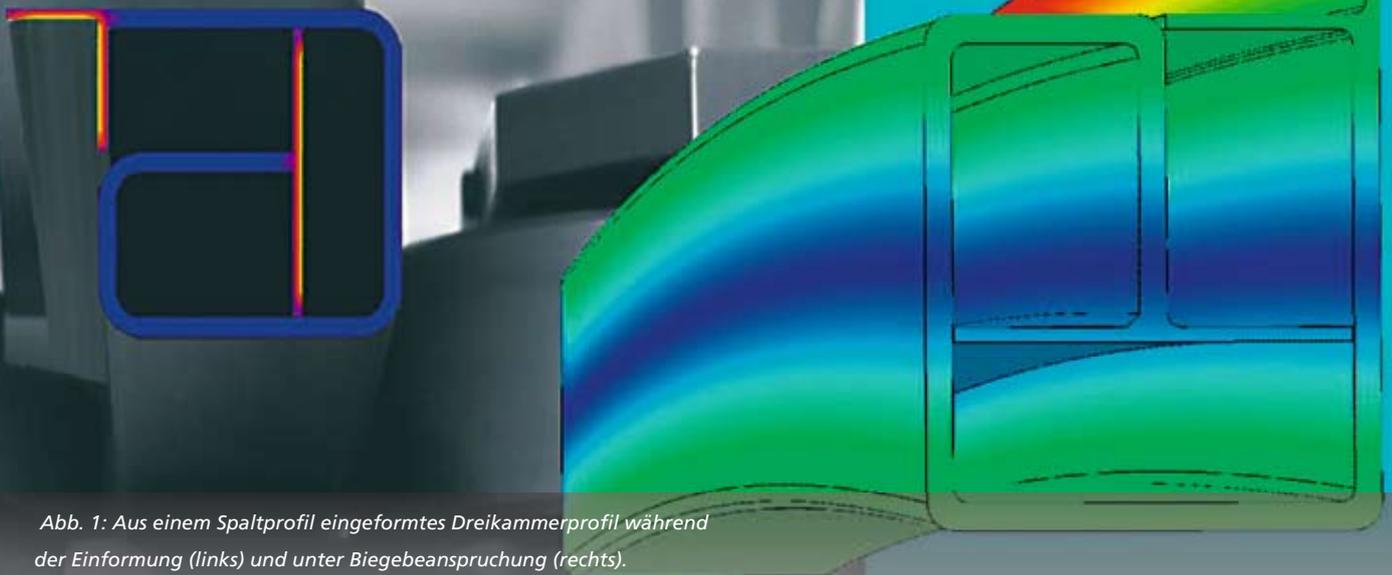


Abb. 1: Aus einem Spaltprofil eingeformtes Dreikammerprofil während der Einformung (links) und unter Biegebeanspruchung (rechts).

## UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Schwingfestigkeit hochgradig umgeformter Gefüge.

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Volker Landersheim und Dipl.-Ing. Chalid el Dsoki · Telefon: +49 6151 705-475 · [volker.landersheim@lbf.fraunhofer.de](mailto:volker.landersheim@lbf.fraunhofer.de)

Vom Stringer im Flugzeugrumpf bis zur Sitzführungsschiene im Pkw: Profile sind Schlüsselkomponenten in vielen Konstruktionen. Doch wie sieht das optimale Profil aus? Wie können Verzweigungen hergestellt werden? Wie lässt sich das Leichtbaupotential der Profile am besten ausnutzen? Mit diesen Fragen beschäftigt sich seit 2005 der Sonderforschungsbereich (SFB) 666 unter Beteiligung des Fachgebiets Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik der TU Darmstadt SzM und dem Fraunhofer LBF. Bei der Begutachtung des SFB 666 durch die DFG wurde dieser mit dem Gesamturteil „exzellent“ bewertet und die Fortsetzung für weitere vier Jahre genehmigt. LBF/SzM ist zukünftig mit vier statt bisher zwei Teilprojekten beteiligt.

### Schwingfestigkeitsbewertung inhomogener Spaltprofile durch Einbindung von Prozesssimulationen.

Die Entwicklung begann mit einem einzelnen Walzgerüst. Darauf gelang es, eine Stahlblechplatte durch eine spezielle Walzenanordnung an der Bandkante zu spalten und zu einem Y-Profil umzuformen. Bei diesem als Spaltprofilieren bezeichneten Verfahren wird das Blech durch zwei Hilfswalzen und eine stumpfwinklige Spaltwalze, die gegenüber der Bandkante inkrementell zugestellt wird, bei Raumtemperatur umgeformt. Durch diese Werkzeuganordnung entsteht ein

Druckspannungszustand, der den Werkstoff rissfrei in den Freiraum zwischen Hilfs- und Spaltwalze fließen lässt (Abb. 2). Durch mehrfache Wiederholung des Prozesses entsteht der Y-Querschnitt. Schnell war klar, dass das Verfahren Potential bietet, verzweigte Profile effizient zu fertigen. Um diese Möglichkeiten genauer zu erforschen, wurde der SFB 666 eingerichtet.

Im Rahmen dieses Projektes wird der gesamte Produktentstehungsprozess von einem interdisziplinären Team betrachtet: Kundenanforderungen, Geometrieoptimierung, CAD-Features und die Beherrschung der Fertigungsprozesse sind nur einige Aspekte darin.

Für den Einsatz in mechanisch hochbeanspruchten Konstruktionen interessiert den Anwender aber vor allem eines: Wie belastbar ist das gefertigte Profil? Die besondere Herausforderung liegt dabei in der ausgeprägten Inhomogenität des Werkstoffverhaltens infolge der lokal unterschiedlichen Kaltverfestigung. Deshalb wurde eine Schnittstelle zwischen der Prozess- und der Beanspruchungssimulation aufgebaut, die es ermöglicht, einzelnen Finiten Elementen abhängig vom Umformgrad aus der Prozesssimulation unterschiedliche Werkstoffkennwerte zuzuweisen. Dazu wird auf ein Künstliches

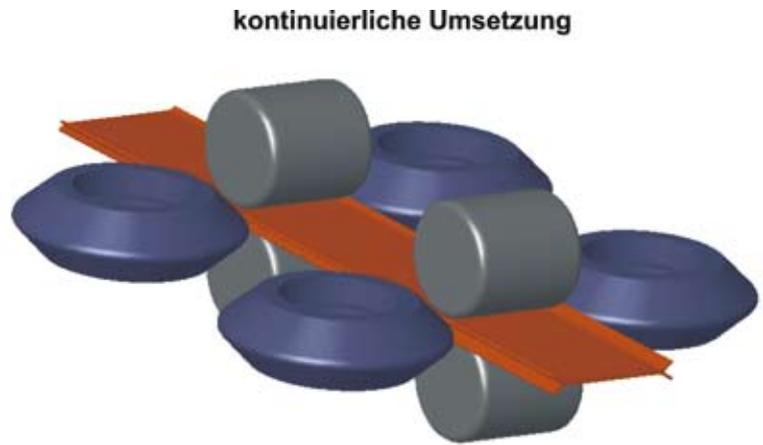
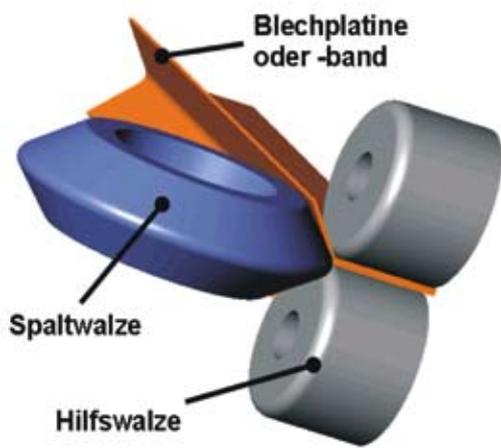


Abb. 2: Verfahrensansatz Spaltprofilieren (Quelle: Jöckel, 2005).



Neuronales Netz (siehe S. 40–41) zugegriffen. Auch die Eigenspannungen werden aus der Prozesssimulation übernommen. Durch diese Vorgehensweise ist eine genauere Schwingfestigkeitsbewertung bereits vor der Erstellung von Prototypen möglich. Zukünftige Themen sind u. a. Beanspruchungen mit variablen Amplituden, die Bewertung von verketteten Umformprozessen, der Wälzfestigkeit von Spaltprofilen sowie die Abschätzung von zyklischen Kennwerten für Aluminiumwerkstoffe.

**Kundennutzen** Die Ergebnisse ermöglichen eine verbesserte Ausnutzung des durch örtliche Kaltverfestigung resultierenden Leichtbaupotentials und helfen dabei, Iterationsschleifen im Produktentwicklungsprozess zu vermeiden. Die Vorgehensweise kann auf viele Fertigungsprozesse übertragen werden, bei denen inhomogene Werkstoffeigenschaften entstehen.

**Abstract** The continuation of research program SFB 666 “Integral sheet metal design with higher order bifurcations” was approved by the German Research Foundation (DFG) thanks to the excellent work performed and results achieved. In this program the Chair of System Reliability and Machine Acoustics (SzM) at Darmstadt University and the Fraunhofer LBF are developing methods for assessing the fatigue strength of linear flow split profiles, which for production reasons exhibit pronounced inhomogeneity of the

material properties. By linking process and stress loading simulation, the influences from the production process can be taken into account at an early stage of product development. This makes it possible to better utilize the lightweight construction potential that derives from local strain hardening. Future challenges include assessment of variable amplitudes and rolling contact fatigue.



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Peter Groche, Fachgebiet  
für Produktionstechnik und  
Umformmaschinen (PTU) an der TU  
Darmstadt, Sprecher des SFB 666.

„Mitte 2009 wurde die zweite Förderperiode des SFB 666 bewilligt. Das LBF/SzM ist hierin zukünftig im Rahmen von drei Teilprojekten und einem industrienahen Transferprojekt stark und engagiert vertreten. Ich freue mich sehr über die weitere Zusammenarbeit und darüber, die Forschung rund um die integralen Blechbauweisen auch im Kontext der Betriebsfestigkeit vorantreiben zu können.“



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Wirtschaftliche und sichere Bemessung von Schweißverbindungen.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Klaus Störzel, Dipl.-Ing. Jörg Baumgartner und Dr.-Ing. Thomas Bruder · Telefon: +49 6151 705-273 · klaus.stoerzel@lbf.fraunhofer.de*

Die wirtschaftliche und sichere Auslegung von Schweißkonstruktionen erfordert eine ständige Weiterentwicklung der Methoden des Festigkeitsnachweises. Die Bewertung von geschweißten Konstruktionen mit der Finite-Elemente-Methode gehört inzwischen zum Stand der Technik. Mit örtlichen Nachweiskonzepten können die Vorteile dieser Berechnungsmethode voll ausgeschöpft werden und lokale Einflüsse berücksichtigt werden.

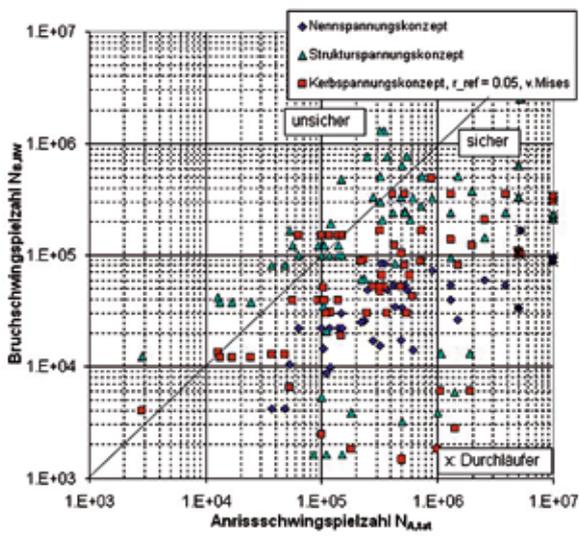
## **Eignung unterschiedlicher Bemessungskonzepte.**

Die Zielsetzung des Verbundforschungsprojektes „Festigkeit geschweißter Bauteile“ war die Untersuchung der Anwendbarkeit unterschiedlicher Festigkeitskonzepte für schwingbelastete geschweißte Bauteile. Auf Basis experimenteller und numerischer Untersuchungen wurden das Nenn-, das Struktur- und das Kerbspannungskonzept im Hinblick auf deren Zuverlässigkeit bewertet. Die jeweiligen Konzepte beruhen auf unterschiedlich definierten, meist lokalen Beanspruchungen der Schweißverbindungen. Struktur- und Kerbspannungskonzept erlauben die Schwingfestigkeit von geschweißten Bauteilen deutlich detaillierter zu analysieren als das Nennspannungskonzept. Im Strukturspannungskonzept geht bei der Beanspruchungsermittlung die im Verbindungsbereich vorliegende

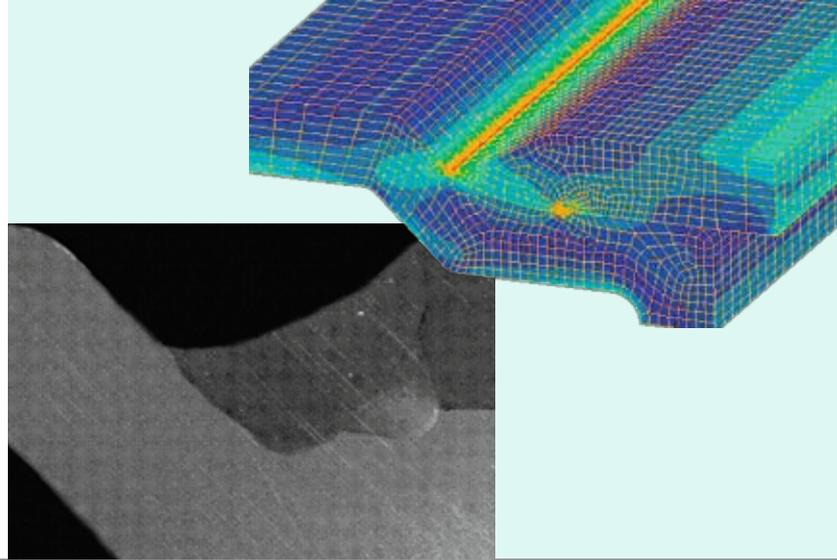
Bauteilgeometrie weitgehend ein, im Kerbspannungskonzept wird auch die lokale Gestalt der Schweißverbindung erfasst. Örtliche Konzepte entsprechen den Möglichkeiten numerischer Berechnungsverfahren, typischerweise der Finite-Elemente-Methode, mit denen im Vergleich zum Nennspannungskonzept die Beanspruchungen in einem deutlich geringeren Abstand zum Nahtdetail ermittelt werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden in sieben Teilprojekten insgesamt 29 Probenformen im Blechdickenbereich zwischen  $t = 1 \text{ mm}$  und  $t = 20 \text{ mm}$  aus den Industriebereichen Schiffbau, Schienenfahrzeugbau, Maschinenbau und Automobilbau in 40 Versuchsreihen untersucht. Betrachtet wurden verschiedene Schweißverfahren sowohl an Stahl als auch an Aluminiumlegierungen.

Bei Anwendung der verschiedenen Konzepte auf Basis des aktuellen Stands der Technik ergeben sich etwa ähnliche Streubänder. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass sowohl Nenn- als auch Strukturspannungskonzept in ihrer Anwendung gegenüber dem Kerbspannungskonzept eingeschränkt sind. Die Genauigkeit des Kerbspannungskonzepts kann erhöht werden wenn – insbesondere bei dünnen Blechen – Referenzwöhlerlinien für Untergruppen je nach Versagensort



Vergleich der Bemessungskonzepte.



Berechnete lokale Beanspruchungen.  
Schweißnahtgeometrie.

und R-Verhältnis verwendet werden. Die Untersuchungen zeigen weiterhin, dass durch die existierenden Richtlinien Schweißnähte zum Teil konservativ ausgelegt werden. Eine von Detail und Belastung abhängige Wöhlerlinienneigung könnte die Analysegenauigkeit erhöhen. Bei den untersuchten Detailproben und Musterbauteilen mit Beanspruchung normal zur Schweißnaht konnten Neigungen im Bereich  $3 \leq k \leq 8$  beobachtet werden. Stärkere Abweichungen von der Neigung  $k = 3$  treten mit abnehmender Blechdicke auf.

**Kundennutzen** Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Ergebnisse erzielt, die der Industrie dazu dienen, ihre Produkte künftig mit zutreffenden Bemessungskonzepten zu entwickeln und durch eine wirtschaftlichere und zugleich sichere Bemessung die Produkte im Hinblick auf Leichtbau zu verbessern.

**Abstract** To extend the knowledge using strength concepts for welded joints, the Fraunhofer Institute for Structural Durability and System Reliability LBF conducted a joint research project with four other research institutes. With the support of five research associations computational and experimental studies were performed on realistic components and associated detail specimens from different areas of industry to assess fatigue strength; a number of different test concepts were applied.

The results of the research project increased the accuracy of fatigue strength assessments for welded components under service loading and significantly improved the knowledge for the successful lightweight construction of welded structures.

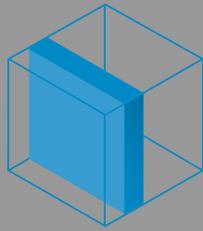
„Durch das Forschungsprojekt wurden neue Erkenntnisse zur effizienten Anwendung unterschiedlicher Bemessungskonzepte für geschweißte Bauteile erzielt. Dies gilt vor allem für das Kerbspannungskonzept, mit dem die geometrischen Verhältnisse von Schweißverbindungen zielgenauer erfasst werden können und sich dadurch deutliche Vorteile in der Schwingfestigkeitsbewertung gegenüber dem bisher vorrangig genutzten Nennspannungskonzept ergeben.“

Manfred Kaßner, Alstom LHB GmbH

WORAUF SIE SICH VERLASSEN KÖNNEN!

Wie wäre es, für Ihre  
neu entwickelten,  
mechatronischen und  
adaptronischen Systeme  
jederzeit belastbare  
Zuverlässigkeitsanalysen  
zu haben?





Was wäre, wenn sich niemand mehr über eine ausgefallene Elektronik im Auto ärgern müsste? Wie sähen unsere Verkehrssysteme aus, wenn wir schon heute auf absolut zuverlässige Energiespeicher für die Elektromobilität setzen könnten? Und was wäre, wenn intelligente Sensornetze den Zustand von Flugzeugbauteilen zu jedem Augenblick überwachen würden, Schädigungen jeder Art anzeigen und sicher bewerten könnten?

Wissenschaftler am Fraunhofer LBF entwickeln und erproben Monitoring Systeme, erarbeiten spezifische Prüf-, Analyse- und Auswerteverfahren, um die Zuverlässigkeit komplexer Systeme vor allem für den mobilen Einsatz sicher bewerten zu können.



> Structural Health Monitoring mit Smart Sensor Networks. 58



> Kosteneffiziente Sicherheit im Flugzeugbau. 60



> Energie-Speichersysteme für die Elektromobilität. 62



> Neue Prüfsysteme für Umwelt- und Vibrationsuntersuchungen. 64



> Neuartige piezoresistive Drucksensoren. 66



Abb. 2: An einem Modell einer Windenergieanlage wurden experimentelle Tests durchgeführt.

## UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Structural Health Monitoring mit Smart Sensor Networks.

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Michael Koch · Telefon: +49 6151 705-633 · michael.koch@lbf.fraunhofer.de

Die Aufmerksamkeit im Bereich der Structural Health Monitoring-Forschung gilt zunehmend der Anwendungspraxis und den damit verbundenen Fragestellungen bezüglich Konzeption und Integration von SHM-Systemen in reale Betriebsumgebungen. Um die Betriebseigenschaften dieser Systeme, insbesondere in Bezug auf die Anwendung zu optimieren, befassen sich aktuelle Forschungsvorhaben am Fraunhofer LBF mit netzwerkbasierenden Ansätzen.

### Netzwerk verteilter Sensoren.

Durch die Kombination aus verteilten Systemen mit den Methoden der Operational Modal Analysis (OMA) konnten neue Forschungsergebnisse im Bereich der Umsetzung von SHM-Systemen erzielt werden. Es wurde ein Monitoring-System implementiert, welches zunächst unter Berücksichtigung einer verteilten Strukturanalyse auf Basis von Simulationsrechnungen sowie anhand einer Rapid Control Prototyping (RCP) Plattform entwickelt wurde. Vorausgesetzt war dabei die Möglichkeit einer autonomen und automatisierten Identifikation der dynamischen Struktureigenschaften während des Betriebs. Hierzu wurden zunächst auf die Anwendung bezogene Systemkonzepte mit netzwerkbasierenden Ansätzen erarbeitet und anhand von Simulationsmodellen überprüft. Dadurch konnte die Implementierungsmethode für ein verteiltes Netz-

werk von Smarten Sensoren in Verbindung mit einer zentralen Analyseeinheit (Abb. 1) auf den zugrunde gelegten Identifizierungsalgorithmus angepasst und optimiert werden. Es hat sich gezeigt, dass die Problemstellungen, die sich hinsichtlich der Umsetzung ergeben, mit den gefundenen Konzepten zu überwinden sind.

Hierbei sind unter anderem die folgenden Punkte zu nennen:

- die Datenerfassung ist robust gegenüber Ausfällen von Systemkomponenten
- gute Skalierbarkeit des Netzwerks
- frühzeitige Reduktion der Datenmengen durch die Vorverarbeitung in Modulen Smarter Sensoren
- geringe Kabelmengen trotz weiträumiger Systemausdehnung möglich

Basierend auf diesem Entwurf war es möglich, eine experimentelle Simulation des Netzwerks unter Echtzeitbedingungen anhand der Entwicklungsschritte des Rapid Control Prototyping durchzuführen. In diesem Stadium wurden Testläufe an dem in Abb. 2 gezeigten miniaturisierten Modell einer Windenergieanlage unter Berücksichtigung natürlicher dynamischer Anregung im Freien durchgeführt. Zielgröße dabei waren die von den

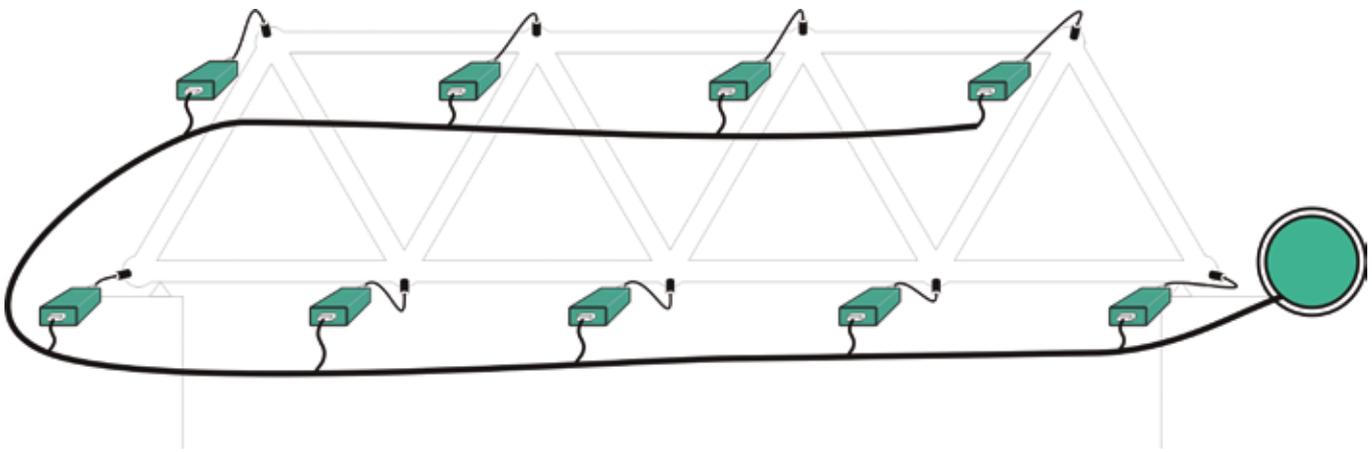


Abb. 1: Systemtopologie des Netzwerks verteilter Smarter Sensoren in Verbindung mit einer zentralen Analyseeinheit.

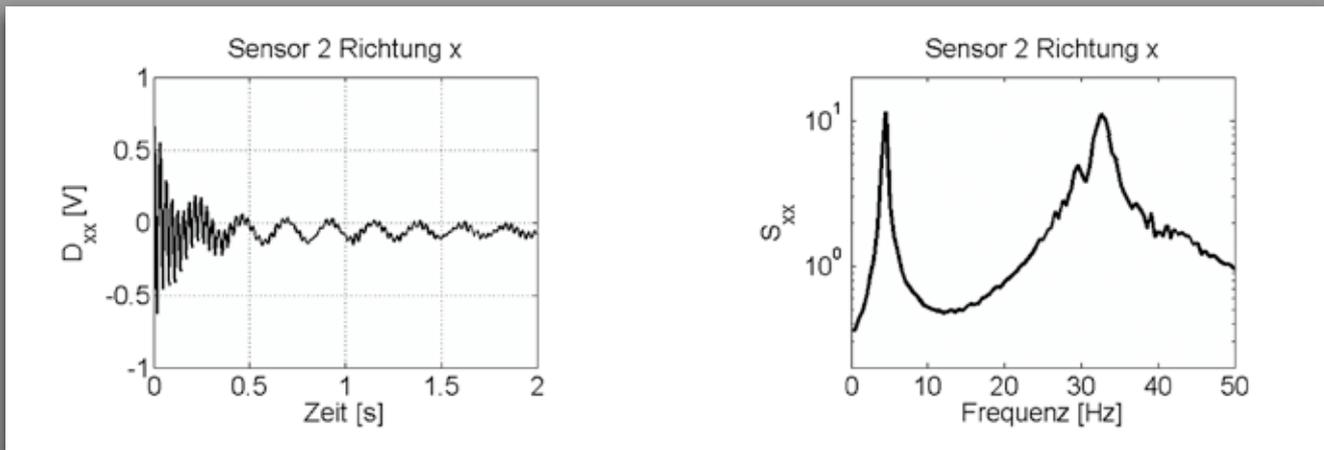


Abb. 3: Die Funktion der Zustandsdekremete wird als Zwischenergebnis an die zentrale Analyseeinheit weitergeleitet. (a) Zeitsignal (b) Frequenzspektrum.

Smarten Sensoren nach der Datenreduktion gelieferten Funktionen der Zufallsdekremete, die als Zwischenergebnisse bei der Identifizierung an die zentrale Analyseeinheit weitergeleitet werden. Abb. 3 zeigt einen typischen Verlauf einer solchen Funktion. Eine Weiterverarbeitung dieser Funktionen ermöglicht Aussagen hinsichtlich der dynamischen Struktureigenschaften wie Eigenfrequenzen, Eigenschwingformen und modalen Dämpfungen, die die Grundlage einer nachstehenden Überwachung bildeten. Im nächsten Schritt erfolgte die Einbettung der durch die experimentelle Simulation gewonnenen Algorithmen zur Vorverarbeitung in die Module Smarter Sensoren aus Abb. 4.

Die weiteren Arbeiten beinhalten neben der Implementierung von Algorithmen zur weiterführenden Identifizierung und der daran anzuknüpfenden Überwachung in die zentrale Analyseeinheit auch die Automatisierung des gesamten Vorgangs.

**Kundennutzen** Durch das vorgestellte Monitoring-System lässt sich der Aufwand hinsichtlich der Einrichtung einer Operational Modal Analyse reduzieren. Darüber hinaus ist ein Einsatz zur Langzeitdatenerfassung und -analyse möglich.

**Abstract** By analyzing the fatigue properties of structures it is possible to detect weaknesses and damage. For this purpose, a monitoring system with a network-based approach was implemented at the Fraunhofer LBF. The distributed structural analysis was developed and tested on the basis of computer simulations and using a rapid control prototyping platform. The concept was then embedded in a network of distributed smart sensors.

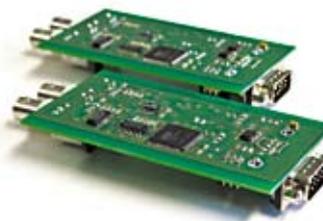


Abb. 4: Die Module Smarter Sensoren ermöglichen eine die Messdaten reduzierende Vorverarbeitung.



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Kosteneffiziente Sicherheit im Flugzeugbau.

*Ansprechpartner: Dr.-Ing. Valerio Carli, FhG Clean Sky-GRA General Manager · Telefon: +49 6151 705-372 · [valerio.carli@lbf.fraunhofer.de](mailto:valerio.carli@lbf.fraunhofer.de)*

Unsere Kunden fordern täglich innovativere Produkte mit erhöhter Dauerfestigkeit und Sicherheit. Sicherheit bedeutet nicht nur ein schadensfreies Betriebsleben sondern auch die zuverlässige Früherkennung von Schäden. Dies soll u. a. zu einer Reduktion der Wartungskosten führen. Das Fraunhofer LBF erweitert sein Angebot für sichere Produkte durch die Entwicklung, den Aufbau und die Erprobung neuer Technologien und Konzepte. Neben den klassischen Wöhler- und Gassner-Linien, die seit Jahrzehnten als Kernelemente für Material- und Bauteilcharakterisierung gelten, entwickelt das Institut neue Konzepte und Strategien, die den operativen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanfragen unserer Kunden entgegen kommen.

## **Structural Health Monitoring.**

Im Rahmen verschiedener deutscher und europäischer Projekte, entwickelt das Fraunhofer LBF „Structural Health Monitoring – SHM“ Konzepte, die für die Überwachung kritischer Bauteile ausgelegt werden. In Rahmen des europäischen Projekts „Clean Sky“ arbeiten die Wissenschaftler an der Auslegung, Fertigung und Erprobung intelligenter Systeme, die die Beanspruchung eines Bauteils messen und dessen Integrität überwachen können. Mittels optischer Fasern werden durch die Messung von Dehnungen Lasten erfasst.

Für Luftfahrt-Anwendungen wird diese Technologie in Verbindung mit Faserverbundbauteilen eingesetzt und validiert. Coupons und Strukturteile werden mit integrierten optischen Fasern in unseren Laboren gefertigt und unter realistischen Beanspruchungen getestet. Die Überwachung der Strukturintegrität erfolgt durch passive und aktive Methoden. Dafür werden piezokeramische Sensoren eingesetzt. Sie überwachen mittels akustischer Verfahren die Integrität eines Bauteils. Die Hochfrequenzwellenausbreitung dient als Messsignal für Integritäts-erkennung und Schadensidentifizierung. Faserverbundbauteile stellen für die Strukturintegrität eine besondere Herausforderung dar, da sie spezielle Schadenmechanismen und strukturelle Eigenschaften besitzen. Die Fertigung der Faserverbundbauteile mit integrierten piezokeramischen Sensoren erfolgt in den Laboren des Fraunhofer LBF. In Verbindung mit hochwertigen Messsystemen, werden die vom Institut entwickelten Konzepte und Modelle überprüft und validiert.

Die Palette der LBF-Kompetenzen beinhaltet auch die Anwendung von Nanomaterialien, die für die Sicherheit im Luftfahrtbereich eingesetzt werden. Das auf „CNT – Carbon NanoTubes“ basierte „bucky paper“ wird im Flügelbereich eingesetzt, um den Aufbau von Eis an kritischen Stellen zu vermeiden. Auch hier entwickelt, realisiert und testet das



Fertigung von Faserverbundbauteilen im Fraunhofer LBF.



Sensoren werden direkt in die Struktur integriert und können auftretende Schäden überwachen.

Institut Konzepte für die Integration dieses Materials. Zusammen mit seinen europäischen Partnern arbeitet das Fraunhofer LBF an der Entwicklung neuer SHM Systeme und Sicherheitskonzepte für die „grünen“ Flugzeuge der Zukunft.

**Kundennutzen** Faserverbundbauteile haben ein großes Potential, das aber im praktischen Einsatz noch nicht vollständig ausgenutzt werden kann. Durch die vom Fraunhofer LBF entwickelten Überwachungssysteme werden das mechanische Verhalten und die am Bauteil entstehenden Schäden beobachtet. Das Institut bietet SHM Konzepte mit Fertigung des Bauteils, Integration von Sensoren und die entsprechende Messtechnik für experimentelle Verifikation an.

**Abstract** Safety represents more and more a key issue for the success and customer acceptance of new and high tech products. At Fraunhofer LBF the competences in the field of structural durability and reliability are being widened by developing and testing Structural Health Monitoring concepts. Within the European Project „Clean Sky“, our scientists design, manufacture and validate composite structures with integrated optical and piezoceramic sensors for monitoring the „health“ of aircraft parts, enabling the assessment of the state of a component and of early structural failures. For an enhanced flight safety,

de-icing of critical wing parts is being realised by embedding nano-particles based material into composite substrate.



Dr. Rocco Pinto,  
General Manager of Alenia  
Aeronautica for the platform  
„Green Regional Aircraft“ of the  
European Project „Clean Sky“.

„Thanks to its wide and high qualified technical offer, Fraunhofer is a key partner of the platform GRA for the challenging objectives of the future regional aircrafts. Especially, with its scientists Fraunhofer provides a fundamental support to the design and manufacturing of SHM systems for aeronautical applications.“





UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Energie-Speichersysteme für die Elektromobilität.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Michael Matthias · Dr. Jürgen Nuffer · Dipl.-Ing. Christoph Klein · Dipl.-Ing. Thomas Pfeiffer*

Die Zuverlässigkeit der Energiespeichersysteme für Elektrofahrzeuge ist ein Hauptkriterium bei der Entwicklung von neuen Konzepten im Bereich der Elektromobilität. Die Gefährdung durch Lithium Akkus im vergleichsweise kleinen Maßstab von Mobiltelefonen oder Laptops ist allgemein bekannt. Für die Akzeptanz der Speichermedien ist die Zuverlässigkeit ein entscheidender Maßstab. Vor allem die Langzeitstabilität bei mechanischer Belastung ist weitgehend unbekannt.

## **Zuverlässigkeit und Sicherheit von Lithium Ionen Akkumulatoren.**

Für die Untersuchung von Speichermedien im Feld der Elektromobilität entsteht am Fraunhofer LBF eine Testumgebung für die elektrische, mechanische und thermische Belastung von Akkus zur Verwendung in Elektrofahrzeugen. (Abb. 1)

In ersten Versuchen an kommerziell erhältlichen Lithium Ionen Akkus konnte bereits gezeigt werden, dass mechanische Belastung auf einen kurzzeitigen Lade – Entladevorgang einer einzelnen Lithium Ionen Zelle keine Auswirkungen hat. (Abb. 2) Die Akkuzelle wurde dabei mit ihrer maximalen Stromstärke entladen und anschließend aufgeladen. Dargestellt sind die Spannung und der Strom beim Entlade- und Ladevorgang

sowie zu Beginn des Versuchs die kumulierte entladene Kapazität und im weiteren zeitlichen Verlauf des Graphen im Ladezyklus die vom Akku aufgenommene Kapazität. Zu sehen ist, dass bei einer gleichzeitig einwirkenden mechanischen Belastung in Form einer sinusförmigen Anregung in einem Frequenzbereich von 2 Hz bis 200 Hz, angelehnt an die Norm EN60721-3-3, keine signifikanten Änderungen im Entlade – Ladezyklus des Akkus stattfinden. Bei Raumtemperatur erwärmte sich der Akku in beiden Fällen im Entladevorgang auf ca. 30 - 35°C.

Künftig sollen die Randbedingungen des Testverlaufs an die Fahrzustandsbedingungen im Fahrzeug angepasst werden, um die Systemzuverlässigkeitsprüfung von Energiespeichern zukünftiger Elektrofahrzeuge abzusichern. Dazu ist es notwendig, die Lastdaten an der Position des Energiespeiches zu kennen und die elektrischen Anforderungen des Auf- und Entladens der Akkumulatoren anzupassen. Darüber hinaus sollen die Akkuzellen im Verbund zu einem komplexen Akkupaket mit integrierter Elektronik einer kombinierten mechanischen, thermischen und elektrischen Belastung ausgesetzt und somit auf deren Zuverlässigkeit untersucht werden.

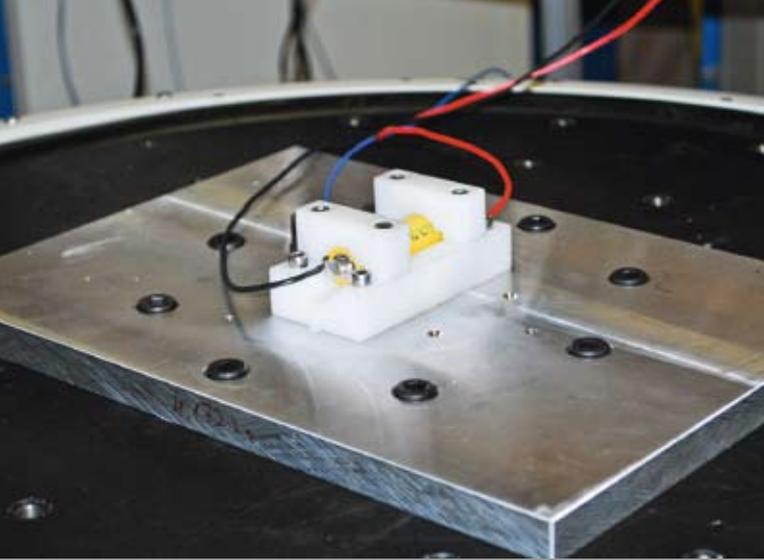


Abb. 1: Prüfeinrichtung für elektrische, mechanische und thermische Belastung von Akkus im Fraunhofer LBF.

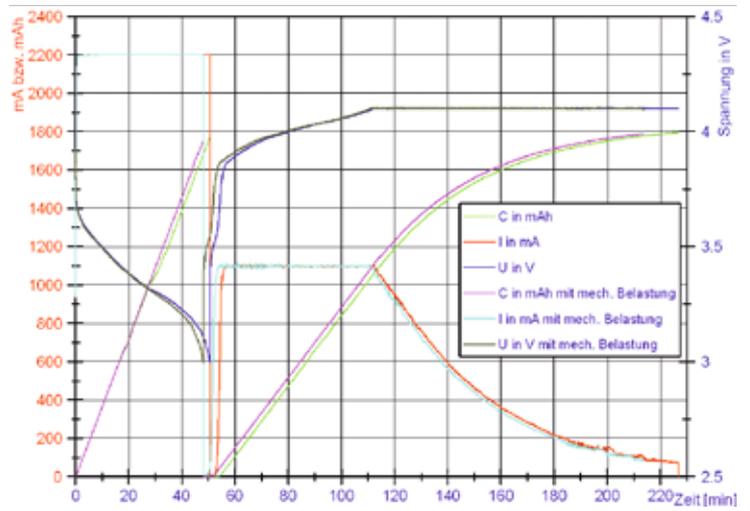


Abb. 2: Der Versuch zeigt, dass die mechanische Belastung auf einen kurzzeitigen Lade – Entladevorgang einer einzelnen Lithium Ionen Zelle keine Auswirkungen hat.

Telefon: +49 6151 705-392 · [thomas.pfeiffer@lbf.fraunhofer.de](mailto:thomas.pfeiffer@lbf.fraunhofer.de)

**Kundennutzen** Am Fraunhofer LBF entsteht ein Versuchstand zur Systemzuverlässigkeitsuntersuchung von Lithiumbatterien für den Einsatz in Elektrofahrzeugen. Damit sollen gesamte Akkupacks aus dem Automobilbereich einer Lebensdauerprüfung mit den elektrischen, mechanischen und thermischen Randbedingungen aus dem Fahrzeugeinsatz unterzogen werden.

**Abstract** At the Fraunhofer LBF a test environment is being developed for conducting reliability tests on energy storage systems for full electric vehicles. They can be subjected to a combined mechanical, thermal and electrical loading. In initial tests commercially available lithium batteries were discharged at maximum current and afterwards charged. Simultaneously with the electrical loading, vibrations were mechanically induced. So far, no significant changes in the electrical performance of the batteries have been found during this brief mechanical loading. In the next step the tests will be adapted to simulate the operational loads encountered in electric vehicles.



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Neue Prüfsysteme für Umwelt- und Vibrationsuntersuchungen.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Tobias Drögemüller · Telefon: +49 6151 705-462 · [tobias.droegemueller@lbf.fraunhofer.de](mailto:tobias.droegemueller@lbf.fraunhofer.de)*

Elektroniken sind aus zahlreichen mobilen Anwendungen nicht mehr wegzudenken. Sie werden z. B. als Steuergeräte im Automobilbereich oder als Sensoren in bewegten und unter erhöhten Frequenzen beanspruchten Einsatzgebieten genutzt. Die transportable Umgebung definiert besondere Anforderungen an die Elektronik. Auf die Bauteile wirken andere Lasten als im quasistatischen Bereich bis 100 Hz. Gerade die hochfrequenten Lasten sind aber häufig der Grund für Ausfälle im Bereich sensibler Elektroniken und Sensoren.

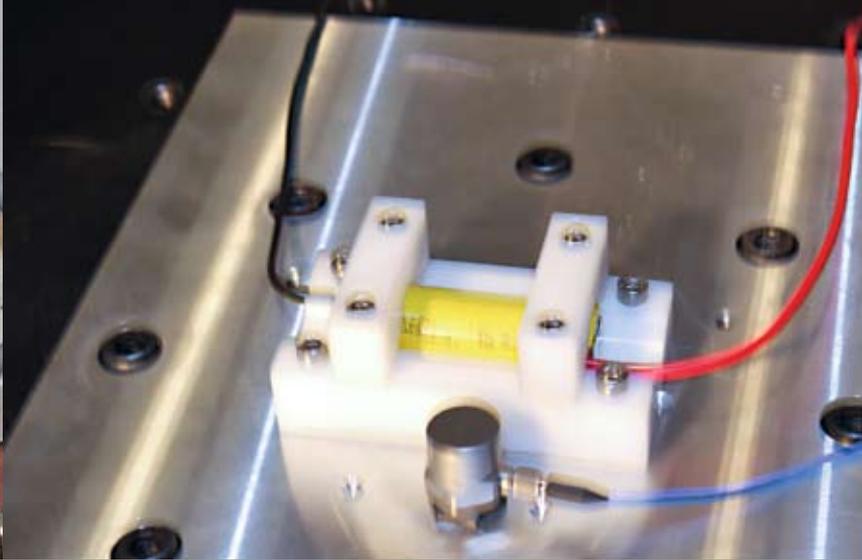
## Hochfrequente Schwingungserreger.

Mit der zunehmenden Forderung, Bauteile in Leichtbauweise auszulegen, gewinnen neben klassischen Betriebsfestigkeitsuntersuchungen Schwingprüfungen zur Ermittlung des strukturdynamischen bis -akustischen Verhaltens immer mehr an Bedeutung. Zusätzlich werden Prüfstände, Motoren und somit die Anregung bzw. die Belastungen auf dort verbaute Bauteile (insbesondere Elektronikbauteile) immer hochfrequenter aufgrund einer erhöhten Zyklen- bzw. Drehzahl der Antriebe. Des Weiteren wird die Funktionsintegration von Bauteilen immer höher. Infolgedessen werden zum Beispiel Elektronikkomponenten direkt in Antriebnähe platziert und müssen somit bei weit höheren Vibrationen und vor allem bei höheren Frequen-

zen funktionieren. Bisher konnten diese Frequenzen aufgrund nur geringer Anregung im Betrieb im Hinblick auf die Systemzuverlässigkeit zumeist vernachlässigt werden. Mittlerweile sind aber häufig genau diese Frequenzen (bis 2000 Hz) der Grund für Ausfälle von Elektronikbauteilen, da unter Umständen die Leiterplatte oder die darauf applizierten Elektronikkomponenten in ihrer Resonanzfrequenz angeregt und damit beschädigt werden oder ihre Kontaktierung zur Platine verlieren.

Da die hohen Beschleunigungen und Frequenzen mit servohydraulischen Versuchsanlagen grundsätzlich nicht realisierbar sind, wurde die Versuchstechnik im Fraunhofer LBF systematisch um elektrodynamische Schwingerreger ergänzt. Diese dienen neben Betriebsfestigkeitsuntersuchungen der fußpunkterregten Einleitung typischer Störungen zur Analyse und Entwicklung aktiver Strukturösungen, z. B. für NVH-Problestellungen.

Folgende Schwingprüfungen können unter anderem mit den im Haus verfügbaren Schwingern realisiert werden: Umwelt- und Vibrationsuntersuchungen nach DIN EN60068, DIN EN60721, DIN EN61373 und nach den UN *Recommendations on the transport of dangerous goods*.



Leiterplatinentest auf der Shakeranlage des Fraunhofer LBF.

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Thomas Pfeiffer · Telefon: +49 6151 705-392 · [thomas.pfeiffer@lbf.fraunhofer.de](mailto:thomas.pfeiffer@lbf.fraunhofer.de)

Zum Einsatz kommen dabei Schwingerreger mit einem maximal erzeugbaren Rauschkraftvektor von 18 N zur Anregung von Strukturschwingungen, transportable Schwingerreger zur Anregung größerer Bauteile oder zur Durchführung von Belastungsprüfungen bis 1,5 kN und fest installierte Schwingensysteme mit einem Rauschkraftvektor von ca. 26 kN. Die maximalen Anregungsfrequenzen beginnen bei 2 kHz bis zu 15 kHz, indirekt proportional zur Krafterzeugung. Die Systeme ab 100 N verfügen über einen automatischen Lastenausgleich, der es im Vertikalbetrieb ermöglicht, beim größten Shakersystem eine Gesamtmasse von 500 kg Auflast auszugleichen. Derartige Schwingprüfungen wurden an Leiterplatten, Sonderaktoren, Sensorkomponenten, Li-Ion-Akkus, 19-Zoll Messtechnik-Baugruppenträgern, u. a. m. durchgeführt. Ebenso wurden rein mechanische Lasten an kompletten Bremssystemen für Lkw-Achsen und Turboladern durchgeführt.

**Kundennutzen** Den Kunden konnten mit den Prüfungen potenzielle Versagensstellen aufgezeigt werden. Diese konnten vor der Fertigung oder vor dem Einsatz beseitigt werden.

---

**Abstract** The testing equipment available at the Fraunhofer LBF has been systematically expanded with the addition of electrodynamic vibration generators, so that testing frequencies of up to 2.000 Hz and more can be generated. The fatigue tests that can be conducted with the vibration generators at the institute include environmental and vibration tests to DIN EN60068, DIN EN60721 and DIN EN61373 and in accordance with the UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods.

Vibration generators with a maximum generatable noise power vector of 26 kN are used. The maximum excitation frequencies range from 2 kHz to 15 kHz are indirectly proportional to the force generated. The systems upwards of 100 N incorporate automatic load equalization which in vertical operation makes it possible to equalize a total mass of 500 kg as load on the biggest shaker system.

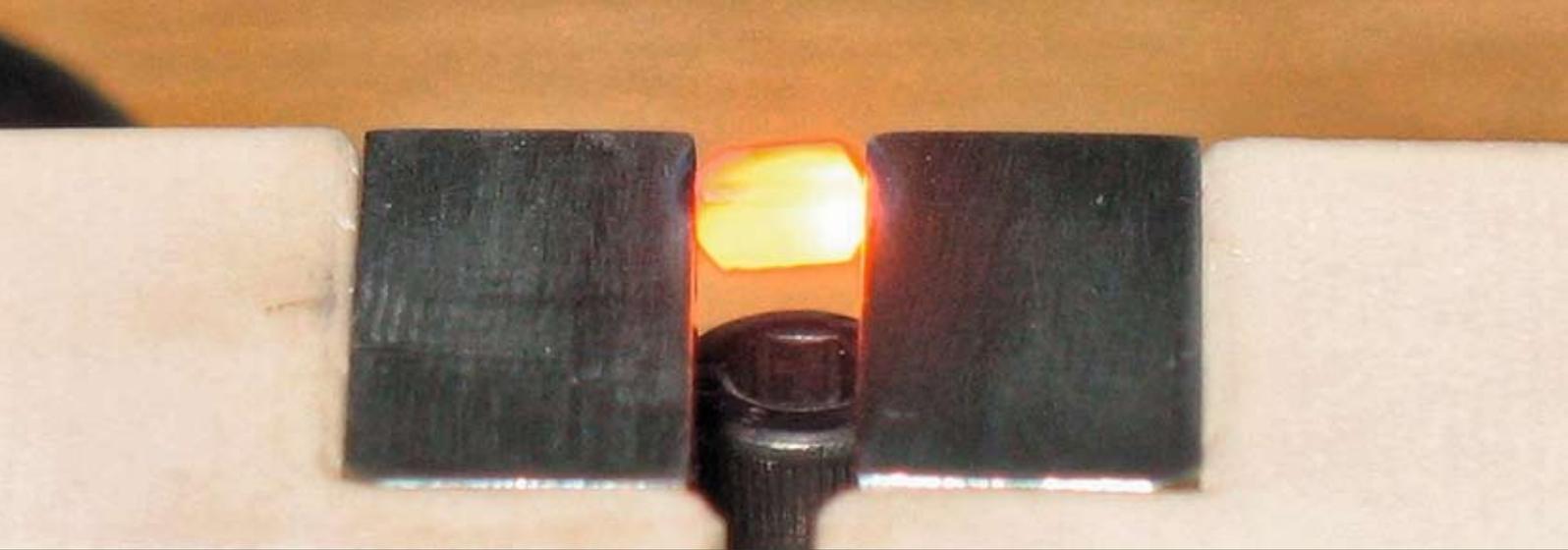


Abb. 1: SiOC Keramik, aufgrund von Füllstoffen elektrisch leitfähig, wird durch elektrischen Strom auf 1200°C erhitzt.

## UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Neuartige piezoresistive Drucksensoren.

*Ansprechpartner: Dr. Jürgen Nuffer · Telefon: +49 6151 705-281 · [juergen.nuffer@lbf.fraunhofer.de](mailto:juergen.nuffer@lbf.fraunhofer.de)*

In Anwendungen, in denen unter komplexen Umgebungsbedingungen Drücke gemessen werden müssen, sind Drucksensoren mit entsprechenden Eigenschaften erforderlich. Beispiele sind adaptronische Hochtemperatur-Anwendungen wie Turbinenschaufeln oder Glühkerzen mit integrierter Drucksensorik in der Automobiltechnik. Ziel des Projektes ist eine Erforschung der Möglichkeit, hier bereits bewährte Strukturkeramiken direkt auch als Sensoren zu nutzen.

### Neue Anwendungsfelder für SiOC-Keramiken.

Die hier vorgestellten Ergebnisse entstanden in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt innerhalb des Schwerpunktprogramms 1181 „Nanomat“ in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet „Disperse Feststoffe“ des Fachbereichs Materialwissenschaft der TU Darmstadt, dem Fachgebiet SzM der TU Darmstadt und dem Fraunhofer LBF. Gegenstand der Untersuchungen sind SiOC-Keramiken, die vom Projektpartner mit dem übergeordneten Ziel hergestellt wurden, die Struktur-Eigenschaftsbeziehung dieser Keramiken durch Variation der Herstellungsparameter zu erforschen. Zum Nachweis und zur Quantifizierung der Piezoresistivität wurden kleine Proben (ca. 5x5x5 mm<sup>3</sup>) mit einem am Fraunhofer LBF entwickelten Prüfstand mit mechanischem Druck

zyklisch belastet, Abb. 2. Simultan dazu wurde der Ohmsche Widerstand der Proben gemessen, Abb. 3. Es zeigt sich, dass die SiOC-Keramiken einen deutlich ausgeprägten piezoelektrischen Effekt mit hoher Dehnungsempfindlichkeit aufweisen. Diese grundlegende Feststellung ist die Basis für die Annahme, dass diese Keramiken künftig neue Anwendungsfelder im Hochtemperaturbereich erschließen werden.

Flankierend wurden erste Untersuchungen zu zuverlässigkeitsrelevanten Eigenschaften durchgeführt. Von besonderem Interesse sind die Hochtemperaturbeständigkeit und die mechanische Festigkeit. Für die Hochtemperaturbeständigkeit wurde ein Prüfstand aufgebaut, der die Proben mittels elektrischen Stroms beheizt und somit in der Lage ist, auch schnelle Temperaturwechsel bis auf 1200°C zu realisieren (Abb. 1).

Für die Bestimmung der mechanischen Festigkeit ist in Kooperation mit der ISYS GmbH, einer Ausgründung des Fraunhofer LBF, eine an die geringe Größe der Proben angepasste 4-Punkt-Biege-Prüfmaschine entwickelt und aufgebaut worden (Abb. 4). Durch die Verwendung von Piezoaktoren und einer mechanischen Vorspannungseinrichtung ließen sich die Versuche einfacher durchführen als mit vorhandenen Prüfmaschinen. Dies gewährleistete eine gute Reproduzierbarkeit der Prüfungen.

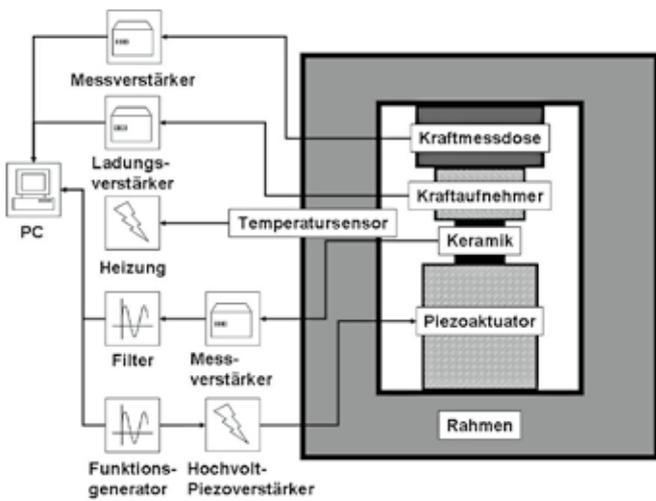


Abb. 2: Schematische Darstellung des Prüfaufbaus zur Messung des piezoresistiven Effekts.

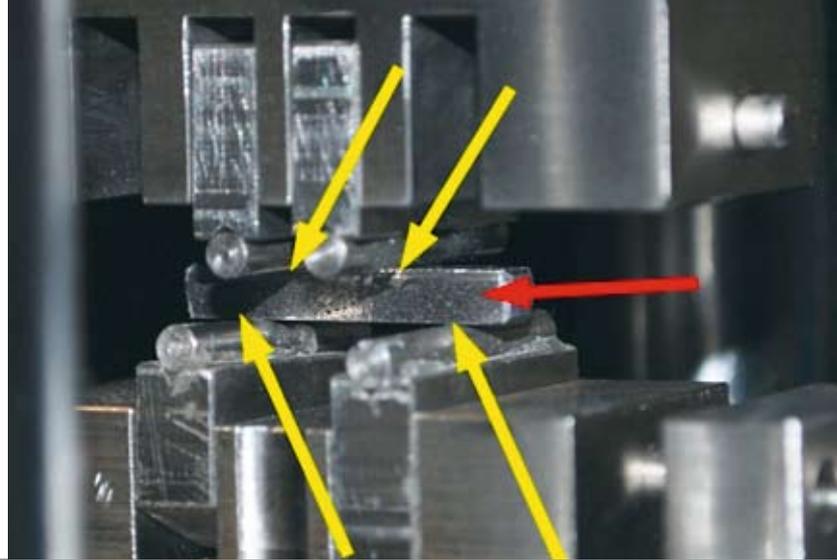


Abb. 4: 4-Punkt-Biege-Versuchseinspannung (Auflagerpunkte gelbe Pfeile) für kleinste Proben. Zur Darstellung ist eine 4 mm x 4 mm x 20 mm Stahlprobe eingespannt (roter Pfeil). (Quelle: ISYS Adaptive Solutions GmbH).

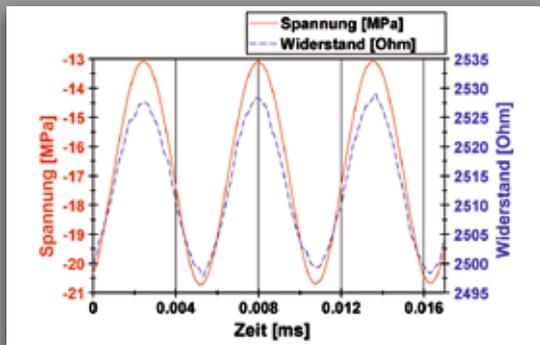


Abb. 3: Nachweis des piezoresistiven Effekts als Änderung des elektrischen Widerstandes mit der Druckänderung.

Aufgrund der gelungenen Prüfversuche und des erwarteten Potentials wird die Prüfumgebung hinsichtlich größerer Kräfte, Stellwege und Frequenzbereiche weiterentwickelt. Erste Ergebnisse der Festigkeitsmessungen an piezoresistiven SiOC-Proben sind in Abb. 5 dargestellt.

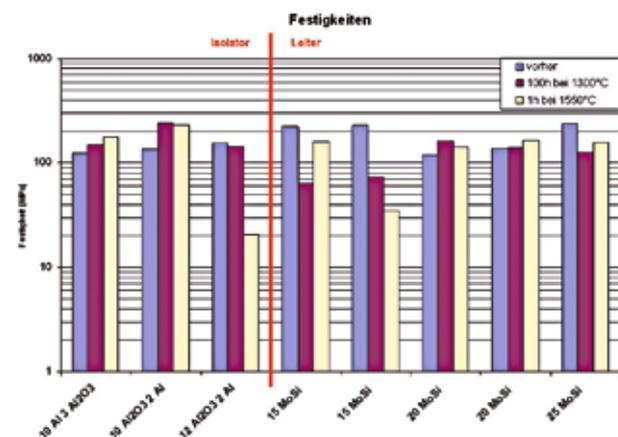


Abb. 5: Festigkeitswerte der SiOC-Keramiken, ermittelt mit der 4-Punkt-Biegeversuchseinrichtung.

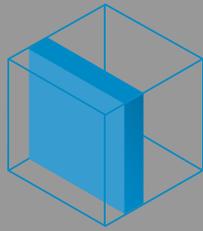
**Kundennutzen** Es wird erwartet, dass die Entdeckung der Piezoresistivität in SiOC-Keramiken viele bisher nur ange-dachte, aber nicht realisierte Anwendungsfelder erschließen wird. Durch die hier angestellten Untersuchungen besitzt das Fraunhofer LBF Know-how im Bereich der umfassenden Charakterisierung dieser Werkstoffe und Systeme hinsichtlich Funktionalität und Zuverlässigkeit. Lastenheft-Anforderungen an die Drucksensorik können jetzt mit dem erarbeiteten Equipment abgeprüft werden.

**Abstract** In this work, it was found that silicon carbide (SiOC) ceramics show a piezoresistive effect, meaning that under the influence of pressure the electrical resistance of the ceramic changes. The effect can be used for sensoric applications. In future, it will be possible to combine the other positive properties of SiOC ceramics, such as high temperature resistance and outstanding mechanical properties, with the sensoric effect, opening up completely new areas of application. The article presents first results regarding the properties and reliability of the ceramics.



DIE RICHTIGE SCHWINGUNG MACHT'S!

Wie wäre es,  
störende Struktur-  
schwingungen und  
Körperschall höchst  
materialeffizient  
zu beherrschen?



Was wäre, wenn Maschinen und Anlagen in den Werkshallen künftig auch ohne schwere Dämpfungsmassen ruhig und leise ihre Funktion erfüllten? Wie wäre es, in Ihrem Fahrzeug selbst über abenteuerliche Schlechtwegstrecken leise dahin zu gleiten? Wie, wenn Sie sich nicht mehr über Fluglärm ärgern müssten? Oder wenn Sie in S- und U-Bahn auch in normaler Lautstärke Gespräche führen könnten und trotz nahe gelegener Hauptverkehrsstraße ungestört den Sommer in Ihrem Garten genießen würden?

Im Fraunhofer LBF sorgen wir dafür, dass dies möglich wird. Wir setzen aktive Strukturtechnologien ein, um störende Schwingungen und Schallabstrahlungen effizient und umweltschonend zu reduzieren.



- > Schwingungskompensation  
für Fahrwerks- und Motorlager. 70



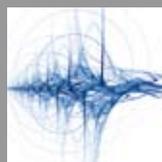
- > Adaptive Schwingungstilger  
für den Leichtbau. 72



- > Dynamische Charakterisierung  
von Elastomerbauteilen. 74



- > Identifikation des Strukturverhaltens  
am Beispiel einer Textilmaschine. 76



- > LOEWE-Zentrum AdRIA – **Adap**tronic  
**R**esearch, **I**nnovation, **A**pplication. 78



Abb. 1: Versuchsfahrzeug.

UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Schwingungskompensation für Fahrwerks- und Motorlager.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Michael Kauba · Telefon: +49 6151 705-378 · michael.kauba@lbf.fraunhofer.de*

Eine Schwingungskompensation oder -isolation ist bei allen Anwendungen von großem Interesse, bei denen Kräfte durch bewegte Massen z. B. von Motoren, eingeleitet werden oder bei denen Strukturbauteile durch Störanregungen von außen wie z. B. durch Fahrbahnebenheiten zu Schwingungen erregt werden. Hauptaspekt ist die Steigerung des Fahrkomforts in akustischer und haptischer Hinsicht, wobei dies herkömmlich durch passive Tilger oder Elastomerlager erreicht wird, welche die gesetzten Anforderungen aber nicht immer erfüllen können.

## **Verteilte aktive Schwingungskompensation.**

Eine weitere Möglichkeit ist die aktive Strukturbeeinflussung mit piezokeramischen oder elektrodynamischen Aktoren, wobei oftmals mehrere Aktoren und Sensoren benötigt werden. Diese sind dann in der Regel mit einer zentralisierten Signalverarbeitungseinheit zur Berechnung der Regelalgorithmen verbunden. Zur höheren Systemintegration kann eine verteilte Auslegung des Regelungs- oder Signalverarbeitungssystems unter Nutzung von Bussystemen von Vorteil sein, da hierdurch Aktoren, Sensoren und Signalverarbeitung zu einer Baugruppe zusammengefasst werden können (Abb. 3).

Im durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekt FIEELAS werden diese Ansätze in einem konkreten Beispiel zur aktiven Lagerung eines Hilfsrahmens im Fahrwerksbereich eines VW Passats beurteilt (Abb. 2). Im bisherigen Projektverlauf konnten mögliche Konzepte anhand numerischer Simulationen für eine aktive Schwingungskompensation untersucht werden. Eine zentralisierte Lösung wurde auf einem Rapid-Control-Prototyping (RCP) System als Referenzsystem im Laborversuch implementiert und mit einem ersten, auf eingebetteten Signalverarbeitungseinheiten (ESV) umgesetzten, verteilten Ansatz verglichen. Bei der verteilten Implementierung auf den ESV sind verschiedene Herausforderungen wie eine Synchronisierung der Abtastintervalle, ein echtzeitfähiger Datenaustausch und die geringere verfügbare Rechenleistung zu berücksichtigen.

Als Störgröße für die Laborversuche wurde eine harmonische Erregung vergleichbar einer durch einen Verbrennungsmotor eingeleiteten Störung gewählt. Die erzielte Schwingungsreduktion des verteilten Systems ist hierbei nahezu identisch mit der auf dem RCP-System erzielten Reduktion (Abb. 4). In einem nächsten Schritt werden die Verringerung des Datenaustauschs und der Rechenanforderung für die verwendeten

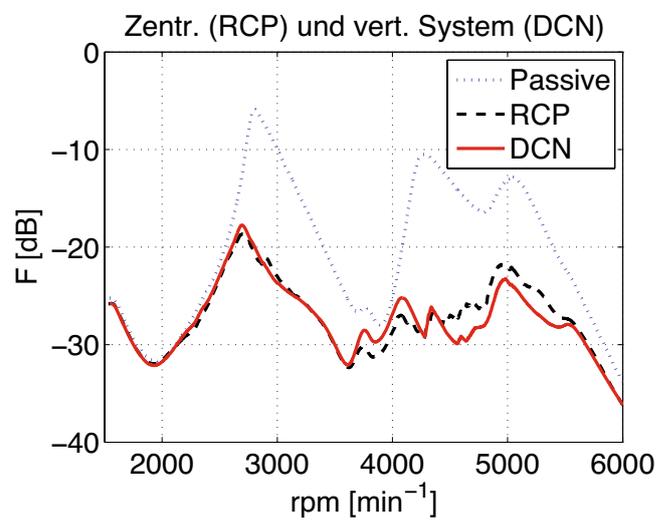


Abb. 2.: Aktiv gelagerter Hilfsrahmen.

Abb. 4.: Schwingungsreduktion durch ein zentralisiertes System (RCP) und durch ein verteiltes Reglernetzwerk (DCN).

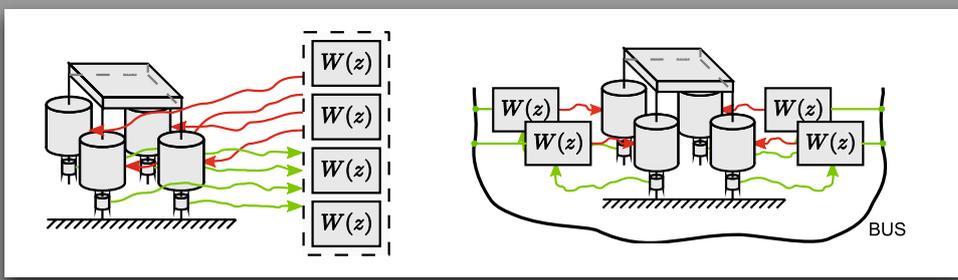


Abb. 3.: Topologien für mehrkanalige Systeme: Zentralisiertes System (links), Verteiltes System (rechts).

Algorithmen untersucht und die Kombination mit einfachen Regelgesetzen zur dezentralisierten Schwingungsdämpfung analysiert. Das Gesamtziel des Projektes ist der Test im Fahrversuch und damit die abschließende Funktionsprüfung und Bewertung der verfolgten Ansätze am Gesamtsystem.

**Kundennutzen** Die Arbeiten zielen durch die Nutzung von leicht verfügbaren Bussystemen wie CAN und preiswerten Standardprozessoren, auf Anwendungen in der Automobilindustrie, aber auch in anderen Bereichen in denen eine aktive Schwingungsreduktion notwendig ist, wie dem Schiffsbau oder dem Anlagenbau. Vorteile für den verteilten Ansatz sind ein verringerter Verkablungsaufwand, eine geringere Störanfälligkeit durch die digitale, verifizierbare Datenübertragung, eine bessere Skalierbarkeit für unterschiedliche Anwendungen und eine höhere Robustheit durch die redundante Auslegung.

**Abstract** Active methods to reduce vibrations can be used in many sectors, but the signal processing systems used often become extremely complex when several actuators and sensors are deployed. In a research project, various methods of distributed vibration compensation using standard microprocessors and bus systems are being studied. The object of the project is to implement an active mounting system on a Volkswagen Passat chassis

subframe in order to reduce rolling noises. This article presents initial results from laboratory tests on vibration compensation. In the further course of the project studies on a test vehicle are planned.



Dr.-Ing. Jens W. Meschke, Gruppenleiter, Konzernforschung Fahrzeugdynamik Akustik und Komfort, Volkswagen AG, Wolfsburg

„Mit zunehmendem Blick auf elektromotorische Antriebe werden die verbrennungsmotorischen Antriebsgeräusche an Bedeutung verlieren, wodurch der relative Anteil des Rollgeräusches am Gesamtfahrgeräusch ansteigt. Mit Hilfe aktiver Körperschallkompensation kann eine Verminderung des Rollgeräusches erzielt werden, wobei der Regelung des aktiven Systems eine besondere Bedeutung zukommt.“



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Adaptive Schwingungstilger für den Leichtbau.

*Ansprechpartner: Dr.-Ing. Roland Platz · Telefon: +49 6151 705-288 · [roland.platz@lbf.fraunhofer.de](mailto:roland.platz@lbf.fraunhofer.de)*

Im Leichtbau nimmt die Schwinganfälligkeit bei Verwendung leichter Massen zu. Schwingungskontrolle mit außen an die Struktur applizierten Feder-Masse-Dämpfersysteme (passive Tilger, aktiv geregelte adaptive Tilger und Inertialmassenaktuatoren) oder in die Struktur integrierten Lager-systemen (aktives Lager, Schwingungsisolierung) hilft störende und oft schädigende Schwingungen frühzeitig zu erkennen und zu mindern.

## Prinzip und technologische Varianten.

Die Erzeugung der zusätzlichen Resonanz durch die Applikation des passiven Tilgers birgt ein gewisses Risiko. Bei einer Änderung der Erregerfrequenz in Richtung der Resonanz kann statt der Kompensation eine verstärkte Schwingung auftreten. Durch die Erhöhung der Tilgermasse kann dieser Effekt zwar gemildert, aber nicht behoben werden. Dies motiviert die Verwendung von Tilgern, deren Resonanzfrequenz im Betrieb möglichst automatisch der Erregerfrequenz folgt, so dass stets eine optimale Kompensation gegeben ist. Um die Resonanzfrequenz eines Feder-Masse-Systems zu verstellen, wird meist die Veränderung der Federsteifigkeit bevorzugt. Eine Veränderung der Masse ist zwar theoretisch auch möglich, ist aber recht aufwändig und wird daher nur bei sehr großen Tilgersystemen für Schiffe oder Bauwerke angewandt.

Anhand von Abb. 1 sollen einige grundsätzliche Möglichkeiten vorgestellt werden, die Resonanzfrequenz eines Tilgersystems zu adaptieren. Das stark vereinfachte Beispiel zeigt als eine Lösungsmöglichkeit einen Biegeschwinger als Tilger auf einem elastisch gelagerten Fundament, das durch eine beliebige Kraftanregung zu Schwingungen angeregt wird. Zwei Massen am Ende der Biegeschwinger lassen sich verschieben. Durch die Verschiebung der Massen ändern sich die Steifigkeit und damit die Resonanzfrequenz des Tilgers.

Die zweite Lösungsmöglichkeit beruht auf der Erzeugung einer Vorspannung im Material der Biegefeder, welche sich ebenfalls auf die Steifigkeit auswirkt, ähnlich wie dies beim Stimmen eines Saiteninstruments passiert.

Als letzte Methode soll hier noch die Einleitung von Wechselkräften (d. h. Kräfte, deren Frequenz mit der der Schwingung übereinstimmen) genannt werden. Durch eine Rückkopplung von Schwingungsgrößen wie der Beschleunigung oder der Auslenkung lassen sich Kräfte generieren, die proportional zu den Feder- oder Massekräften des Schwingers sind. Dadurch kann dessen Resonanzfrequenz ebenfalls eingestellt werden.

Zwei Ausführungsbeispiele für eine Justierung der Steifigkeit durch Geometrieänderungen mit einem Motor sind in Abb. 2

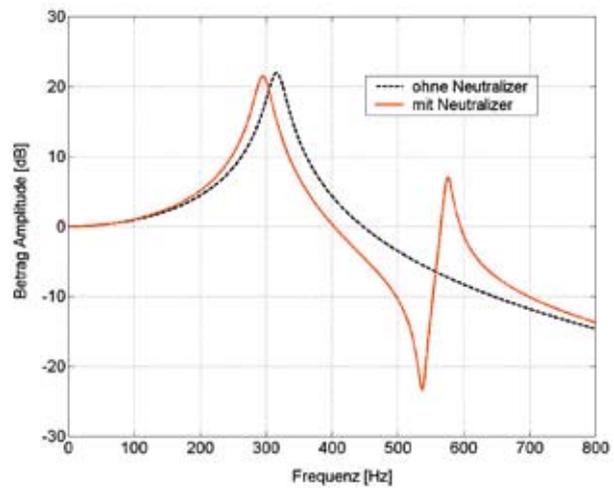
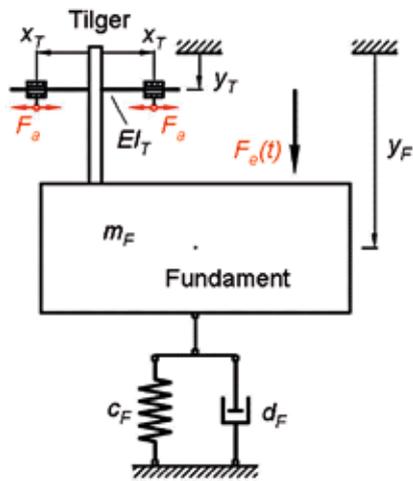


Abb. 1: Tilger an einem einfachen Einmassenschwinger (links) und die Schwingungsantwort des Fundaments aufgrund Kräfteerregung (rechts).

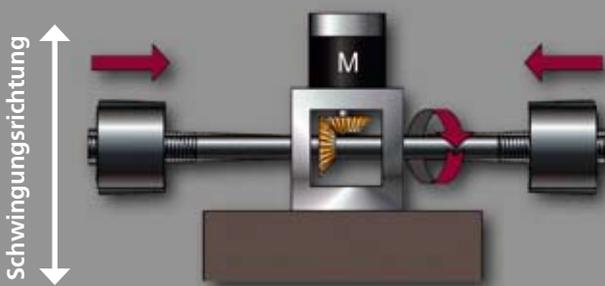


Abb. 2: Anpassung der Steifigkeit durch stufenlose Längenänderung (rot) der Tilgerfeder mittels Motor und Getriebeübersetzung.

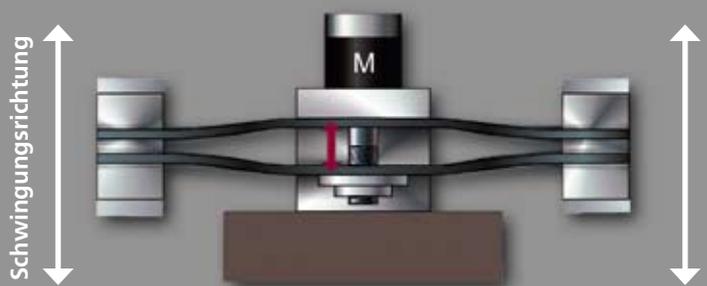


Abb. 3: Änderung des Winkels der beiden Tilgerfedern zueinander (rot) und damit Anpassung der Steifigkeit.

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Dirk Mayer · Telefon: +49 6151 705-261 · dirk.mayer@lbf.fraunhofer.de

und 3 dargestellt. Die Tilger sind für höhere Kräfte (bis 5 kN) bei einer möglichen Frequenzvariation von 80 Hz bis 100 Hz ausgelegt, lassen sich aber in ihrer Größe und in ihren Eigenschaften fast beliebig skalieren. Ihre Wirksamkeit kann so an die Schwingeneigenschaften von kleinen wie auch von sehr großen Strukturen angepasst werden. Im Projekt AdRIA (Adaptronik – Research, Innovation, Application) werden darüber hinaus die Grundlagen für Weiterentwicklungen der adaptiven Tilger mit den Mitteln der Adaptronik erarbeitet. Dies beinhaltet einerseits die Nutzung von Antrieben auf Basis von Funktionsmaterialien, aber auch die Verschaltung einer größeren Anzahl Tilger auf einer Struktur zu einem sich selbst optimierenden Netzwerk.

**Kundennutzen** Der adaptive Tilger kann bei variabler Anregung (wechselnder Drehzahl, Hochlauf von Anlagen, Belastungsänderung im Einsatz, ...) und bei veränderlichen Eigenfrequenzen (Temperaturänderungen, nichtlinearen Materialverhalten, ...) eingesetzt werden. Es können somit höhere

Drehzahlen bzw. ein ruhiger Betrieb von Maschinen erreicht werden. Adaptive Tilger eignen sich für Anwendungen in vielen Bereichen des Maschinenbaus, wie z. B. in der Fahrzeugtechnik, im Schiffsbau, in der Luftfahrt, im Anlagenbau u. v. m.

**Abstract** Tuned vibration absorbers are a well-known means of suppressing troublesome vibrations on machinery. As they can be fitted retroactively, they represent a good solution for reducing the vibrations on already existing structures. In particular when the oscillations are periodic, which is frequently the case e.g. on plant and equipment, it has been found that it is advantageous to adjust the resonance frequency of the damper with the frequency of the exciter in order to keep the size of the damper as small as possible and still achieve a good suppression effect. At the Fraunhofer LBF such adaptive dampers are being developed by the Adaptive Systems innovation cluster for various industrial applications, while in the AdRIA (Adaptronics – Research, Innovation, Application) project, basic research is being conducted to open up new, long-term prospects for this technology.

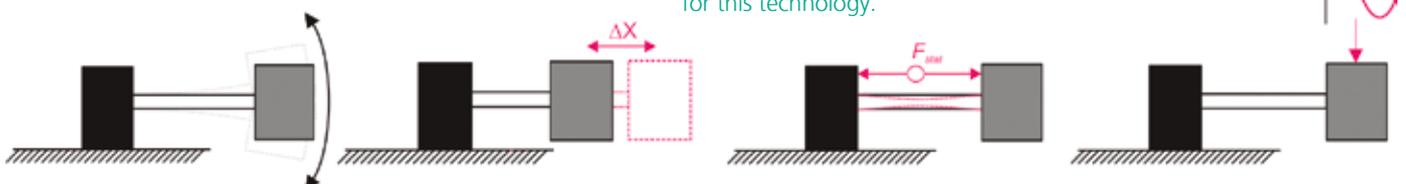


Abb. 4: Änderung des Winkels der beiden Tilgerfedern zueinander (rot) und damit Anpassung der Steifigkeit.



© Daimler

UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Dynamische Charakterisierung von Elastomerbauteilen.

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Andreas Friedmann · Telefon: +49 6151 705-493 · [andreas.friedmann@lbf.fraunhofer.de](mailto:andreas.friedmann@lbf.fraunhofer.de)

Elastomerbauteile werden heutzutage vielfältig in der Fahrzeug- und Maschinenentwicklung eingesetzt. Für die Beurteilung der Bauteileigenschaften sowie für deren Auslegung hinsichtlich der gewünschten Systemcharakteristik ist eine zuverlässige experimentelle Kennwertermittlung erforderlich. Um den Prüffrequenzbereich für die messtechnische Ermittlung der dynamischen Bauteilkennwerte im Vergleich zu üblichen, meist servohydraulischen Prüfanlagen zu erweitern, wird ein alternatives Konzept bezüglich der Prüfaktoria verfolgt.

## **Erweiterung des Prüffrequenzbereiches durch eine piezoelektrische Aktoria.**

Zur dynamischen Charakterisierung von Elastomerbauteilen, wie z. B. Motorlagern, betreibt das Fraunhofer LBF einen uniaxialen Prüfstand basierend auf piezoelektrischer Prüfaktoria. Aufgrund der prinzipbedingten Einschränkung von servohydraulischen Prüfanlagen besonders bei hohen Prüffrequenzen erfolgt die Implementierung des Prüfstands mit hochdynamisch arbeitenden Piezoaktoren. Diese Aktoren zeichnen sich besonders durch schnelle Ansprechzeiten aus, um so den realisierbaren Prüffrequenzbereich im Vergleich zu üblichen Prüfanlagen deutlich zu erweitern. Im Prüfvordergrund steht die Ermittlung der komplexen dynamischen Steifigkeit, die das vibro-akus-

tische Transferverhalten kennzeichnet und die Trägheits-, Federungs- und Dämpfungseigenschaften bei verschiedenen Frequenzen beschreibt. Auf Basis dieser Kennwerte ist es zudem möglich, die für zahlreiche Anwendergruppen von Elastomerbauteilen aussagekräftige Kraft-Weg-Hystereseschleifen für spezifische Frequenzen zu ermitteln.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit der Daimler AG entstand entsprechend den anwenderspezifischen Vorgaben des VDA sowie in Anlehnung an die neuesten DIN Normen zum Thema „Vibro-akustische Transfereigenschaften elastischer Elemente“ eine erste Variante der Prüfanlage. Der Prüfeinbau, bestehend aus einer DMS-basierten Kraftmessdose des Prüfrahmens, einem Hochlast-Interface mit drei Hochvoltpiezoaktoren und dem Elastomerlager ist in Abb.1 dargestellt. Zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit der Prüfanlage wurden die Messergebnisse in Relation zu den normativen Vorgaben gesetzt. Für die daraus resultierenden, zulässigen Prüffrequenzbereiche ergaben sich schließlich Vergleichskennwerte für die mit servohydraulischen Prüfanlagen ermittelte dynamische Steifigkeit. Als besondere Herausforderung erweist sich die Einhaltung der normativen Vorgaben sowie die Beherrschung unerwünschter Schwingungsphänomene der Prüfstandsstruktur, die besonders bei Untersuchungen in höheren Frequenzbereichen einen

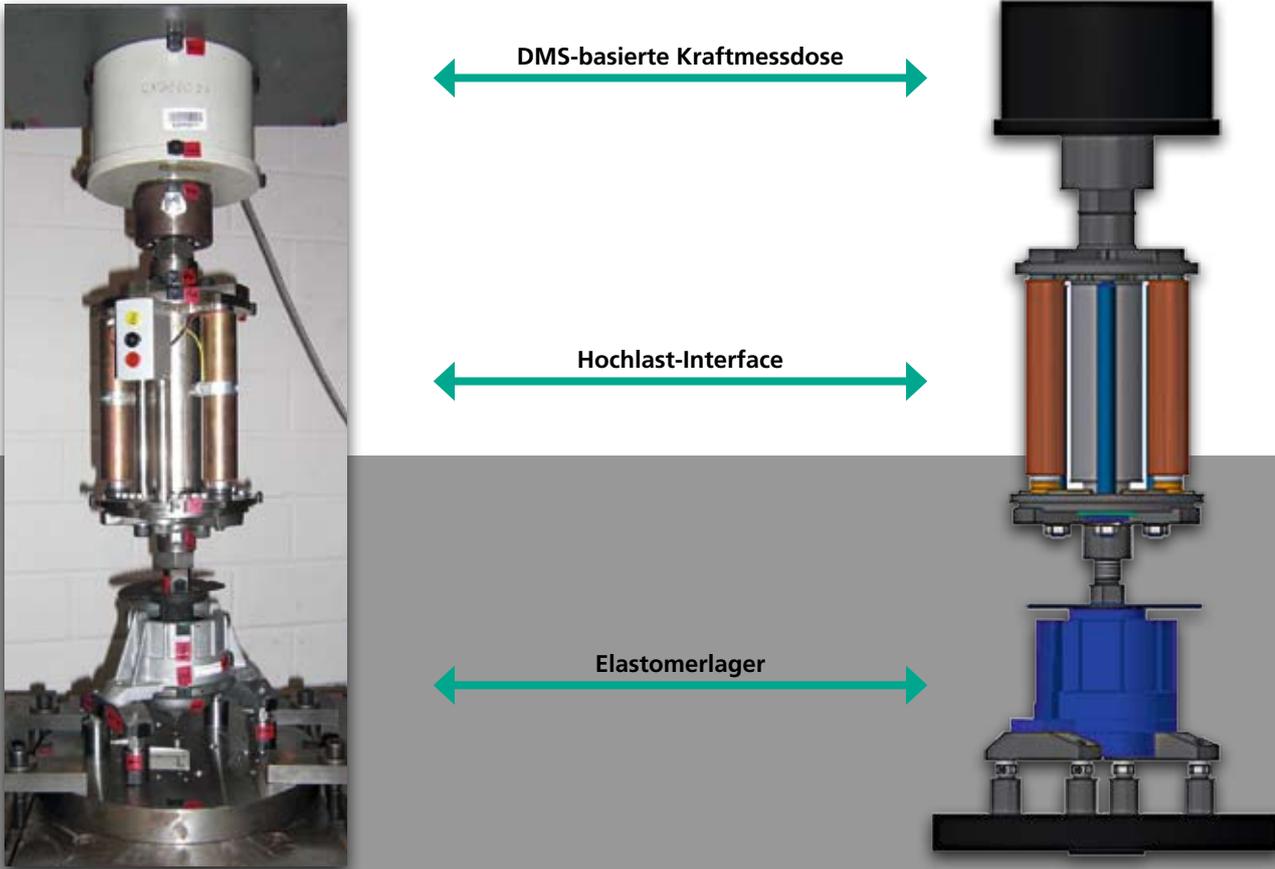


Abb. 1: Prüfeinbau und Beschreibung der Komponenten.

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Matthias Schmidt · Telefon: +49 6151 705-452 · matthias.schmidt@lbf.fraunhofer.de

Einfluss auf die Messergebnisse bewirken. Um den Einfluss dieser Schwingungsphänomene auf die Messergebnisse zu minimieren und die Leistungsfähigkeit der Prüftechnik zu verbessern, sind weitere Optimierungsschritte hinsichtlich der Prüfstandsstruktur sowie der eingesetzten Sensorik/Aktorik geplant.

**Kundennutzen** Mit der vorgestellten Technologie können Kundenwünsche bezüglich der dynamischen Charakterisierung von Elastomerlagern sehr individuell und differenziert erfüllt werden. Denkbar ist auch die Integration dieser Technologie in die für diesen Einsatzzweck bereits üblichen servohydraulischen Prüfanlagen, um durch eine solche Erweiterung deutlich höhere Prüffrequenzen auch in dieser Prüfanlage zu realisieren.

-----  
**Abstract** Elastomer components are used in numerous technical areas. For the development of these components, e.g. as engine mounts, their dynamic transfer behavior is crucially important. The complex dynamic characteristics are in most cases measured on servohydraulic testing machines, restricting the availability of high-quality measurement results in the frequency range. In cooperation with Daimler AG, Fraunhofer LBF is pursuing an alternative test stand concept for the dynamic characterization of elastomer components. The aim is to expand the possible test frequency range by using piezo-based test actuators and adapted sensors.  
 -----

„Aufgrund der Erfahrung mit dem LBF werde ich bei Bedarf jederzeit wieder mit dem Institut zusammenarbeiten und ich kann es nur weiterempfehlen.“

Dr. Harald Zeizinger, Produktionsplanung,  
 Konzepte und Technologien (PK), Produktions- und Werkstofftechnik  
 (PWT), Polymertechnik Powertrain (VWK), Daimler AG



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Identifikation des Strukturverhaltens am Beispiel einer Textilmaschine.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Torsten Bartel · Telefon: +49 6151 705-497 · torsten.bartel@lbf.fraunhofer.de*

Eine Erhöhung der Effizienz, Intensivierung der Leichtbauweise und Berücksichtigung ökologischer Anforderungen sind Prämissen bei der Konstruktion moderner mechanischer Anwendungen. Je weiter die Mechanik eines Systems diesbezüglich optimiert wird, umso genauer muss sein Strukturverhalten bekannt sein. Mit der Kenntnis des Strukturverhaltens können sowohl passive als auch aktive Konstruktionsmaßnahmen zielgerichtet umgesetzt werden.

## Die Analysemethoden EMA, OMA und ODS.

Bei der experimentellen Modalanalyse (EMA) wird die zu analysierende Struktur an einem oder mehreren Punkten angeregt. Dabei darf es zu keiner nennenswerten sekundären Anregung des Systems kommen. Das System ist also nicht im Betrieb und wird von seiner Umgebung „schwingungs isoliert“. Gemessen werden Übertragungsfunktionen von der Anregungskraft zu jeder Messpunktbeschleunigung oder -geschwindigkeit.

Große Strukturen (z. B. Brücken) sind sowohl schwer anzuregen als auch nur aufwendig schwingungstechnisch von ihrer Umgebung zu isolieren. Soll eine Struktur im Betrieb analysiert werden (z. B. Fahrzeugmotoren) so ist eine künstliche Anregung ebenfalls schwierig. Zudem findet eine innere, nur schwer bestimmbare Systemanregung statt. Für derartige

Schwingungsanalysen werden Operational-Modal-Analysen (OMA) eingesetzt. Bei ihnen werden im Betrieb vorhandene Struktur anregungen zur Modalanalyse ausgenutzt. Da somit eine Kraftmessung nur selten möglich ist, werden anstelle von Übertragungsfunktionen Kreuzleistungsspektren zu einem Referenzpunkt bestimmt.

Bei der Analyse der Betriebsschwingungen (ODS) sind die Überlagerung und die tatsächliche Ausprägung einzelner Moden im Betrieb der Maschine zu erkennen. Die Eigenfrequenzen selbst sowie die modale Dämpfung können jedoch nicht bestimmt werden.

## Einsatz und Vergleich der Analysemethoden.

Im Rahmen dieses Projekts dient eine EMA als Vergleichsgrundlage. Die auf Gummilagern stehende Maschine wird an einem Punkt in zwei Richtungen angeregt. Die Messung der Beschleunigungen erfolgt an 36 Messpunkten. Neben fünf Starrkörpermoden können auf diese Weise im Frequenzbereich bis 200 Hz sieben elastische Moden identifiziert werden.

Über eine OMA wird das Eigenverhalten der Maschine im Betrieb ermittelt und mit der EMA verglichen. Dabei werden Zeitdaten aller 36 Messpunkte bei einem Maschinenhochlauf

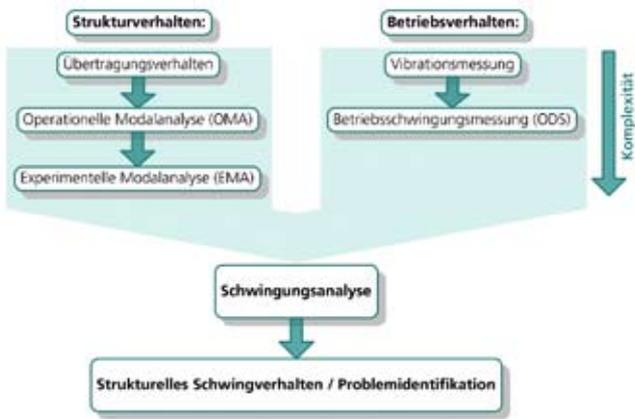


Abb. 1: Methoden zur Ermittlung des strukturellen Schwingverhaltens.

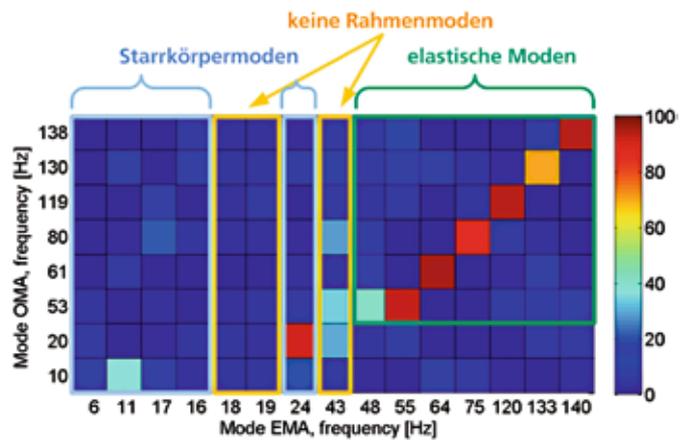


Abb. 2: MAC-Vergleich zwischen den in der OMA und der EMA ermittelten Eigenvektoren.

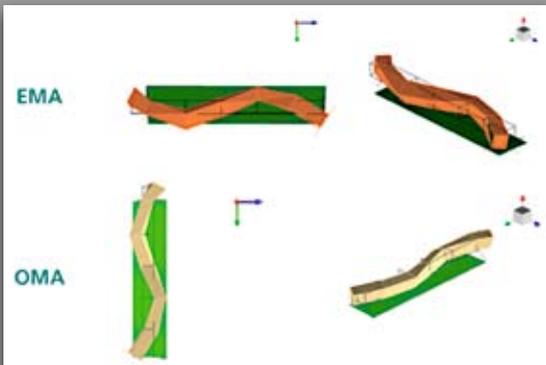


Abb. 3: Zweite Rahmenbiegemode bei 133 Hz.

	Komplexität der Durchführung	Aussage über Starrkörpermoden	Aussage über elastische Moden	Aussage über Betriebs-schwingungen
EMA	--	++	++	O
OMA	O	-	++	O
ODS	+	O	O	++

von 0 bis 2.500 Upm (ca. 42 Hz) über 100 s aufgezeichnet. Aus den ermittelten Zeitdaten werden die Kreuz- bzw. Autoleistungsspektren berechnet. Aus diesen werden die Eigenfrequenzen, die modalen Dämpfungsgrade und die Eigenvektoren der identifizierten Moden bestimmt.

Auf Basis des „modal assurance criterion“ (MAC) können Schwingformen miteinander verglichen werden. Die MAC-Analyse zwischen EMA und OMA ergibt eine eindeutige Zuordnung aller relevanten elastischen Moden zueinander (entsprechend einem MAC-Wert von nahezu 100 %) (Abb. 2). Abschließend gibt die ODS Aufschluss über die tatsächliche Ausprägung der einzelnen Moden bei einer Betriebsdrehzahl der Textilmaschine bei 2.500 Upm. In den Schwingformen sind alle elastischen Moden bis 200 Hz wiederzuerkennen. Außerdem ist, z. B. bei der zweiten Biegemode um die z-Richtung, eine stärkere Anregung des vom Motor weiter entfernten Maschinenteils zu erkennen (in Abb. 3 am linken bzw. oberen Maschinenende zu sehen).

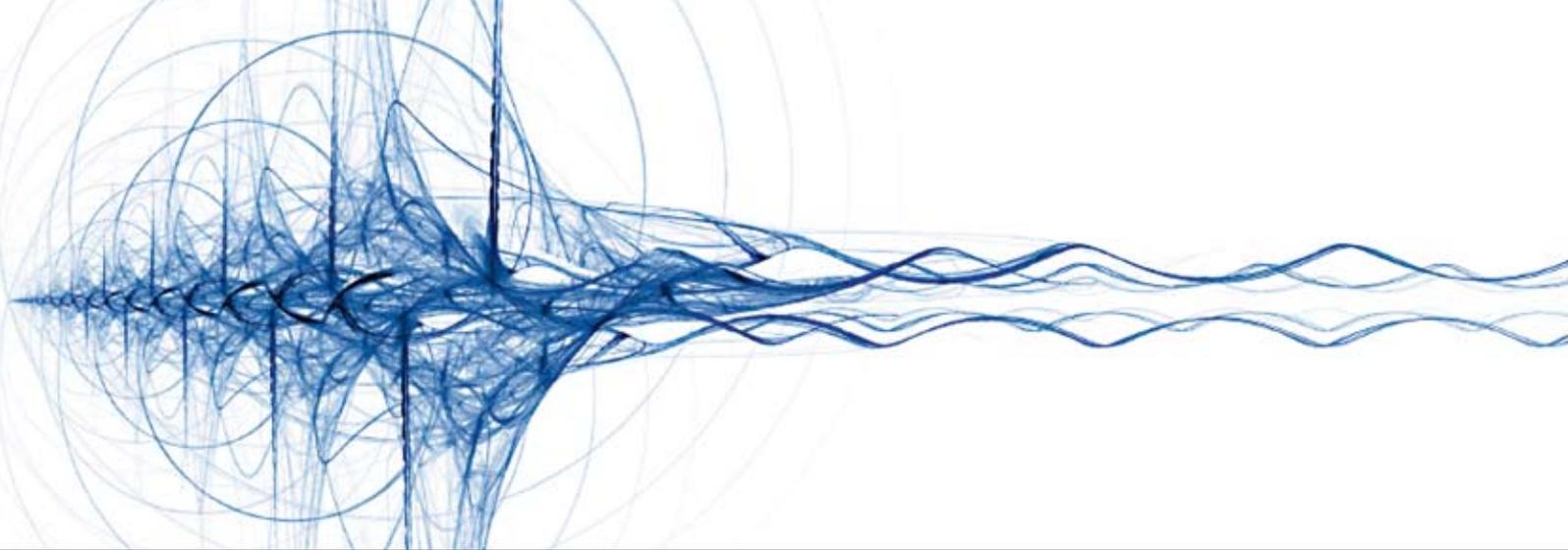
**Fazit** Soweit möglich ist zur Identifizierung des Struktur- und Betriebsfestigkeitsverhalten (von Textilmaschinen) eine EMA einer OMA vorzuziehen. Eine ODS ist häufig eine aussagekräftige Ergänzung zur Schwingungsbeurteilung.

**Kundennutzen** Mit dem vorgestellten Methodenmix können nahezu alle Kundenwünsche bezüglich Schwingungsidentifikation an Klein- und Großsystemen erfüllt werden. Die Analysemethoden können dabei als Konstruktionsgrundlage dienen oder auch zur Problemanalyse eingesetzt werden.

#### Abstract

In a collaborative project with KARL MAYER Textilmaschinenfabrik GmbH three different methods are applied to identify the structural and operational behavior of a textile machine. The focus is on the implementation and comparison of these three methods.

An experimental modal analysis (EMA) forms the basis for the tests. Then, using an operational modal analysis (OMA), it is shown that modal parameters can be determined during regular operation of the machine by means of operational excitations. An analysis of the operational vibration shapes indicates the combination of structural modes excited during operation.



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# LOEWE-Zentrum AdRIA – Adaptronic Research, Innovation, Application.

*Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein · Telefon: +49 6151 705-463 · [thilo.bein@lbf.fraunhofer.de](mailto:thilo.bein@lbf.fraunhofer.de)*

Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen müssen immer mehr Entwicklungsaufgaben übernehmen und stehen unter einem hohen Innovationsdruck. Mit dem LOEWE-Zentrum AdRIA und seiner systematischen Vernetzung in der Region ist nun ein weltweit einmaliges Zentrum für Adaptronik entstanden, von dem KMUs profitieren. Sie können nun am Know-how und den Entwicklungsstrategien führender Forschungsinstitutionen teilhaben und mit ihnen vor Ort industrielle Großprojekte in allen Adaptronik-affinen Branchen ganzheitlich und maßgeschneidert durchführen. Ein besonderer Erfolgsfaktor liegt dabei in der Entwicklung von High-Level-Produkten und dem Aufbau von Spezialkompetenzen.

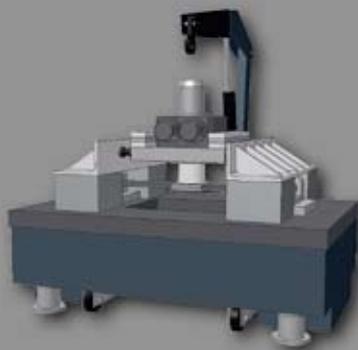
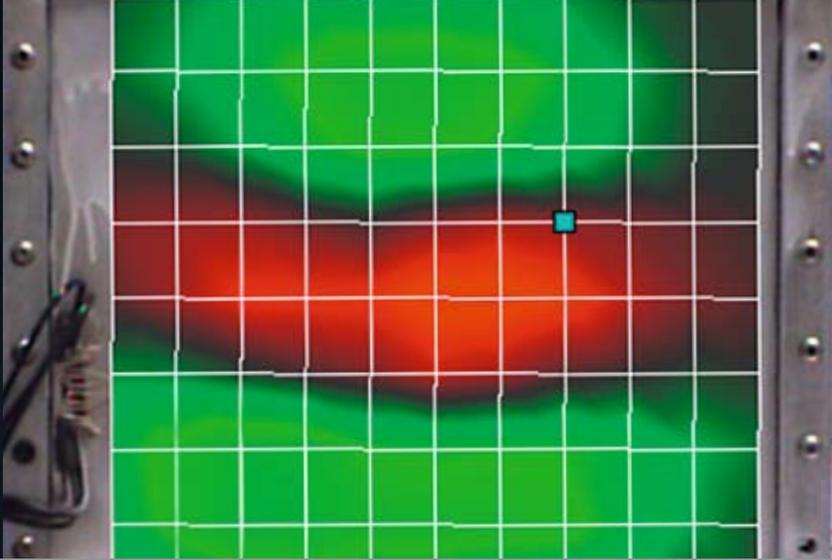
## **Forschungsziele und Leitprojekte.**

Übergeordnetes technologisches Ziel ist es, mit Hilfe der Adaptronik einen nachhaltigen, konsequenten Leichtbau technischer Strukturen zu ermöglichen, bei verbesserter Energieeffizienz über dem Lebenszyklus als auch erhöhter Funktionalität (z. B. integrierte aktive Sicherheitssysteme oder Selbstüberwachung) und gleichzeitiger Performancesteigerung (z. B. präzise, leise und schwingungsarm). Für die exemplarisch ausgewählten Leitprojekte Adaptives Auto, Leises Büro und Adaptive Tilger

werden alle notwendigen Technologien im Sinne einer Produktwertschöpfungskette soweit weiterentwickelt und technologische Innovationen geschaffen, dass prototypische adaptive Systemlösungen umgesetzt werden können.

Im Einzelnen definieren sich die Forschungsziele wie folgt:

- Bereitstellung einer effizienten Entwicklungsumgebung zur Auslegung adaptronischer Systemlösungen,
- Entwicklung neuer, auf die Anwendungsfälle angepasster Wandlerwerkstoffe,
- Neue Aktor- und Sensorkonzepte, die einen hohen Grad der Integration in adaptronische Systeme erlauben,
- Kostengünstige, kompakte und robuste Lösungen für elektronische Komponenten eines adaptiven Systems,
- Innovative Regelkonzepte für komplexe Systeme bei breitbandigen Störungen,
- Kostengünstige, flexible Fertigungsverfahren sowohl für Klein- als auch für Großserien,
- Methoden und Verfahren zur Bewertung und Überwachung der Systemzuverlässigkeit,
- Demonstration der Marktreife adaptronischer Systeme anhand ausgewählter Beispiele.



**LOEWE** – Landes-Offensive  
zur Entwicklung Wissenschaftlich-  
ökonomischer Exzellenz

## Entwicklungsumgebungen für die Leitprojekte

### Stabtragwerk (Adaptive Tilger)

Als Entwicklungsumgebung für adaptive Tilger bzw. Tilger-netzwerke wurde ein Tragwerk realisiert, welches verschiedene reale Strukturen aus dem Bauwesen, dem Maschinenbau und dem Schiff- und Flugzeugbau abstrahiert. Hierdurch wird es möglich, aus einer größeren Anzahl Bauteile später eine komplexere Struktur aufzubauen, nur wenige Teile zu nutzen, um eine weitere Vereinfachung zu erzielen und Strukturmodifikationen und Anbauten (Tilger) vorzunehmen.

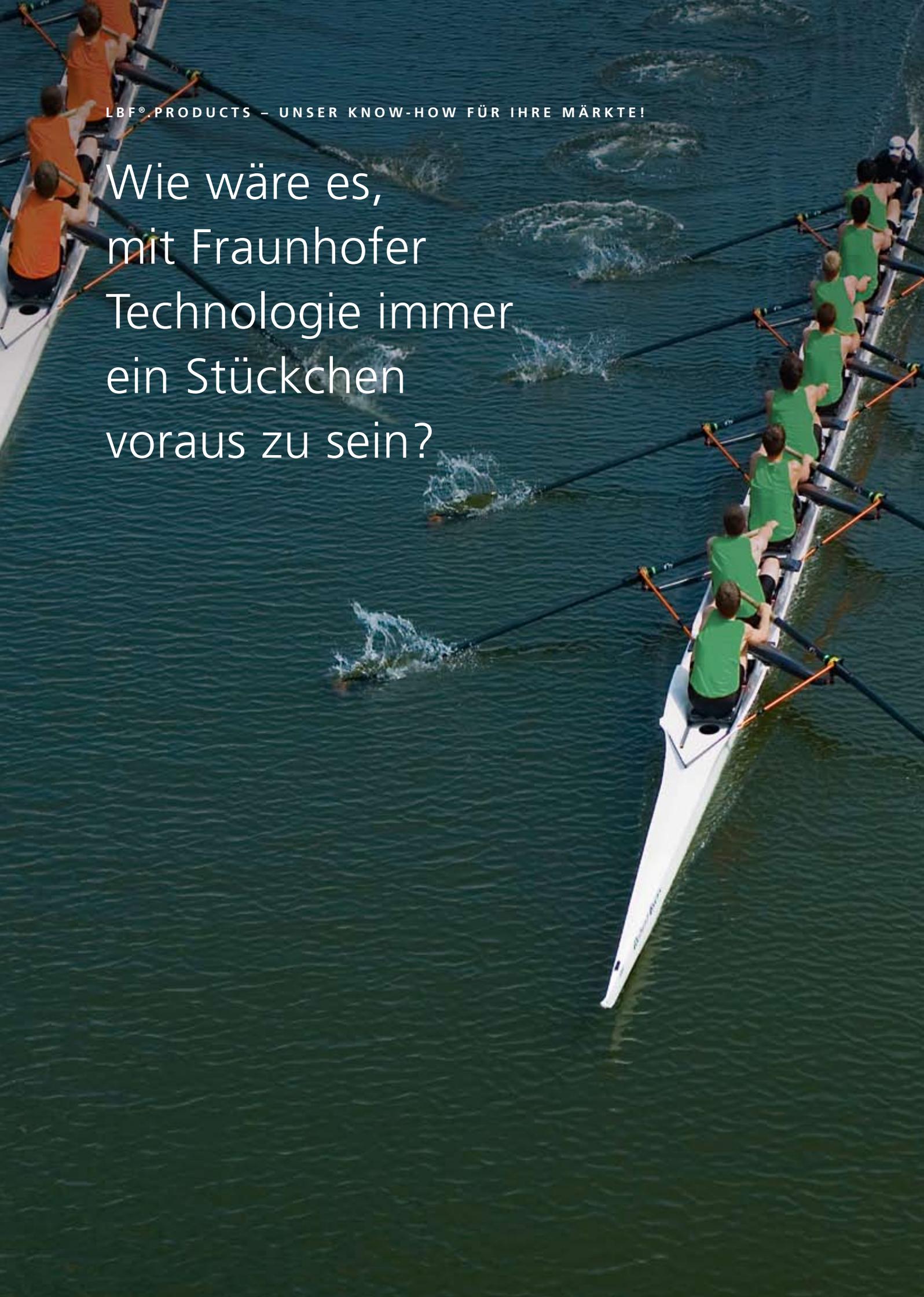
### Akustik-Aquarium (Leises Büro)

Als Demonstrationsstruktur für die Betrachtung flächiger Strukturen wurde ein „Akustik-Aquarium“ gewählt. Hierbei handelt es sich um einen geschlossenen hohlen Kasten mit steifen, schallharten Seiten- und Bodenplatten, dessen obere (Deck-)Platte von einer relativ dünnen, schwingfähigen Platte gebildet wird. Diese obere Platte ist in einem speziell konstruierten Spannrahmen befestigt, so dass sie gegen andere Platten aus anderen Materialien (Stahl, Aluminium, Glas, faserverstärkter Kunststoff, etc.) und mit anderen Geometrien (Doppelglasfenster, Sandwichplatte, gewölbte Platten o. ä.) ausgetauscht werden kann.

### Motorlager (Adaptives Auto)

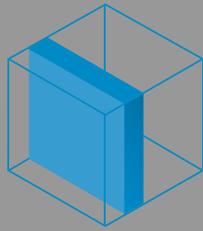
Der Funktionsdemonstrator Motorlager besteht im Wesentlichen aus einer durch rotierende Unwuchten mono-axial ange-regten Masse, dem jeweils zu untersuchenden Motorlager und einem Biegebalken, der die resonante Anbindungsstruktur (z. B. Karosserie) nachbildet. Dieser Prüfstand dient der Erpro-bung von aktiven Lagerungen unter vereinfachten, aber den-och möglichst realistischen Bedingungen.

**Abstract** The LOEWE Center AdRIA is one of seven LOEWE centers involved in the state of Hessen's program to develop scientific and economic excellence (LOEWE). Under the guidance of the Fraunhofer LBF an internationally leading research center for adaptronics is being created, in which the complementary individual capabilities of the Fraunhofer LBF, Darmstadt University of Technology and Darmstadt University of Applied Sciences are being combined and offered to the market on a permanent basis. The combination of university basic research and Fraunhofer applied research in AdRIA enables innovative and hitherto unanswered questions in the field of adaptronics to be comprehensively addressed for the first time with the necessary depth and breadth.

An aerial view of two rowing teams on a lake. The team on the left is wearing orange tank tops, and the team on the right is wearing green tank tops. Both teams are in sleek, white racing shells, moving across the water with their oars dipping and creating splashes. The water is a deep blue-green color. The text is overlaid on the left side of the image.

LBF® PRODUCTS – UNSER KNOW-HOW FÜR IHRE MÄRKTE!

Wie wäre es,  
mit Fraunhofer  
Technologie immer  
ein Stückchen  
voraus zu sein?



Sie möchten Ihre Prüfstandsvergleichsmessungen künftig kostengünstiger und zeiteffizienter durchführen? Mit den neu entwickelten Lkw-Meßrädern des Fraunhofer LBF geht das. Und wie wäre es, wenn Sie Ihre Pkw-Räder, besonders solche für Breitreifen oder Reifen mit kleinem Querschnittsverhältnis, künftig mit deutlich verbesserter Korrelation zur realen Beanspruchung im Fahrbetrieb erproben könnten? Dazu steht die neuste Generation der Zweiaxialen-Radprüfeinrichtungen am Fraunhofer LBF bereit.

Unser Ziel ist es, für unsere Kunden wirtschaftlich viel versprechende Entwicklungsergebnisse bis zur Marktfähigkeit voran zu treiben. Für besonders bewährte Dienstleistungen arbeiten wir an der gezielten Überführung in standardisierte Verfahren oder, gemeinsam mit unseren Spin-Off-Unternehmen, an der Überführung von Prototypen in Serienprodukte bzw. von numerischen Verfahren in Software. Mit unseren Entwicklungen wollen wir Ihnen Marktvorteile verschaffen.



> Kostenoptimierte Vergleichsmessung  
für Lkw-Prüftechnologie.

82



> Realitätsnahe Prüfung  
gelenkter Pkw-Räder.

84



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Kostenoptimierte Vergleichsmessung für Lkw-Prüftechnologie.

*Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Steffen Weingärtner · Telefon: +49 6151 705-230 · [steffen.weingaertner@lbf.fraunhofer.de](mailto:steffen.weingaertner@lbf.fraunhofer.de)*

Zur Überprüfung der Simulationsgüte von Laborprüfeinrichtungen im Bereich der Lkw-ZWARP-Technologie werden nach einem bestimmten Nutzungszeitraum Vergleichsmessungen durchgeführt. Hierzu werden spezielle, mit DMS ausgerüstete Messräder eingesetzt, deren Dehnungssignale mittels eines Telemetriesystems übertragen und anschließend ausgewertet werden. Vergleichsmessung werden an mittlerweile in der gesamten Welt eingesetzten Prüfeinrichtungen durchgeführt.

## **Vereinfachte Kalibrierung der Prüfmaschinen.**

Üblicherweise wird zur Überprüfung von Prüfmaschinen eine Kalibrierung der Kraftmessaufnehmer durchgeführt, was aber die Funktion und Simulationsgüte eines komplexen Prüfsystems nicht vollständig beschreiben kann. Demgegenüber kann die Vergleichsmessung mit einem speziellen, mit DMS ausgerüsteten Messrad die Simulationsgüte des Gesamtsystems unter Berücksichtigung der Schädigungsinhalte lokaler Kontrollpunkte validieren. Für eine erweiterte Standardisierung und Vereinfachung dieses Prozesses wurde am Fraunhofer LBF ein Messradkonzept entwickelt, das die vollständige Messtechnik direkt in einer Baugruppe am Rad integriert. Hauptziel dieser

neu entwickelten Technik war es, die Datenerfassung und -speicherung in das drehende System zu integrieren. Damit kann die Messung per Knopfdruck ausgelöst werden. Hierfür wurde ein 8-kanaliger Datenlogger mit integriertem Messverstärker genutzt, der mit einer Abtastrate von 1.000 Hz und einer Auflösung von 16 Bit arbeitet. Der Datenlogger ist unabhängig von der funktechnischen Signalübertragung und arbeitet deshalb im Vergleich zu Telemetriesystemen völlig störungsfrei. Die Konfiguration der Messtechnik erfolgt am Fraunhofer LBF bevor das Messrad zum Standort der Prüfeinrichtung versendet wird. Weltweit kann der Prüfstandsbetreiber nach Erhalt der neuen Messtechnik die Vergleichsmessung nach den Vorgaben des Fraunhofer LBF kostengünstig und mit eigenem Personal durchführen. Hierfür wird ein am Institut speziell entwickeltes, diagnosefähiges Lastprogramm genutzt. Die Daten werden auf einer in den Datenlogger integrierten SD- oder MMC-Karte gespeichert, die nach Abschluss der Messung ausgelesen und an das Fraunhofer LBF versendet wird.

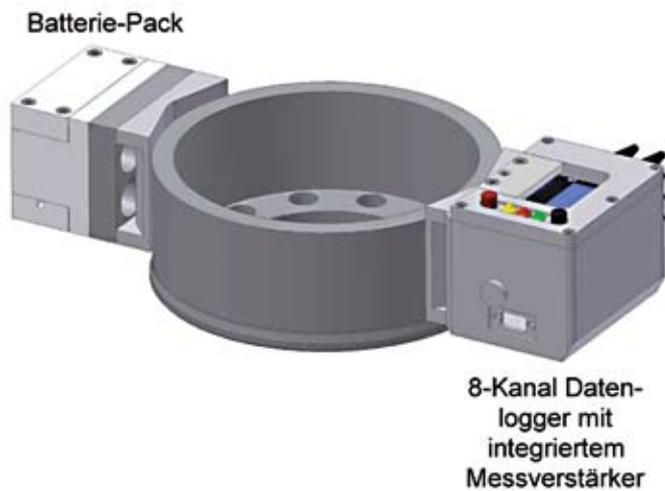


Abb. 1: 8-kanaliger Datenlogger mit integriertem Messverstärker.

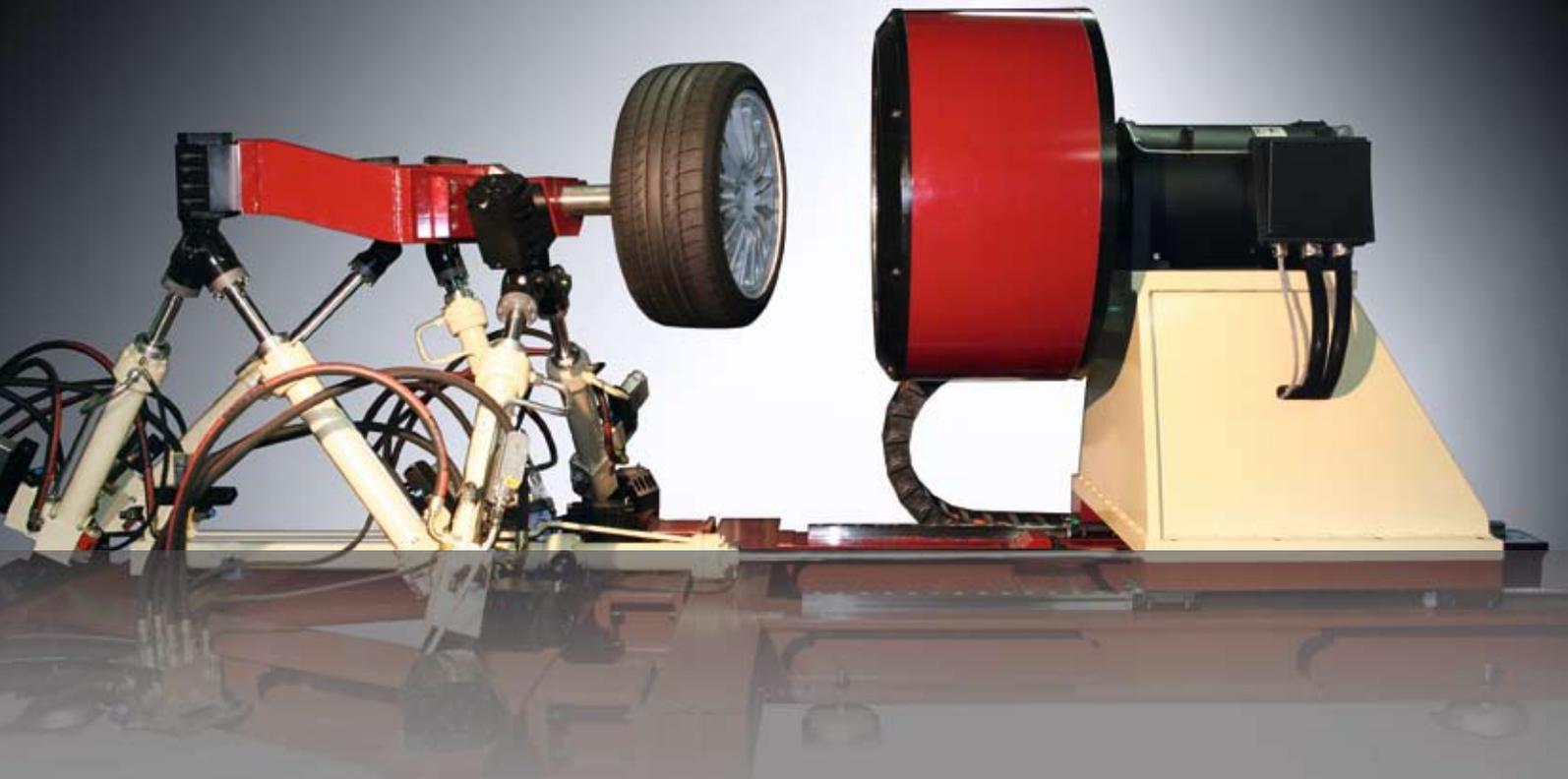


Abb. 2: Messrad zur Kalibrierung der Lkw-ZWARPs direkt beim Prüfstandbetreiber.

Die Datenanalyse erfolgt durch die Darmstädter Experten. Hierfür wird die lokale Schädigung verschiedener Messstellen am Radkörper berechnet und mit einem Zielwert verglichen. Liegt die schadensäquivalente Spannungsamplitude (RFS = required fatigue strength) für alle lokalen Messpunkte in einem Bereich von  $\pm 5\%$  zum Zielwert, so ist die ordnungsgemäße Prüfstandsfunktion bestätigt. Bei größeren Abweichungen werden weitere Messungen mit vorgeschlagenen Korrekturparametern durchgeführt. Die Akkulaufzeit des Messsystems beträgt bis zu 8 Stunden, so dass mehrere Messungen problemlos hintereinander durchgeführt werden können.

**Kundennutzen** Das neu entwickelte Lkw-Messrad mit integrierter Datenerfassung und -speicherung ermöglicht die kostengünstige und zeiteffiziente Durchführung von Prüfstandsvergleichsmessungen. Diese sind an Lkw-ZWARPs weltweit nach einem Nutzungszeitraum von 12 bis 24 Monaten vorgesehen und können zukünftig ohne Einbindung von LBF-Mitarbeitern vom Prüfstandbetreiber direkt vor Ort durchgeführt werden. Die Auswertung der Messdaten erfolgt wie bisher durch die Experten des Fraunhofer LBF und gewährleistet damit eine einheitliche Bewertung der Simulationsgüte sowie eine gleich bleibend hohe Qualität.

**Abstract** To check the precision of biaxial truck wheel/hub fatigue test machines a comparative measurement is usually conducted, which involves elaborate radio signal transmission. A newly developed measurement wheel with integrated data collection and memory card makes things much simpler as it obviates the need for radio signal transmission. As a result, the process of comparative measurement is much easier and cheaper than before. The measurement can be conducted completely autonomously by the test rig operator, who transfers the data to the Fraunhofer LBF for analysis and assessment of the test stand function.



UNSERE FORSCHUNG FÜR IHRE MÄRKTE

# Realitätsnahe Prüfung gelenkter Pkw-Räder.

*Ansprechpartner: Dipl.-Wirt.-Ing. Johan Stöcker · Telefon: +49 6151 705-664 · [johan.stoecker@lbf.fraunhofer.de](mailto:johan.stoecker@lbf.fraunhofer.de)*

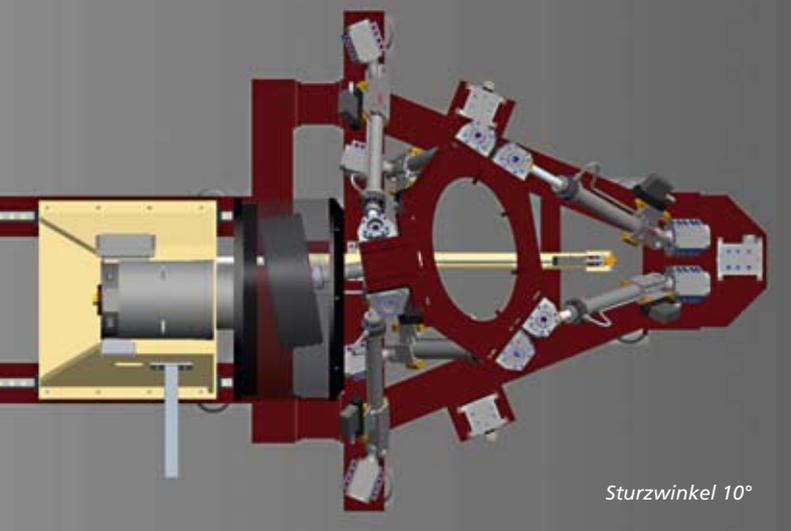
Prüfverfahren für Pkw-Räder sind eine vereinfachte Abbildung von Fahrmanövern im Straßenverkehr und berücksichtigen teilweise nicht einmal die Krafteinleitung durch den Reifen. Das am Fraunhofer LBF entwickelte ZWARP-Verfahren simuliert betriebstypische dynamische Radlastkombinationen, die gerade hinsichtlich der Kraftschlussverhältnisse am rollenden Reifen jetzt in einem neu entwickelten Prüfstand nochmals verbessert dargestellt werden können.

## Die Parallelkinematik der Prüfeinrichtung.

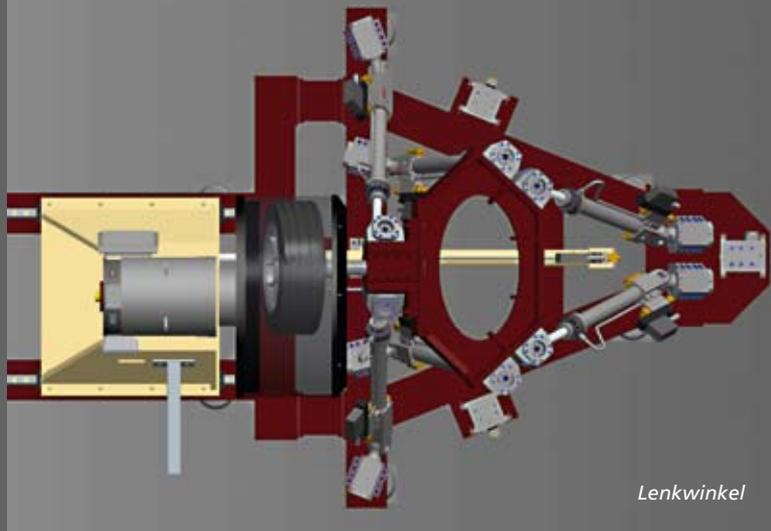
Die Vorteile einer parallelkinematischen Aktorik sind gerade für Laborprüfeinrichtungen oftmals sehr naheliegend: weg- und kraftgeregelt können innerhalb eines vergleichsweise kompakten Aufbaus die maximal sechs Bewegungsfreiheitsgrade einer Komponente angesteuert werden. Aufgrund dieser Bewegungsfähigkeit wurde die am Fraunhofer LBF neu entwickelte Laborprüfeinrichtung W/ALT mit einer Hexapoden-Belastungseinrichtung ausgeführt. Die von den ZWARP-Prüfeinrichtungen bekannte Innentrommel mit fahrbahnseitig angeordneten, seitlichen Anlaufringen wurde unverändert beibehalten. Das damit realisierte Wirkprinzip gewährleistet eine dem realen Straßenfahrbetrieb ähnliche Radquerkraft unter Nutzung eines formschlüssigen Elementes – nämlich der

seitlichen Anlaufringe – im Kontakt mit der Reifenseitenwand. Hierdurch ergeben sich vom realen Straßenfahrbetrieb abweichende Bedingungen für die Beanspruchung von Reifen und Rad, was im Hinblick auf die Gültigkeit der Erprobungsergebnisse für das Rad durch eine Sturzverstellung näherungsweise korrigiert wird. Der damit erreichte Effekt soll der sich im realen Fahrbetrieb bei höheren Reifenschräglaufwinkeln einstellenden Radseitenkraft näherungsweise entsprechen und lässt sich in den zweiaxialen Radprüfeinrichtungen aufgrund deren eingeschränkter kinematischer Radfreiheitsgrade nicht vollständig realistisch darstellen.

Die bei der neuen Prüfeinrichtung W/ALT mit Hilfe der parallelkinematischen Aktorik umgesetzten Bewegungsfreiheitsgrade erlauben erstmalig eine vollständige Simulation der Bewegungsfähigkeit rotierender Komponenten – auch die von gelenkten Rädern. Gerade die bei Kurvenfahrt wirksamen Kräfte bauen sich über den Reifenschräglaufwinkel auf und bedeuten damit einen gegenüber der Seitenwandabstützung im ZWARP grundsätzlich anderen Lastmechanismus. Gerade der anhaltende Trend zu Breitreifen und solchen mit kleinem Querschnittsverhältnis verlangt deshalb nach einer verbesserten Abbildung der tatsächlichen Verhältnisse im Reifenlatsch.



Sturzwinkel 10°



Lenkwinkel

Die für die Ansteuerung der servohydraulischen Zylinder des Hexapoden entwickelten Algorithmen ermöglichen eine Transformation der wirksamen Zylinderkräfte in ein beliebig referenziertes, z. B. durch den Radmittelpunkt beschriebenes Koordinatensystem. Damit ist die Berechnung der Radkräfte ohne zusätzliche Messeinrichtungen bzw. Sensorik allein aus dem Zusammenwirken der individuellen Zylinderpositionen möglich.

**Kundennutzen** Mit der Laborprüfeinrichtung W/ALT und der durch den Hexapoden einzigartigen Bewegungsfähigkeit lässt sich speziell die Erprobung von Pkw-Rädern für Breitreifen verbessern. Gerade die oftmals besonders relevanten Seitenkräfte aus der hochdynamischen Kurvenfahrt lassen sich durch die Berücksichtigung des Reifenschräglaufs in der Prüfeinrichtung besonders realitätsnah aufbringen. Dies verbessert die Güte der Simulation und damit die Korrelation zur Beanspruchung im Fahrbetrieb.

---

**Abstract** In the testing of car wheels, in particular on the steered front axle, the force introduced by the slip angle of the tire has up to now not been adequately taken into account. The need for an improved reflection of the actual tire/road adhesion conditions in laboratory testing is underlined in particular by the continuing trend towards wide rim tires on cars. With the new W/ALT (wheel accelerated life testing) facility and the parallel-kinematic loading unit implemented in connection with it, the steering angle can be added to the established testing process of biaxial operating load simulation (ZVARP), enabling the tire slip angle to be taken into account in the testing program.



# Ausgründungen des Fraunhofer LBF.

## ISYS Adaptive Solutions GmbH



Die ISYS Adaptive Solutions GmbH ist ein junges Spin-Off des LBF aus dem Bereich Mechatronik/Adaptronik mit Sitz in Darmstadt. Als solches ist sie mit zentralen Technologiepartnern vernetzt, hat Zugang zu aktuellsten FuE-Erkenntnissen aus dem Bereich der aktiven Strukturoptimierung und kann High-Tech-Lösungen aus einer Hand anbieten – ein besonderer Vorteil für ihre Kunden. Die ISYS unterstützt ihre Kunden durch Konstruktions- und Entwicklungsdienstleistungen im Bereich piezobasierter Aktorik und erarbeitet Lösungen in ihren Haupttätigkeitsfeldern, der aktiven Schwingungskontrolle sowie der Hochfrequenz- und Sonderprüftechnik auf Piezobasis, dies auf System- und Komponentenebene. Im Vordergrund stehen Lösungen mit kleinen bis mittleren Stückzahlen.

Sprechen Sie uns an! Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit.

**Ansprechpartner:** Dr.-Ing. Eric Zimmerman · **Telefon:** +49 6151 967 31-40 · **e.zimmerman@adaptive-solutions.de** · **www.isys-as.de**

## Software-Entwicklung und Vertrieb (S&S GmbH)



Die Stress & Strength GmbH (S&S) wurde im Mai 2000 vom Fraunhofer LBF als Spin-Off gegründet. Kerngeschäft ist die Entwicklung und Vermarktung von Spezialsoftware. Das Spin-Off befasst sich hauptsächlich mit der Überführung der im Fraunhofer LBF entwickelten numerischen Methoden in vermarktungsfähige Software und vertreibt diese selbständig. Zum anderen unterstützt die S&S mit ihrer Erfahrung in den verschiedensten Bereichen der Numerik ihre Kunden im Rahmen von kundenspezifischer Softwareentwicklung und CAE-Dienstleistungen.

Des Weiteren bietet die S&S Schulungen, Workshops und Seminare für ihre Softwareprodukte und rund um die Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit an (S&S-Academy). Als KMU wirkt die S&S gerne als Projektpartner für Förder- und Forschungsprojekte in den oben genannten Kompetenzbereichen mit. Ziel der S&S ist es, als Partner mit breit gefächelter Kompetenz die Industrie, vor allem in den Branchen Automobil-, Bahn-, Luft- und Raumfahrtindustrie, Medizintechnik, Optik und des Maschinenbaus bei Forschung und Entwicklung zu unterstützen. Die Stress & Strength GmbH ist ein weltweit agierender Partner der Industrie.

Unter anderem zählen folgende Unternehmen zu unseren Kunden:

Alcoa Wheel Products Europe Ltd (Ungarn) | Audi AG | Bayerische Motorenwerke AG | Knorr Bremse GmbH |

MAN Nutzfahrzeuge AG | Otto Fuchs Metallwerke | Trenkamp & Gehle GmbH | Volkswagen AG | Volvo (Schweden)

**Ansprechpartner:** Dipl.-Ing. Oliver Ehl · **Telefon:** +49 6151 96731 · **ehl@s-and-s.de** · **www.s-and-s.de**

## Fludicon



Das Fraunhofer LBF ist zusammen mit seinem Würzburger Schwesterinstitut, dem Fraunhofer ISC, an der Fludicon GmbH beteiligt. Die Fludicon GmbH ist 2001 als Spin-Off der Schenck AG in Darmstadt gegründet worden und heute Technologieführer im Bereich der Elektrorheologie. Elektrorheologische Fluide (ERF) lassen sich in ihrer Viskosität durch Anlegen eines elektrischen Steuerfeldes verändern. Darüber können adaptive Komponenten wie z. B. verstellbare Dämpfer, Kupplungen, nicht-mechanische Ventile und Aktoren realisiert werden. Durch die Beteiligung der Forschungsinstitute am Unternehmen können Forschungsergebnisse und Markterfordernisse besser abgeglichen und Innovationen schneller realisiert werden. Fraunhofer ISC und LBF bringen dabei ihre Expertise in den Bereichen der Materialtechnologie (ISC) und aktiven, elektromechanischen Struktursystemen sowie der Strukturoptimierung (LBF) ein.

**Ansprechpartner:** Dipl.-Ing. Lucien Johnston · **Telefon** +49 6151 2798-800 · **johnston@fludicon.com**

# Die Fraunhofer-Gesellschaft.

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 59 Institute. 17.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,6 Milliarden Euro. Davon fallen 1,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Nur ein Drittel wird von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

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

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



# Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile.

## Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile bündelt die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft.

Fraunhofer-Materialwissenschaft und Werkstofftechnik umfasst die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Herstelltechnologie im industrienahen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors und Technika gleichrangig die Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt. Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe sowie Halbleitermaterialien ab.

Mit Schwerpunkt setzt der Verbund sein Know-how in den Geschäftsfeldern Energie und Umwelt, Gesundheit, Mobilität, Sicherheit, Mikroelektronik & Sensorik, Maschinen- und Anlagenbau sowie Bauen und Wohnen ein. Über maßgeschneiderte Werkstoff- und Bauteilentwicklungen sowie die Bewertung des kundenspezifischen Einsatzverhaltens werden Systeminnovationen realisiert.

### Schwerpunktt Themen des Verbundes sind:

- Erhöhung von Sicherheit und Komfort sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in den Bereichen Verkehrstechnik, Maschinen- und Anlagenbau
- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energieerzeugung, Energiewandlung und Energiespeicherung
- Verbesserung der Biokompatibilität und der Funktion von medizin- oder biotechnisch eingesetzten Materialien
- Erhöhung der Integrationsdichte und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Bauteilen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik

- Verbesserung der Nutzung von Rohstoffen und Qualitätsverbesserung der daraus hergestellten Produkte

### Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für

- Angewandte Polymerforschung IAP
  - Bauphysik IBP
  - Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
  - Chemische Technologie ICT
  - Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
  - Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI
  - Keramische Technologien und Systeme IKTS
  - Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
  - Silicatiforschung ISC
  - Solare Energiesysteme ISE
  - System- und Innovationsforschung ISI
  - Werkstoffmechanik IWM
  - Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
- sowie als ständige Gäste die Institute für:
- Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM
  - Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB.

### Verbundvorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF · Bartningstraße 47 · 64289 Darmstadt

### Stellvertretender Verbundvorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7 · 76327 Pfinztal

### Geschäftsführung:

Dr. phil. nat. Ursula Eul

Telefon: +49 6151 705-262 · Fax: +49 6151 705-214  
ursula.eul@lbf.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF · Bartningstraße 47 · 64289 Darmstadt

[www.werkstoffe-bauteile.de](http://www.werkstoffe-bauteile.de)

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

# Rhein-Main Adaptronik: Eine Partnerschaft – viele Vorteile.

Im November 2007 schlossen sich renommierte Unternehmen der Region gemeinsam mit dem Fraunhofer LBF zum Netzwerk Rhein-Main Adaptronik e.V. zusammen. Durch einen zielgerichteten Dialog, gemeinsame Projekte und den vertrauensvollen Erfahrungsaustausch bei der Implementierung adaptronischer Konzepte in der Produkt- und Systementwicklung tragen die Partner dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit der Region zu stärken. Eines der wichtigsten Anliegen des Vereins ist es, die Interaktion der Mitglieder untereinander wie auch mit internationalen Märkten von der Forschung über das Engineering bis hin zur Anwendung zu erleichtern.

Rhein-Main Adaptronik fokussiert vorrangig auf die Branchen Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Automation und Sondermaschinenbau. Der Verein bietet seinen Mitgliedern gezielte Informationen, erleichterten Zugang zu neuen Märkten in einem umfangreichen Netzwerk von Partnern aus angegliederten Branchenfeldern, Unterstützung bei der Projektgenerierung und im Projektmanagement sowie verschiedene Serviceleistungen. Es ist das erklärte Ziel, eine systemische Vernetzung des Rhein-Main Adaptronik e.V. mit dem neu entstehenden Fraunhofer-Transferzentrum für Adaptronik in Darmstadt (Ansprechpartner: Dr.-Ing. Tobias Melz, tobias.melz@lbf.fraunhofer.de, Tel. +49 6151 705-252) und mit dem regionalen Wirtschaftsumfeld zu bewirken. So wird ein nachhaltiger Beitrag zum Technologietransfer in die Region geleistet.

#### **Vorstand:**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka (Vorsitzender)  
 Dr.-Ing. Ralf-Michael Fuchs  
 Dr. phil. nat. Ursula Eul (Geschäftsführung)  
 Telefon: +49 6151 705-262  
 eul@rhein-main-adaptronik.com



*Präsentation des Vereins Rhein-Main Adaptronik auf der Hannover Messe Industrie 2009.*

#### **Mitglieder im Netzwerk sind:**

- Adam Opel GmbH
- Conti Tech Vibration Control GmbH
- Faurecia Innenraum Systeme GmbH
- FLUDICON GmbH
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Freudenberg Forschungsdienste KG
- Harmonic Drive AG
- Hochschule Darmstadt
- ISYS Adaptive Solutions GmbH
- KSB Aktiengesellschaft
- LORD Germany GmbH
- Mecatronix GmbH
- Sparkasse Darmstadt (Fördermitglied)
- Schenck Ro Tec GmbH
- Stress & Strength GmbH
- Technische Universität Darmstadt
- ts3 – the smart system solution gmbh
- TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH

# Allianzen und Netzwerke.

Mit unserem Engagement in Verbänden und marktorientierten Netzwerken innerhalb und außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft erweitern wir Ihre und unsere Möglichkeiten in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht. Die enge und interdisziplinäre Zusammenarbeit mit unseren spezialisierten Schwester-Instituten im Fraunhofer-Leistungsverbund schafft optimale Voraussetzungen für den Aufbau von Systemleistungen und verstärkt unsere Innovationskraft für die Auslegung Ihrer Produktentwicklungen. Gleichzeitig können wir mit den Industriepartnern in marktbezogenen Netzwerken über die Prozesskette hinweg neue Entwicklungen wettbewerbsfähig und höchst wirtschaftlich gestalten. Nutzen Sie unsere umfangreichen Möglichkeiten in einem Netzwerk von Experten aus Wirtschaft, Forschung und Verwaltung.

**Fraunhofer-Verbund  
Werkstoffe, Bauteile**

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

Verbundvorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

Geschäftsführung: Dr. phil. nat. U. Eul · [ursula.eul@lbf.fraunhofer.de](mailto:ursula.eul@lbf.fraunhofer.de)



**Fraunhofer-Allianz  
Adaptronik**

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

Sprecher: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka ·  
[holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de](mailto:holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de)

Geschäftsführer: Dr.-Ing. Tobias Melz · [tobias.melz@lbf.fraunhofer.de](mailto:tobias.melz@lbf.fraunhofer.de)



**Fraunhofer-Allianz Bau**

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

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein · [thilo.bein@lbf.fraunhofer.de](mailto:thilo.bein@lbf.fraunhofer.de)



**Fraunhofer-Allianz  
Hochleistungskeramik**

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

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Dr.-Ing. Ulrich May ·  
[ulrich.may@lbf.fraunhofer.de](mailto:ulrich.may@lbf.fraunhofer.de)

Geschäftsführung: Dr. phil. nat. U. Eul · [ursula.eul@lbf.fraunhofer.de](mailto:ursula.eul@lbf.fraunhofer.de)



**Fraunhofer-Allianz Leichtbau**

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

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter · [andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de](mailto:andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de)



**Fraunhofer-Allianz  
Numerische Simulation  
von Produkten und Prozessen**

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

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Dr.-Ing. Thomas Bruder ·  
Dipl.-Ing. Klaus Störzel · [thomas.bruder@lbf.fraunhofer.de](mailto:thomas.bruder@lbf.fraunhofer.de)



**Fraunhofer-Allianz Verkehr**

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

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

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka ·  
Lenkungskreis · [holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de](mailto:holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de)



**Fraunhofer-Innovationscluster  
Adaptronische Systeme, Darmstadt**

[www.fraunhofer.de/institute-einrichtungen/  
innovationscluster/adaptronische-systeme.jsp](http://www.fraunhofer.de/institute-einrichtungen/innovationscluster/adaptronische-systeme.jsp)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Dr.-Ing. Roland Platz  
[roland.platz@lbf.fraunhofer.de](mailto:roland.platz@lbf.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Innovationscluster  
Automotive Quality Saar AQS, Saarbrücken**

[www.fraunhofer.de/institute-einrichtungen/  
innovationscluster/Automotive-quality.jsp](http://www.fraunhofer.de/institute-einrichtungen/innovationscluster/Automotive-quality.jsp)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Dr.-Ing. Thomas Bruder

**Fraunhofer-Systemforschung  
Elektromobilität**

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

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka ·  
Hauptkoordinator · [holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de](mailto:holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de)



Our involvement in alliances and market-oriented networks within and outside of the Fraunhofer Gesellschaft expands your technical and economic possibilities. The close and interdisciplinary cooperation with our specialized sister institutes in the Fraunhofer performance alliance lays the optimum foundations for the setup of system performances and strengthens our innovation potential for the design of your product developments. At the same time, we can create competitive and very profitable new developments along the process chain with industry partners in market-related networks. Take advantage of our extensive possibilities in a network of experts from business, research and administration.



[www.rhein-main-adaptronik.de](http://www.rhein-main-adaptronik.de)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka ·  
Vorstandsvorsitzender · holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de  
Geschäftsführung: Dr. phil. nat. U. Eul · ursula.eul@lbf.fraunhofer.de



[www.euceman.com](http://www.euceman.com)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka,  
Vorstandsmitglied, holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de

**materials valley**

[www.materials-valley-rheinmain.de](http://www.materials-valley-rheinmain.de)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka ·  
Vorstandsvorsitzender · holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de



[www.cfk-valley.com](http://www.cfk-valley.com)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter ·  
andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de



[www.matform.tu-darmstadt.de](http://www.matform.tu-darmstadt.de)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Ing.-Dr. Holger Hanselka ·  
Vorstandssprecher · holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de



[www.ecas-europe.com](http://www.ecas-europe.com)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein  
thilo.bein@lbf.fraunhofer.de



[www.dvm-berlin.de](http://www.dvm-berlin.de)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino · c.m.sonsino@lbf.fraunhofer.de



[www.forum-elektromobilitaet.de/](http://www.forum-elektromobilitaet.de/)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka ·  
Vorstandsmitglied · holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de



[www.earpa.org](http://www.earpa.org)

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF: Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein ·  
thilo.bein@lbf.fraunhofer.de

*Der neue Ganzfahrzeugprüfstand des Fraunhofer LBF für Prüfungen vom Kleinwagen bis zum Transporter – auch für Elektroantriebe.*





# Labor und Großgeräte – die ganze Welt der Prüftechnik.

## Flexibel testen

Das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF bietet komplette Lösungen für die Entwicklung und Qualifikation innovativer Strukturen, Komponenten und Systeme. Dazu werden zunehmend experimentelle und numerische Simulation miteinander kombiniert. Mit unserem Know-how, den modularen Versuchsaufbauten sowie den vielseitigen Versuchseinrichtungen können wir auf Ihre individuellen Anforderungen flexibel und schnell reagieren. Das Fraunhofer LBF realisiert ergebnisorientiert effiziente Lösungen von höchster Qualität, die sie bei Ihrer Produktentwicklung unterstützen: Mit Sicherheit innovativ.

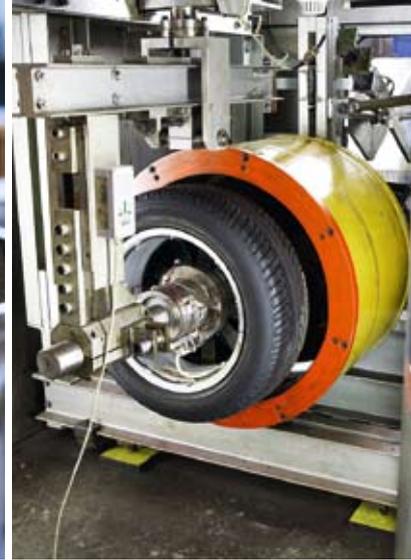
## Experimentelle Simulationstechniken

### Variable Versuchsaufbauten:

- Servohydraulische Prüfzylinder für Kräfte zwischen 5 und 2.500 kN und Torsionsmomente bis 64 kNm (>200 hydraulische Prüfzylinder, 330 Kraftsensoren, 60 Dehnungsaufnehmer)
- Diverse elektrodynamische Schwingerreger (Shaker) für Lastbereich von 20 N bis 27 kN (RKV) und einem Frequenzbereich bis 15 kHz
- Innendruckversuchseinrichtungen bis 1.000 bar
- Schwingfundament mit einer Arbeitsfläche von 10 x 6 m und einer Masse von rd. 450 t

### Stationäre Versuchsaufbauten:

- 8 Zweiaxiale Rad/Naben-Versuchsstände für Pkw, Nutz- und Sonderfahrzeuge sowie Motorräder einschließlich Bremsimulation und Antriebssimulation
- vollkinematischer Rad-Straßensimulator W/ALT (Wheel Accelerated Life Testing)
- 12-Kanal- und 8-Kanal-Achsprüfstand für Betriebsfestigkeitsuntersuchungen komplexer Systeme von Pkw- und Nutzfahrzeugachsen, flexibel einsetzbarer 8-Kanal-Prüfstand (Nutzfahrzeuge, Militärfahrzeuge, Schienenfahrzeuge)
- Prüfstand für Adaptive Strukturen im Automobil (ASF)
- Getriebeprüfstand für Komponenten im Antriebsstrang (Antriebswellen, Gelenke, Kupplungen und Kompletgetriebe), Nenn Drehmoment max. 2.000 Nm, Drehzahl max. 7.500 U/min
- Lagerprüfstand zur praxisnahen Prüfung von Pkw-Radlagern in der Originalbaugruppe
- dreiaxialer Versuchsstand zur Prüfung von Pkw-Anhängerkupplungen
- Schienenradsatzversuchsstand
- servohydraulische Säulenprüfmaschinen von 5 kN bis 2.500 kN
- Resonanzprüfmaschinen für Prüfkräfte von 20 kN bis 600 kN
- Dynamische Kleinlastprüfstände ab 1 N, Frequenzbereich bis 250 Hz
- 3 Tension-Torsion Prüfstände
- 2 Elastomerprüfstände (1- und 3-Kanal)
- Fallgewichtsanlage bis 11.000 J Energieeintrag
- Impactprüfstände von 2 bis 800 J z. B. für Leichtbaustrukturen,
- Statische Zug- und Druckprüfung mit bis zu 200 kN z. B. Compression after Impact (CAI)
- Versuchsaufbau zur 2/3-kanaligen Prüfung von Sattelkupplungen



---

### Messtechnik:

- Messdatenerfassung physikalischer Größen, Telemetrieanlagen zur Erfassung an rotierenden Systemen, Hochfrequenzanalyse
- Messdatenerfassung für Langzeituntersuchungen an Kundenfahrzeugen mit Abfrage per Modem
- Wärmebildkamera zur Untersuchung thermischer Vorgänge
- Hochgeschwindigkeitskamera
- Entwicklung von Sensorik, speziell an Messaufgaben des Kunden angepasst
- hochdynamische Sonderprüftechnik (z. B. auf Piezo-Basis)
- Schienenmessrad für multiaxiale Beanspruchungsermittlung LBF®.R-Wheelos
- Abrollprüfstand für Fahrzeugräder
- Rapid Control Prototyping Systeme als Entwicklungsumgebung für Algorithmen der Regelungstechnik und Signalverarbeitung
- 4 Pkw/Lieferwagen-Messräder RoaDyn® S650 der Firma Kistler anpassbar an verschiedene Felgenreößen und statische Radlasten
- 4 Nfz-Messräder der Firma KistlerIGel RoaDyn® S6HT mit Vertikal- und Longitudinalkraft maximal 200 kN, Seitenkraft maximal 100 kN, und entsprechende Brems-/Antriebs-, Hoch- und Längsmomente an verschiedene Fahrzeuge und Konfigurationen anpassbar

---

### Vibroakustische Analyse:

- Halbschalltote Messumgebung
- Schallpegelmesser
- Lasermesstechnik, mehr als 30 Beschleunigungsaufnehmer, Messmikrophone
- 2 Mikrophonarrays
- Impulshämmer, elektrodynamische Shaker
- Geräte zur analogen und digitalen Signalverarbeitung
- Scanning Vibrometer (berührungslose Schwinggeschwindigkeitsmessung)
- FFT-Analysatoren
- ein 40- und ein 64-kanaliges System zur Erfassung und Analyse vibroakustischer Größen
- experimentelle Modalanalyse (LMS CADA-X und LMS Test.Lab)
- stationäre und transiente akustische Holographie, auch mit gekrümmten Mikrophonarrays
- Betriebsschwingformanalyse
- Output-Only Modalanalyse

---

### Sonderversuchsstände:

- Belastungseinrichtungen zur Qualifikation multifunktionaler Materialien,
- Hochdynamische Prüfanlagen für Anwendungen bis zu 1.000 Hz (z. B. zur Prüfung von Mikrosystemen, Charakterisierung von Elastomeren, etc.)



### Materialographie:

- Licht- und Rasterelektronenmikroskopie mit EDX-Analyse, Härteprüfung nach Vickers, Brinell, Rockwell, Charakterisierung von Oberflächenprofilen

### Umweltsimulation unter zyklischer Belastung:

- Klimakammern zur Rücktrocknung; Konditionierung von Proben und Bauteilen sowie zur Simulation von Umweltbedingungen für Temperaturbereiche von -60 °C bis +350 °C
- Hochtemperaturversuchseinrichtungen bis 1.100 °C
- Einrichtungen zur Simulation von Medieneinflüssen, wie z. B. Salz, Bremsflüssigkeit, Kraftstoffe, Wasserstoff

### Fertigungsmöglichkeiten im Faserverbundlabor:

- Herstellung von Faserverbundproben im Vakuuminfusionsverfahren
- Funktionsintegration wie Sensoren, Aktuatoren usw.
- Qualitätssicherung der Faserverbundfertigung durch Veraschung

### Numerische Analyse und Lastanalyse

Gerne ergänzen wir unsere Dienstleistungen im Testbereich durch Lastanalysen und numerische Simulation im Vorfeld:

- Extrapolation von gemessenen Belastungsdaten auf die Nutzungsdauer des Bauteils
- Schädigungsneutrale Verkürzung von mehraxialen Belastungszeitfolgen – Ermittlung von Belastungsspektren, die den Kundeneinsatz abdecken (sog. „Kundenkollektive“) auf Basis von Kurz- und Langzeitmessungen
- Ableitung von Bemessungs- und Prüfanforderungen (für Prüfstandsversuch oder Teststrecke)
- Bauteilbezogene Raffung des Belastungskollektives unter Berücksichtigung der Geometrie von Bauteil bzw. Subsystem
- Optimierung/Vereinfachung von Versuchsaufbauten auf Basis von Finite-Element- und Mehrkörper-Analysen
- Auslegung und Bewertung von Bauteilen und Systemen mittels numerischer Simulationen
- Gezielte Bauteiloptimierung im Hinblick auf die Betriebsfestigkeit sowie weiterer Attribute
- Integrierte Simulation von elektronischen und mechanischen Komponenten
- Eigene Software zur betriebsfesten Vorbemessung von drehenden Komponenten
- Virtuelles Testen plus 3D-Visualisierungslösung „Cykloop“
- Berechnung dynamischer Bauteileigenschaften.

### Und ganz neu:

- 25-Kanal Ganzfahrzeugprüfstand für Pkw, Transporter, Elektro- und Hybridfahrzeuge
- Prüfung von Elektronik-Bauteilen
- Prüfung von Batterien

# Mitarbeit in Fachausschüssen

**acatech-Themenkreis  
Werkstoffe**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka,  
stv. Dr. phil. nat. Ursula Eul

**Adaptronic Congress**

Expertenrat  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka,  
Dr.-Ing. Tobias Melz

**Arbeitsgemeinschaft industrieller  
Forschungsvereinigungen  
„Otto von Guericke“ e.V. AiF**

Gutachter  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

**Arbeitskreis Luftverkehr der  
TU Darmstadt**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

**ASTM American Society for Testing  
and Materials, Philadelphia**

Committee E-08 in Fatigue  
and Fracture, Subcommittee  
EXX.04, Structural Applications,  
Subcommittee EXX.05, Cyclic  
Deformation and Crack Formation,  
Subcommittee EXX.09, Fracture of  
Advanced Materials  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino,  
Dipl.-Ing. Chalid el Dsoki

**AVIF Forschungsvereinigung der  
Arbeitsgemeinschaft der Eisen  
und Metall verarbeitenden  
Industrie e.V.**

Beiratsmitglied/Gutachter  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino

**AVK TV Arbeitsgemeinschaft  
Verstärkte Kunststoffe**

Arbeitskreis Naturfaserverstärkte  
Kunststoffe  
Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter

**Beirat des TU Darmstadt Energy  
Center e.V.**

Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein

**DECHEMA Gesellschaft für  
Chemische Technik und  
Biotechnologie e.V.**

Dr. phil. nat. Ursula Eul,  
Dipl.-Ing. Kathrin Bauer,  
Dipl.-Ing. Heinrich Leimann

**DGM Deutsche Gesellschaft  
für Materialkunde**

Arbeitskreis Ermüdung  
Dipl.-Ing. Jens Wiebesiek,  
Dipl.-Ing. Nora Exel,  
Dipl.-Ing. Steffen Schönborn,  
Dr.-Ing. Rainer Wagener

**DGM Deutsche Gesellschaft  
für Materialkunde**

Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino

**DGZfP Deutsche Gesellschaft  
für Zerstörungsfreie Prüfung**

Fachausschuss Strukturüber-  
wachung  
Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein

**Dutch Technology Foundation  
User Meeting “DWE.6461 Smart  
dynamic rotor control of large  
offshore wind turbines”**

Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein

**DVM Deutscher Verband für  
Materialforschung und -prüfung**

Zuverlässigkeit adaptronischer und  
mechatronischer Systeme  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka  
(Obmann),  
Dr. rer. nat. Jürgen Nuffer

**DVM Deutscher Verband für  
Materialforschung und -prüfung**

Obmann Betriebsfestigkeit/  
Vorstand  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino

**DVM Deutscher Verband für  
Materialforschung und -prüfung**

Arbeitskreis Fahrradsicherheit  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

**DVS Deutscher Verband für  
Schweißtechnik**

Fachausschuss 9, Konstruktion und  
Berechnung  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino,  
Dr.-Ing. Thomas Bruder,  
Dr.-Ing. Heinz Kaufmann

**DVS Deutscher Verband für  
Schweißtechnik**

Arbeitsgruppe Q1 und Q1.1  
Dr.-Ing. Thomas Bruder

**EARPA European Automotive  
Research Partners Association**

Task Force Noise  
Dr.-Ing. Joachim Bös

**EARPA European Automotive  
Research Partners Association**

Task Force Safety  
Dr.-Ing. Tobias Melz,  
Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein

**EARPA European Automotive  
Research Partners Association**

Chairman Task Force Materials  
Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein

**ECAS European Center of  
Adaptive Systems**

Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein

**ESIS European Structural  
Integrity Society**

Fatigue and Multiaxial Fatigue  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino,  
Dipl.-Ing. Jens Wiebesiek

**FAG Kugelfischer-Stiftung**

Mitglied Stiftungsrat  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

**FAT Forschungsvereinigung  
Automobiltechnik**

Arbeitskreis 25 Fügetechnik  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino,  
Dr.-Ing. Thomas Bruder,  
Dipl.-Ing. Jens Wiebesiek

**FKM Forschungskuratorium  
Maschinenbau**

Arbeitskreis Bauteilfestigkeit  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino,  
Dr.-Ing. Thomas Bruder,  
Dr. Ing. Heinz Kaufmann

**Forum Elektromobilität e.V.**

Vorstandsmitglied  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

**FVA Forschungsvereinigung  
Antriebstechnik**

Arbeitskreis Berechnung und  
Simulation, Arbeitsgruppe  
Betriebsfestigkeit  
Dr.-Ing. Heinz Kaufmann

**FVV Forschungsvereinigung**

Verbrennungskraftmaschinen PG3  
„Gestaltfestigkeit“, Arbeitskreis  
Innendruck Sphäroguss  
Dr.-Ing. Heinz Kaufmann,  
Dipl.-Ing. Steffen Schönborn



**GESA Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik**

Experimentelle Strukturanalyse  
Dipl.-Ing. Michael Matthias

**GfKORR Gesellschaft für Korrosionsschutz e. V.**

Dipl.-Ing. Heinrich Leimann

**GMA Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik**

GMA-Fachausschuss 4.16  
Unkonventionelle Aktorik der VDI/VDE  
Dr.-Ing. Tobias Melz

**GMM – Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik**

Fachausschuss 4.6 Funktionelle Grenzflächen  
Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein

**GMM – Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik**

Fachausschuss 4.1 Grundsatzfragen der Mikro-/Nanotechnologie  
Dr. phil. nat. Ursula Eul

**HDIA Heinz Dürr Innovation Award**

Mitglied der Jury  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

**International Advisory Board of the Centre of Structural Integrity**

Opole, Polen Kuratoriumsmitglied  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino

**IIW, IIS Internationales Institut für Schweißtechnik**

DVS-Delegierter in Arbeitsgruppen XIII/XV

Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino,  
Dr.-Ing. Heinz Kaufmann

**Industrieverband Massivumformung e. V.**

Dr.-Ing. Heinz Kaufmann,  
Dipl.-Ing. Nora Exel,  
Dipl.-Ing. Steffen Schönborn

**ISMA Noise and Vibration Engineering**

Conference 2008 Scientific Committee  
Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein

**JTI "Clean Sky"**

Governing Board  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

**MatWerk Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik**

Dr. phil. nat. Ursula Eul

**Magdeburger Verein für Technische Mechanik e. V.**

Editorial Board Technische Mechanik  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

**Pulvermetallurgieausschuss**

Expertenkreis „Sinterstähle“ und Expertenkreis „Sinteraluminium“  
Dr.-Ing. Klaus Lipp

**Arbeitsausschuss des Ausschusses für Pulvermetallurgie**

Dr.-Ing. Klaus Lipp

**Rhein-Main-Adaptronik Verein e. V.**

Vorstand, Geschäftsführung  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka,  
Dr. phil. nat. Ursula Eul

**SAE Society of Automotive Engineering**

Biaxial Wheel-Hub Fatigue Test Procedure Task Force, USA  
Dipl.-Ing. Rüdiger Heim

**SAE Society of Automotive Engineering**

Fatigue Design and Evaluation Committee, USA  
Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino,  
Dipl.-Ing. Chalid elDsoki

**TÜV Süd tire.wheel.tech Congress**

Programmausschuss  
Dipl.-Ing. Andreas Herbert

**VDEh Verein Deutscher Eisenhüttenleute**

Werkstoffausschuss Ausschuss für Anlagentechnik, Unterausschuss Betriebsfestigkeit und Anlagenüberwachung  
Dr.-Ing. Heinz Kaufmann

**VDEI Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure**

Dipl.-Math. Michael Kieninger

**VDG Verein Deutscher Gießereifachleute**

Fachausschuss Duktiles Gusseisen  
Dr.-Ing. Heinz Kaufmann,  
Dipl.-Ing. Heinrich Leimann

**VDG Verein Deutscher Gießereifachleute**

Fachausschuss Leichtmetallguss, Konstruieren in Guss  
Dr.-Ing. Heinz Kaufmann,  
Dipl.-Ing. Heinrich Leimann

**Wissensregion**

**FrankfurtRheinMain**

Dr. phil. nat. Ursula Eul,  
Katja Schroll,  
Anke Zeidler-Finsel

**ZfP Zerstörungsfreie Prüfung in der Luft- und Raumfahrt**

Beraterkreis  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka,  
Dr. phil. nat. Ursula Eul

# Vorträge 2009

**Wagener, R.: Zyklisches Werkstoffverhalten von Feinblechen bei konstanten und variablen Beanspruchungsamplituden.**

Werkstoffprüfung 2009. Fortschritte der Kennwertermittlung für Forschung und Praxis, Bad Neuenahr-Ahrweiler, 03. – 04.12.2009.

**el Dsoki, C.; Ochs, S.; Hanselka, H.; Kaufmann, H.: Das ANSLC Programm: Artificial Neural Strain Life Curve.**

Werkstoffprüfung 2009, Fortschritte der Kennwertermittlung für Forschung und Praxis, Bad Neuenahr-Ahrweiler, 03. – 04.12.2009.

**Lipp, K.; Wagener, R.: Zyklisches Werkstoffverhalten von Sinterstählen.**

Werkstoffprüfung 2009, Fortschritte der Kennwertermittlung für Forschung und Praxis, Bad Neuenahr-Ahrweiler, 03. – 04.12.2009.

**Sonsino, C.M.: Fatigue Assessment of Welded Joints: Notch Stress Concepts – Background and Applications.**

Fatigue Design Senlis, Senlis, Frankreich, 25. – 26.11.2009.

**Jaschek, K.: Materialcharakterisierung und betriebsfeste Auslegung am Beispiel eines SMC-Rades.**

Sitzung des AVK AK

Charakterisierung und Simulation Frankfurt, Frankfurt, 24.11.2009.

**Eul, U.: Fraunhofer – Marke – Menschen – Möglichkeiten.**

VDE BMBF MINT Symposium Berlin, 24.11.2009.  
**Bös, J.; Matthias, M.: Lärm- und Schwingungsminderung im Schiffbau durch adaptionsmechanische Lösungsansätze.** Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Berlin, 19.11.2009.

**Kurch, M.; Herold, S.: Simulation von magnetostriktiven Wandlern mit finiten Elementen.**

ANSYS Conference & 27. CADFEM Users' Meeting, Leipzig, Germany, 18. – 20.11.2009.

**Kaal, W.; Herold, S.: Simulation von Elektroaktiven Elastomeren mit Finiten Elementen.**

ANSYS Conference & 27. CADFEM Users' Meeting, Leipzig, Germany, 18. – 20.11.2009.

**Laveuve, D.; Büter, A.: Betriebsfestigkeit von verstärkten Kunststoffen.**

2. Workshop DVM-Arbeitskreis Fahrradsicherheit, Berlin, 12. – 13.11.2009.

**Herold, S.; Jungblut, T.; Kurch, M.: Ein methodischer Ansatz für die Simulation aktiver strukturdynamischer Systeme.**

NAFEMS Seminar Multi-Disciplinary Simulations Wiesbaden, 09. – 10.11.2009.

**Jöckel, M.: Introducing Alternative Vehicle Concepts – Moving to Green: E-Mobility.**

9th International Users Conference on Biaxial Wheel Fatigue Test Technology, 04. – 05.11.2009, Darmstadt, 04. – 05.11.2009.

**Melz, T.: Adaptronik. Neue Wege gehen. Best Practice. Aufbau einer neuen Technologie bei Fraunhofer.**

Fraunhofer Marketing-Tag, München, 28.10.2009.

**Herold, S.; Kaal, W.: Dielektrische Elastomere in Strukturmechanik und Vibroakustik:**

**Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten.** 16. DEGA-Workshop „physikalische Akustik“, Bad Honnef, 22.10.2009.

**Matthias, M.: Multifunktionale Materialien: Anwendungspotenziale für die aktive Lärm- und Schwingungsminderung.**

16. DEGA-Workshop „physikalische Akustik“, Bad Honnef, 22.10.2009.

**Kaufmann, H.: Einflussgrößen auf die Betriebsfestigkeit metallischer Werkstoffe.**

Materialforum Rhein-Main, Hanau, 19.10.2009.

**Laveuve, D.; Lehmann, M.; Erdmann, K.; Büter, A.: SHM – Reliability Demands (On the Multidisciplinary Challenge of Structural Health Monitoring).**

Vth Workshop „NDT in Progress“, Prag, 12. – 14.10.2009.

**Chueca, A.; Sauerzapfe, K.; Beiss, P.; Broeckmann, C.; Lipp, K.; Hofferberth, D.: Numerical Analysis of Stress Concentration Factors in Notched Specimens According to ISO 3928.**

International Congress & Exhibition EURO-PM2009, Copenhagen, Dänemark, 12. – 14.10.2009.

**Lipp, K.; Beiss, P.; Hofferberth, D.; Zafari, A.: Effect of Sharp Notches on the Fatigue Behaviour of Distalloy AE.**

International Congress & Exhibition EURO-PM2009, Copenhagen, Dänemark, 12. – 14.10.2009.

**Spatzier, J.; Berger, L.-M.; Lipp, K.: Determination of Mechanical and Fatigue Properties of HVOF-Coatings.**

International Congress & Exhibition EURO-PM2009, Copenhagen, Dänemark, 12. – 14.10.2009.



**Berg-Pollack, A.; Sonsino, C.M.; Voellmecke, F.J.: Schwingfestigkeitssteigerung von Radsternen aus Aluminiumguss durch UIT-Behandlung.** DVM Tagung Darmstadt, Darmstadt, 08. – 09.10.2010.

**Sonsino, C.M.: Ausgewählte Einflussgrößen auf die Betriebsfestigkeit.** DVM Tagung Darmstadt, Darmstadt, 08. – 09.10.2009.

**Nuffer, J.; Melz, T.; Pfeiffer, T.; Brückner, B.; Schönecker, A.: Piezoelectric composites: application and reliability in adaptronics.** International Symposium on Piezocomposite Application (ISPA), Dresden, 29.09.2009.

**Corradi, R.; Facchinetti, A.; Mazzola, L.; Lipp, K.; May, U.: A Methodology for Estimating Rolling Contact Fatigue Damage in Urban Rail Transport Systems.** 8th International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems, CM2009, Florenz, Italien, 15. – 18.09.2009.

**Störzel, K.; Baumgartner, J.; Bruder, T.: Festigkeitskonzepte für schwingbelastete geschweißte Bauteile.** SCHWEISEN & SCHNEIDEN 2009, Essen, 14.09.2009.

**Jungblut, T.; Atzrodt, H.; Drögemüller, T.; Herold, S.: Transient Simulation of a Hybrid Test Rig for Broadband Loading.** 7th EUROMECH Solid Mechanics Conference, Lisbon, Portugal, 07. – 11.09.2009.

**Bartel, T.; Herold, S.; Mayer, D.: Modelling of a Multipoint Mounted Body with 6 Degrees of Freedom.** 7th EUROMECH Solid Mechanics Conference, Lisbon, Portugal, 07. – 11. 09.2009.

**Berger, L.-M.; Lipp, K.; Thiele, S.; Spatzier, J.; May, U.; Naumann, T.: Rolling Contact Fatigue of HVOF-Sprayed WC-based Hardmetal Coatings.** 4th World Tribology Congress (WTC IV), Kyoto, Japan, 06. – 11.09.2009.

**Eul, U.: Fraunhofer – Die Marke – Die Menschen – Der Mehrwert.** Lions-Club Darmstadt, Mathildenhöhe Darmstadt, 24.08.2009.

**Kranz, B.; Sonsino, C.M.: Verification of the Notch Stress Concept for the reference Radii of  $r_{ref} = 1.00$  and  $0.05$  mm.** IIW-Working Groups XIII/XV-Meetings, Singapore, Singapore, 12. – 17.07.2009.

**Sonsino, C.M.; Bruder, T.; Baumgartner, J.: SN-Curves for Welded Thin Joints – Suggested Slopes and FAT-Values for Applying the Notch Stress Concept with Various Reference Radii.** IIW-Working Groups XIII/XV-Meetings Singapore, Singapore, 12. – 17.07.2009.

**Kauba, M.; Herold, S.; Mayer, D.: Feasibility Investigations for a Decentralized Vibration Control Concept with embedded Control Nodes using the Filtered-X-Least-Mean-Squares-Algorithm.** Smart Structures and Materials (SMART ,09), Porto, Portugal, 13. – 15.07.2009.

**Kauba, M.; Mayer, D.; Friedmann, A.: An Approach for Structural Health Monitoring with Smart Sensor Networks based on the Random Decrement Method.** Smart Structures and Materials (SMART ,09), Porto, Portugal, 13. – 15.07.2009.

**Atzrodt, H.; Mayer, D.; Melz, T.: Reduction of Bearing Vibrations with Shunt Damping.** 16th International Congress on Sound and Vibration, Krakau, Polen, 05. – 07.07.2009.

**Kurch, M.; Klein, C.; Mayer, D.: A Framework for Numerical Modeling and Simulation of Shunt Damping Technology.** 16th International Congress on Sound and Vibration, Krakau, Polen, 05. – 09.07.2009.

**Bein, T.; Bös, J.; Hanselka, H.: LOEWE-Zentrum AdRIA – A multidisciplinary research project on the advancement of active systems.** 16th International Congress on Sound and Vibration, Krakau, Polen, 05. – 09.07.2009.

**Melz, T.: Konzepte und Anwendungspotenziale aktiver Struktursysteme.** Zulieferer Innovativ 2009, Ingolstadt, 23. – 24.06.2009.

**Friedmann, A.; Mayer, D.; Kauba, M.: An Approach for Decentralized Mode Estimation Based on the Random Decrement Method.** IDEDyn 2009, Ericeira, Portugal, 22. – 24.06.2009.

**Berger, L.-M.; Lipp, K.; Spatzier, J.; May, U.; Naumann, T.: Rolling Contact Fatigue of HVOF-Sprayed Cr3C2-NiCr Hardmetal Coatings.** 2nd European Conference on Tribology, ECOTRIB 2009, Pisa, Italien, 07. – 10.06.2009.

# Vorträge 2009

**Bein, T.: Process of Knowledge Transfer – Examples from the IP InMAR.** CREATE 3: Knowledge Transfer, München, 3. – 10.06.2009.

**Berger, L.-M.; Lipp, K.; May, U.; Thiele, S.; Spatzier, J.: Rolling Contact Fatigue of HVOF-Sprayed Hardmetal Coatings.** Plansee Seminar 2009 International Conference on High Performance P/M Materials, Reutte, Österreich, 25. – 29.05.2009.

**Sonsino, C.M.; Fricke, W.; de Bruyne, F.; Hoppe, A.; Ahmadi, A.; Zhang, G.: Notch Stress Concept Variants – Application Examples for Thin and Thick Welded Steel Joints.** Eurojoin 7/GNS5, Venedig, Italien, 21. – 22.05.2009.

**Cardone, T.: Variability Study of an Active Firewall Demonstrator.** Adaptronic Congress 2009, Berlin, 19. – 20.05.2009.

**Schmidt, H.; Tölle, J.; Bruder, T.; Hanselka, H.; Hahn, O.: On-Line Damage Detection and Monitoring at Thin Sheet Joints for Deriving Failure Criteria.** 28èmes Journées de Printemps „Mesures et suivi de l'endommagement en fatigue“ der SF2M 2009, Paris, Frankreich, 13. – 14.05.2009.

**Friedmann, A.; Kauba, M.: Improving Signal Resolution within Engine Analysis.** IOMAC 2009, Porto Novo, Ancona, Italien, 05. – 06.05.2009.

**Melz, T.; Seipel, B.; Koch, T.; Zimmerman, E.; Muntean, V.: Smart Systems for Safety, Sustainability and Comfort.** AMAA Advanced Microsystems for Automotive Applications 2009, Berlin, 04. – 07.05.2009.

**Berger, L.-M.; Lipp, K.; May, U.: Influence of the Substrate Hardness on the Rolling Contact Fatigue of WC-17%Co Hardmetal Coatings.** International Thermal Spray Conference & Exhibition 2009, Las Vegas, USA, 04. – 07.05.2009.

**Bein, T.; Han, S.-O.; Hanselka, H.; Wolf, H.: Sensitivitätsbewertung adaptronischer Systeme bezüglich streuender Konstruktions- und Umgebungsparameter.** VDI-Tagung Technische Zuverlässigkeit, Leonberg, 29. – 30.04.2009.

**Eul, U.: Management des organisierten Wissens- und Technologietransfers.** „Unternehmen Wissenschaft“, Darmstadt, 29.04.2009.

**Eul, U.: Zukunftsfeld Werkstofftechnologien.** Forum Multi Material Design für Leichtbauanwendungen, Bayern Innovativ, Landshut, 24.04.2009.

**Jöckel, M.: Charakterisierung und Modellierung des dynamischen Übertragungsverhaltens von Elastomerlagern für die Lastdatenberechnung.** DVM-Tag „Elastomerbauteile“ 2009, Berlin, 22. – 24.04.2009.

**Bein, T.: Ausgesuchte Ergebnisse des IP InMAR für aktive Vibrationskontrolle.** 2. Adapttronik Workshop – vom Material zur Anwendung, Hannover Messe, 22.04.2009.

**Berg-Pollack, A.; Voellmecke, F.J.; Sonsino, C.M.: Fatigue Strength under Constant and Variable Amplitude Loading of Spokes of Cast Aluminium Wheels after Ultrasonic Impact Treatment (UIT).** Second Int. Conf. on Material and Component Performance under Variabl. Ampl. Loading, Darmstadt, 23. – 26.03.2009.

**Sonsino, C.M.; Gumnior, P.; Hanselka, H.: Cumulative Damage Behaviour of Magnesium Welded Joints under Service Loading.** Second Int. Conf. on Material and Component Performance under Variabl. Ampl. Loading, Darmstadt, 23. – 26.03.2009.

**Sonsino, C.M.: Effects on lifetime under spectrum loading.** Second Intl. Conf. on Material and Component Performance under Variabl. Ampl. Loading, Darmstadt, 23. – 26.03.2009.

**Bein, T.; Bös, J.; Hanselka, H.: LOEWE-Zentrum AdRIA – An important step towards the commercialization of adaptive systems.** NAG/DAGA 2009, Int. Conf. on Acoustics, Rotterdam, Niederlande, 23. – 26.03.2009.

**Bein, T.: Multifunctional Materials and their Application.** Forum Intelligente Werkstoffe, Stuttgart, 19.03.2009.

**Sonsino, C.M.: Gegenüberstellung und Zuverlässigkeit verschiedener lokaler Konzepte für die betriebsfeste Bemessung von geschweißten Offshore-Rohrknoten unter Seegangsbelastung und Meerwasserkorrosion.** DVS Festigkeitscluster Braunschweig, 17.03. – 18.03.2009.



**Baumgartner, J.: Schwingfestigkeitsbewertung laserstrahlgeschweißter Stahlstrukturen geringer Wanddicken aus dem Automobilbau.** DVS Festigkeitscluster, Braunschweig, 17. – 18.03.2009.

---

**Störzel, K.: Strangpressprofil- und Blechstrukturen aus Aluminiumknetlegierungen im Fahrzeugbau.** DVS Festigkeitscluster, Braunschweig, 17. – 18.03.2009.

---

**Bruder, T.; Vogt, M.: Gesamtbewertung der Clusterergebnisse.** DVS Festigkeitscluster, Braunschweig, 17. – 18.03.2009.

---

**Sonsino, C.M.; Kassner, M.; Fricke, W.: Stand von Bemessungskonzepten zur schwingfesten Auslegung von Schweißverbindungen.** DVS Festigkeitscluster Braunschweig, 17. – 18.03.2009.

---

**Sonsino, C.M.: Structural Durability Assessment of Offshore K-Nodes by Different Local Design Concepts.** Italian Group of Fatigue, Forni di Sopra, Italien, 09. – 10.03.2009.

---

**Bein, T.; Han, S.-O.; Hanselka, H.; Wolf, K.: Design and Analysis of an Adaptive Vibration Isolation System considering Large Scale Parameter Variations.** Proc. SPIE Conf. Smart Structures/NDE, San Diego, USA, 08. – 12.03.2009.

---

**Sonsino, C.M.; Kranz, B.: Verification of the Notch Stress Concept for the Reference Radii of rref; = 1.00 and 0.05 mm.** IIW-Interim Meeting, Darmstadt, 05. – 06.03.2009.

---

**Bein, T.: Active Noise Control of an Oil Pan.** Advanced Course RTN Smart Structures, Brüssel, Belgien, 03. – 05.03.2009.

---

**Bein, T.: Structure Health Monitoring of Aircraft Components.** Advanced Course RTN Smart Structures, Brüssel, Belgien, 03. – 05.03.2009

---

**Eul, U.: Wissenschaft begegnet Kunst – Kunst begegnet Wissenschaft.** Ortstermin der CDU-Frauenunion im Fraunhofer-LBF, Darmstadt, 22.01.2009.

---

**Bein, T.: Schallschutz mit neuen Materialien und Verfahren.** Rotary Club Mainz 50° Nord, Mainz, 21.01.2009.

# Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Atzrodt, Heiko; Mayer, Dirk; Melz, Tobias: **Reduction of Bearing Vibrations with Shunt Damping.** In: Proceedings of the 16th International Congress of Sound and Vibration ICSV (2009).

Bäcker, Manfred; Möller, Riccardo; Kienert, M.; Bayram, B.; Ozkaynak, M.: **Component Load Determination for a CAE-Based Fatigue Life Prediction of a New Bus Type.** In: MP Materials Testing 51 (2009), 5, S. 309–316.

Bartel, Thorsten; Herold, Sven; Mayer, Dirk: **Modeling of a Multipoint Mounted Body with 6 Degrees of Freedom.** In: 7th EUROMECH Solid Mechanics Conference ESMC (2009).

Baumgartner, Jörg; Störzel, Klaus; Bruder, Thomas: **Fatigue assessment of seam welded thin sheet metals under variable amplitude loading using local stress approach.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 1241–1251.

Bein, Thilo: **Intelligente Materialsysteme für die aktive Schallreduktion.** In: Privatbahn (2009), 4, S. 12–13.

Bein, Thilo; Hanselka, Holger: **Sensitivitätsbewertung adaptiver Systemer bezüglich streuender Konstruktions- und Umgebungsparameter.**

In: Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung, Technische Zuverlässigkeit 2009, Entwicklung und Betrieb zuverlässiger Produkte (2009).

Bein, Thilo; Hanselka, Holger; Schäfer, M.; Lambie, B.: **Struktur und Strömung im Wechselspiel.** In: TUD Thema Forschung (2009), 2, S. 68–71.

Bös, Joachim: **Dem Lärm auf der Spur: Untersuchungen zur Lärmmentstehung an Fleischverarbeitungsanlagen.** In: Fleischwirtschaft 89 (2009), 3, S. 38–42.

Bös, Joachim: **Tracking Down Noise: Studies on noise development mechanisms and its levels in meat processing plants and machinery.** In: Fleischwirtschaft International (2009), 6, S. 32–34.

Bös, Joachim; Bein, Thilo; Hanselka, Holger: **LOEWE-Zentrum AdRIA – An important step towards the commercialization of adaptive systems.** In: 35. Deutsche Jahrestagung für Akustik DAGA (2009), S. 1228–1230.

Bös, Joachim; Bein, Thilo; Hanselka, Holger: **LOEWE-Zentrum AdRIA – a multidisciplinary research project on the advancement of active systems.** In: Proceedings of the 16th International Congress of Sound and Vibration ICSV (2009).

Bös, Joachim; Herold, Sven; Heuss, Oliver; Kauba, Michael; Mayer, Dirk: **Active control of the sound transmission through a double-glazing window.** In: 35. Deutsche Jahrestagung für Akustik DAGA (2009).

Bruder, Thomas; Weiland, Stefan: **Standardized load assumptions for testing trailer coupling devices of passenger cars.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 135–142.

Bruder, Thomas; Tipkemper, Ulf: **Verkürzung von Versuchszeiten beim experimentellen Betriebsfestigkeitsnachweis von Abgasanlagen.** In: MP Materials Testing 51 (2009), 7–8, S. 487–492.

Büter, Andreas; Dreißig, Johanna; Jaschek, Kathrin; De Monte, M.: **Fatigue life estimation for short fibre reinforced polyamide components under variable amplitude loading.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 753–762.

Cardone, Tiziana: **Variability Study of an Active Firewall Demonstrator.** In: Adaptronic Congress 2009.

Dreißig, J.; Thielicke, B.; Grigo, M.: **LFT-Kennwerte aus Zugversuchen. Round Robin Tests zum Einfluss der Probengeometrie.** In: Konstruktion (Okt. 2009), S. IW 8

Drögemüller, Tobias; Atzrodt, Heiko; Axt, Christoph; Friedmann, Andreas; Lilov, Mihail; Melz, Tobias: **Hybrid high cycle variable amplitude fatigue testing machine.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 945–956.



Ehl, Oliver; Heim, Rüdiger; Hanselka, Holger; Bublies, H.: **Fatigue design of suspension components by latest interaction of numerical and experimental structural durability methods.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 1207–1214.

el Dsoki, Chalid; Kaufmann, Heinz; Hanselka, Holger; Nieslony, A.; Krug, P.: **K – Ein Maß für nicht kompatibles Werkstoffverhalten.** In: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009), 9, S. 657–662.

el Dsoki, Chalid; Hanselka, Holger; Kaufmann, Heinz; Ochs, Steffen: **Das ANSLC Programm: Artificial Neural Strain Life Curve.** In: Tagung Werkstoffprüfung 2009 – Fortschritte der Kennwertermittlung für Forschung und Praxis 2009, S. 93–98.

el Dsoki, Chalid; Hanselka, Holger; Kaufmann, Heinz; Röbig, A.: **Das ANSLC Programm zur Abschätzung zyklischer Werkstoffkennwerte.** In: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009), 8, S. 612–617.

el Dsoki, Chalid; Kaufmann, Heinz; Sonsino, Cetin Morris; Bidouard, H; Saintier, N.; Palin-Luc, T.; Dumas, C.; Völlmecke, F.J.: **Comparison of overload effects under variable amplitude loading on a steel sheet and a cast aluminium alloy.**

In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 1083–1092.

Friedmann, Andreas; Atzrodt, Heiko; Matthias, Michael: **Langzeiterfassung seegangsinduzierter Schiffsbewegungen: Messtechnischer Aufbau, erste Daten und Ableitung von Lagerbelastungen.** In: MP Materials Testing 51 (2009), 1–2, S. 70–76.

Friedmann, Andreas; Kauba, Michael: **Improving signal resolution within engine analysis.** In: Proceedings of the 3. International Operational Modal Analysis Conference iomac (2009).

Friedmann, Andreas; Mayer, Dirk; Kauba, Michael: **An approach for decentralized mode estimation based on the random decrement method.** In: Proceedings ICEDyn (2009).

Friedmann, Andreas; Schmidt, Matthias: **Engine excitation for operational modal analysis.**

In: Proceedings of the 3. International Operational Modal Analysis Conference iomac (2009).

Hanselka, Holger; Bein, Thilo; Wolf, Kai; Han, Soong-Oh: **Design and Analysis of an Adaptive Vibration Isolation System considering Large Scale Parameter Variations.** In: Proceedings of SPIE Conference Smart Structures/NDE (2009).

Hanselka, Holger; Nuffer, Jürgen: **Intelligent Materials.** In: Technology Guide: Principles, Applications, Trends (2009), S. 48–51.

Hartmann, Julia; Büter, Andreas: **Authentische Betriebslasten-Simulation: Betriebsfestigkeit von Kunststoffen.** In: Polymer Forschung Darmstadt (2009), 1, S. 41–44.

Heim, Rüdiger; Weingärtner, Steffen; Breitenberger, Marco: **Einfluss von Reibkorrosion auf das Betriebsfestigkeitsverhalten im Rad-Nabe-Verbund von Nutzfahrzeugen.** In: 36. Tagung des DVM-Arbeitskreises Betriebsfestigkeit, DVM-Bericht 136 (2009), S. 145–250.

Heim, Rüdiger; Liedgens, Klaus: **Development of a fail-safe concept for Metro Vehicle Axles by using crack growth results from service load simulation.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 1143–1153.

Herold, Sven; Jungblut, Timo; Kurch, Matthias: **Ein methodischer Ansatz für die Simulation aktiver strukturdynamischer Systeme.** In: NAFEMS – Multidisziplinäre Simulationen. Die Zukunft der virtuellen Produktentwicklung: Neutrale Interessenvertretung der Anwender numerischer Simulationsmethoden (2009).

Herold, Sven; Kaal, William: **Dielektrische Elastomere in Strukturmechanik und Vibroakustik: Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten.** In: 16. DEGA-Workshop „Physikalische Akustik“ (2009).

# Wissenschaftliche Veröffentlichungen

- Jöckel, Michael; Bruder, Thomas; Franz, Roland: **Charakterisierung und Modellierung des dynamischen Übertragungsverhaltens von Elastomerlagern für die Lastdatenberechnung.** In: DVM-Tag Elastomerbauteile (2009), S. 151–160.
- 
- Jöckel, Michael; Lösch, Jürgen; Wolf, Susann; Haase, Joachim; Clauß, Christoph: **Sensitivity Analysis Applied to a Test Rig Model.** In: Proceedings Vienna Conference on Mathematical Modelling (2009).
- 
- Jungblut, Timo; Atzrodt, Heiko; Drögemüller, Tobias; Herold, Sven: **Transient simulation of a hybrid Test Rig for Broadband Loading.** In: 7th EUROMECH Solid Mechanics Conference ESMC (2009).
- 
- Kaal, William; Herold, Sven: **Simulation von elektroaktiven Elastomeren mit Finiten Elementen.** In: ANSYS Conference & 27. CADFEM Users' Meeting (2009).
- 
- Kauba, Michael; Herold, Sven; Mayer, Dirk: **Feasibility Investigations for a Decentralized Vibration Control Concept with embedded Control Nodes using the Filtered-X-Least-Mean-Squares-Algorithm.** In: ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials (2009).
- 
- Kauba, Michael; Mayer, Dirk; Friedmann, Andreas: **An Approach for Structural Health Monitoring with Smart Sensor Networks based on the Random Decrement Method.** In: ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials (2009).
- 
- Kieninger, Michael; Rupp, Andreas; Gerlach, Thomas: **Multiaxial variable amplitude load assumptions on rail vehicles acquired with the newly developed wheel load sensor LBF®.Wheelos.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 223–238.
- 
- Küppers, Martin; Lagoda, T.: **Calculated fatigue life of welded aluminium flange-tube joints under multiaxial proportional and non-proportional variable amplitude loading of bending with torsion applying an energy based criterion.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 455–464.
- 
- Küppers, Martin; Kaufmann, Heinz; Sonsino, Cetin Morris; Meric Sevim, Agha; Longerich, Stefan; Reisinger, Uwe; Zwick, Axel; Schubert, Stefan; Queller, Marco: **Verbesserung der Schwingfestigkeit von Schweiß- und Lötverbindungen durch eine prozessoptimierte Gestaltung der Nahtgeometrie.** In: Schweißen und Schneiden 61 (2009), 4, S. 192–202.
- 
- Kurch, Matthias; Herold, Sven: **Simulation von Magnetostruktiven Wandlern mit Finiten Elementen.** In: CAD-FEM: ANSYS Conference & 27. CADFEM Users' Meeting (2009).
- 
- Kurch, Matthias; Melz, Tobias; Klein, Ch.: **A Framework for Numerical Modeling and Simulation of Shunt Damping Technology.** In: Proceedings of the 16th International Congress of Sound and Vibration ICSV (2009).
- 
- Landersheim, Volker; el Dsoki, Chalid; Bruder, Thomas; Sonsino, Cetin Morris; Hanselka, Holger; Eigenmann, B.: **Analyse der Wirkung von Kerben, Mittel- und Eigenspannungen auf die Schwingfestigkeit des hochumgeformten Werkstoffbereichs von Spaltprofilen.** In: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009), 9, S. 663–675.
- 
- Lehmann, Martin: **Clean sky initiative.** In: Aerospace Testing International – Showcase 2010 (2009).
- 
- Lipp, Klaus; Berger, Lutz-Michael; Spatzier, Jörg; Bretschneider, Jörg; Thiele, Sven: **Rollkontaktermüdung von HVOF-gespritzten Hartmetallschichten auf ungehärteten Substraten.** In: Thermal Spray Bulletin (2009), 2, S. 133–140.
- 
- Lipp, Klaus; Hofferberth, Daniel; Beiss, P.; Zafari, A.: **Schwingfestigkeit eines Sinterstahls mit 4 % Ni-1,5 % Cu-0,5 % Mo-0,6 % c im Sinterzustand.** In: DVS-Tagung Werkstoffprüfung 2009 – Fortschritte der Kennwertermittlung für Forschung und Praxis (2009) S. 111–120.
- 
- Lipp, Klaus; May, Ulrich; Berger, L.-M.; Thiele, S.; Spatzier, J.; Bretschneider, J.: **Rolling Contact Fatigue of HVOF-Sprayed Hardmetal Coatings.** In: 17. Plansee Seminar 2009: International Conference on High Performance P/M Materials (2009), HM 41.
-



Matthias, Michael: **Autonome Materialstrukturen passen sich selbstständig veränderten Randbedingungen an.** In: Konstruktionspraxis (2009), 3.

Matthias, Michael: **Multifunktionale Materialien: Anwendungspotenziale für die aktive Lärm- und Schwingungsminderung.** In: 16. DEGA-Workshop „Physikalische Akustik“ (2009).

Matthias, Michael; Bös, Joachim: **Lärm- und Schwingungsminderung im Schiffbau durch adaptronische/mechatronische Lösungsansätze.** In: STG – Schiffbautechnische Gesellschaft: Hauptversammlung Schiffbautechnische Gesellschaft (2009).

Melz, Tobias: **Funktionsintegrierte Gussbauteile.** In: Messe Daily – Offizielle Messezeitung der Hannover Messe (2009), 21.04.2009, S. 36.

Melz, Tobias: **Materialsysteme mit Talenten.** In: Der Konstrukteur (2009), 4, S. 26–28.

Melz, Tobias; Haase, Frerk; Schlote, Daniel: **Milling better without Chatter – Development of an Adaptive Workpiece Holder.** In: ECas Newsletter (2009), 1.

Melz, Tobias; Seipel, Björn; Koch, Thorsten; Zimmermann, E.; Muntean, V.: **Novel Pre-Crashed-Actuator-System based on SMA for Enhancing Side Impact Safety.** In: Advanced Microsystems for Automotive Applications 2009: Smart Systems for Safety, Sustainability, and Comfort (2009) S. 49–64.

Melz, Tobias; Seipel, Björn; Koch, Thorsten; Zimmermann, Eric; Muntean, Vlad; Tandler, Joachim; Willersinn, Dieter; Grinberg, Michael: **A pre-crash System for side-impact protection.** In: Vision Zero International (2009), S. 134–139.

Schmidt, Halvar; Bruder, Thomas; Hanselka, Holger; Tölle, Jörn; Hahn, Ortwin: **On-Line Damage**

**Detection and Monitoring at Thin Sheet Joints for Deriving Failure Criteria.** In: Mesures et suivi de l'endommagement en fatigue: 28èmes Journées de Printemps (2009).

Schmidt, Halvar; Bruder, Thomas; Tölle, Jörn; Hahn, Ortwin: **Untersuchung des Versagensverhaltens von stanzgenieteten, widerstandspunkt- und laserstrahlgeschweißten Verbindungen aus Aluminiumwerkstoffen im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Schwingfestigkeit.** In: Schweißen und Schneiden (2009), 8, S. 410–415.

Sonsino, Cetin Morris: **Ausgewählte Einflussgrößen auf die Betriebsfestigkeit.** In: 36. Tagung des DVM - Arbeitskreises Betriebsfestigkeit, DVM-Bericht 136 (2009) S. 1–26.

Sonsino, Cetin Morris: **Effect of residual stresses on the fatigue behavior of welded joints depending on loading conditions and welded geometry.** In: International Journal of Fatigue 31 (2009), 1, S. 88–101.

Sonsino, Cetin Morris: **Effects on lifetime under spectrum loading.** In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 93–118.

Sonsino, Cetin Morris: **Gegenüberstellung und Zuverlässigkeit verschiedener lokaler Konzepte für die betriebsfeste Bemessung von geschweißten Offshore-Rohrknoten unter Seegangbelastung und Meerwasserkorrosion.** In: Festigkeit geschweißter Bauteile: Anwendbarkeit lokaler Nachweis-konzepte bei Schwingbeanspruchung (2009) S. 107–118.

Sonsino, Cetin Morris: **Multiaxial fatigue assessment of welded joints - Recommendations for design codes.** In: International Journal of Fatigue 31 (2009), 1, S. 173–187.

Sonsino, Cetin Morris: **Principles of Local Stress Concepts for the Assessment of Welded Joints.** In: ESIS Newsletter 45 (2009), S. 30–34.

Sonsino, Cetin Morris: **Stand von Bemessungskonzepten zur schwingfesten Auslegung von Schweißverbindungen.** In: Festigkeit geschweißter Bauteile: Anwendbarkeit lokaler Nachweis-konzepte bei Schwingbeanspruchung (2009), S. 1–25.

# Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Sonsino, Cetin Morris: **Structural Durability Assessment of Off-shore K-Nodes by different local Design Concepts**. In: Workshop (IGF): Progettazione a Fatica die Giunzioni Saldate (... e non): Sviluppi Tecnici e Problemi Applicativi (2009).

Sonsino, Cetin Morris; Ageorges, C.; Atamer, S.; Barenbrock, D.: **Fatigue life analysis of body in white consideration of dynamic effects**. In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 143–153.

Sonsino, Cetin Morris; Baumgartner, Jörg; Waterkotte, R.: **Bewertung der Fertigungstechnologischen Einflussgrößen – Laserstrahlschweißen und Sintern – auf die Betriebsfestigkeit**. In: 36. Tagung des DVM-Arbeitskreises Betriebsfestigkeit, DVM-Bericht 136 (2009), S. 103–120.

Sonsino, Cetin Morris; Radaj, D.; Fricke, W.: **Recent developments in local concepts of fatigue assessment of welded joints**. In: International Journal of Fatigue 31 (2009), 1, S. 2–11.

Sonsino, Cetin Morris; Berg-Pollack, Antje; Völlemcke, F.-J.: **Fatigue strength under constant and variable amplitude loading of spokes of cast aluminium wheels after ultrasonic impact treatment (UIT)**. In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 1035–1042.

Sonsino, Cetin Morris; Dilger, K.; Kassner, M.; Zhang, G.: **Ziele und grundsätzliches Vorgehen im Forschungsverbundprojekt „Anwendbarkeit von Festigkeitskonzepten für schwingbelastete Bauteile“**. In: Festigkeit geschweißter Bauteile: Anwendbarkeit lokaler Nachweiskonzepte bei Schwingbeanspruchung, DVS-Berichte 256 (2009), S. 26–31.

Sonsino, Cetin Morris; Fricke, H.; de Bruyne, F.; Hoppe, A.; Ahmade, A.; Zhang, G.: **Notch stress concept variants - application examples for thin and thick welded steel joints**. In: Eurojoin7 – Technical Session (2009).

Sonsino, Cetin Morris; Grabenstein, M.; Pötter, K.; Hägele, N.: **Roadway induced vibration phenomena during vehicle braking analysis and optimization of operating loads for suspension components**. In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 155–164.

Sonsino, Cetin Morris; Gumnior, Paul; Hanselka, Holger: **Cumulative damage behaviour of magnesium welded joints under service loadings**. In: 2. International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading (2009), S. 1013–1020.

Sonsino, Cetin Morris; Völlmecke, F.J.; Berg-Pollack, Antje: **Schwingfestigkeitssteigerung von Radsterren aus Aluminiumguss durch UIT-Behandlung**. In: 36. Tagung des DVM-Arbeitskreises Betriebsfestigkeit, DVM-Bericht 136 (2009), S. 147–158.

Wagener, Rainer: **Zyklisches Werkstoffverhalten von Feinblechen bei konstanten und variablen Beanspruchungsamplituden**. In: Tagung Werkstoffprüfung 2009 – Fortschritte der Kennwertermittlung für Forschung und Praxis (2009), S. 151–156.

Wagener, Rainer; Lipp, Klaus: **Zyklisches Werkstoffverhalten von Sinterstählen**. In: Tagung Werkstoffprüfung 2009 – Fortschritte der Kennwertermittlung für Forschung und Praxis (2009), S. 177–182.

Wallmichrath, Marc; Lücker, Erich; Jöckel, Michael: **Elastomerbeuteile – Charakterisierung und Prüfung**. In: DVM-Tag Elastomerbauteile (2009), S. 171–180.



# Vorlesungen, Gutachten

Prof. Dr.-Ing. H. Hanselka,  
Dipl.-Ing. Soong-Oh Han,  
Technische Universität Darmstadt:  
**„Zuverlässigkeit im Maschinenbau“ und „Systemzuverlässigkeit im Maschinenbau“**

Prof. Dr.-Ing. H. Hanselka,  
Prof. Dr.-Ing. Th. Bein, Technische Universität Darmstadt:  
**„Grundlagen der Adaptronik“**

Prof. Dr.-Ing. Th. Bein, Technische Universität Darmstadt: **„Aktormaterialien und -prinzipien“**

Prof. Dr.-Ing. H. Hanselka,  
Prof. Dr.-Ing. C. M. Sonsino,  
Dipl.-Math. Michael Kieninger,  
Fraunhofer LBF: **„Seminar zur Systemzuverlässigkeit im Maschinenbau – Ausgewählte Beiträge zur Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit“ (Seminar)**

Prof. Dr.-Ing. C. M. Sonsino,  
Technische Universität Darmstadt:  
**„Betriebsfestigkeit und bauteilgebundenes Werkstoffverhalten“**

Prof. Dr.-Ing. C. M. Sonsino,  
Universität des Saarlandes  
Saarbrücken: **„Betriebsfestigkeit Teil 1 und Teil 2“**

Prof. Dr.-Ing. C. M. Sonsino,  
University of Calabria, Cosenza:

**„Fatigue Design and Structural Durability“**

Prof. Dr.-Ing. H. Hanselka, Dr.-Ing. Rainer Storm, Dr.-Ing. Joachim Bös,  
Technische Universität Darmstadt:  
**„Maschinenakustik – Grundlagen“ und „Maschinenakustik – Anwendungen“**

Dipl.-Ing. Klaus Störzel,  
Fachhochschule Giessen:

**„Betriebsfestigkeit“**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter,  
Hochschule Darmstadt:  
**„Modellierung mechatronischer Systeme“**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter,  
Dipl.-Ing. Katrin Jaschek,  
Dipl.-Ing. Martin Lehmann  
Hochschule Darmstadt:

**„Betriebsfestigkeit von faserverstärkten Kunststoffen“**

Dr.-Ing. Heinz Kaufmann,  
Dipl.-Math. Michael Kieninger,  
Hochschule Darmstadt:

**„Betriebsfestigkeit und Stochastik“**

Dr.-Ing. Tobias Melz,  
Dr.-Ing. Sven Herold,  
Dr.-Ing. Dirk Mayer,  
Dipl.-Ing. Michael Matthias,  
Hochschule Darmstadt:

**„Adaptronik“**

## GUTACHTER BEI PROMOTIONEN

**Professor Holger Hanselka**  
**Referat / Korreferat**

Platt, Christian:  
„Informationsmodell für Produktlebenszyklusinformationen“,  
Technische Universität Darmstadt

Zimmerman, Eric:  
„Ein Beitrag zur Entwicklung von adaptiven Seitenaufprallschutzsystemen für Kraftfahrzeuge“,  
Technische Universität Darmstadt

Kurtze, Lothar:  
„Untersuchung der vibro-akustischen Eigenschaften aktiver Fassadenelemente beim Einsatz von Active Structural Acoustic Control“,  
Technische Universität Darmstadt

Schönecker, Martin:  
„Traveling Wave Ultrasonic Motors Based on the Piezoelectric Shear Effect“, Technische Universität Darmstadt

Hägele, N. :  
„Berechnung und Analyse der Betriebslasten am Fahrwerk infolge von Bremsvorgängen auf unebener Fahrbahn“,  
Technische Universität Darmstadt

**Professor Cetin Morris Sonsino**  
**Referat / Korreferat**

Bidouard, H.:  
„Effet de surcharges sur la tenue en fatigue de pièces automobiles sous chargements d’amplitude variable“,  
Ecole Nationale Supérieure d’Arts et Métiers, ParisTech,  
Centre de Bordeaux

Nouri, H. :  
„Modélisation et identification de lois de comportement avec endommagement en fatigue polycyclique de matériaux composite à matrice thermoplastique“,  
Ecole Nationale Supérieure d’Arts et Métiers, ParisTech, Centre de Metz

Glowig, A.: Anwendung ausgewählter lokaler Konzepte für eine schwingfeste Bemessung von Schweißverbindungen aus Aluminium“, Technische Universität Bergakademie Freiberg

Wicker, P. :  
„Influences des garnitures de frein sur les sollicitations thermiques des disques TGV et conséquences sur les risques de fissuration“,  
Ecole Centrale de Lille, Laboratoire de Mécanique

# Ausgewählte Patente

## **FhG-Nr. 04F48476**

R. Heim, I. Krause, S. Weingärtner

Einrichtung zur Prüfung von Fahrzeugrädern

Patent-Nr.: DE 10 2007 044 718 B3

Erteilung: 26.02.2009

---

## **FhG-Nr. 04F46835**

R. Sindelar, A. Büter, K. Bolender

Vorrichtung zur Durchführung eines zyklischen

Ermüdungsversuches an einer Werkstoffprobe

Patent-Nr.: DE 10 2006 012 962 B4

Erteilung: 14.05.2009

---

## **FhG-Nr. 04F46210**

T. Melz, B. Seipel, E. Zimmerman, B. Sielhorst

Vorrichtung für ein Kraftfahrzeug zum Insassenschutz  
bei einem kollisionsbedingten, auf eine Kraftfahrzeugtür  
gerichteten Energieeintrag

Patent-Nr.: EP 1 855 901

Erteilung: 21.10.2009

---

## **FhG-Nr. 04F45082**

T. Melz, M. Matthias, H. Hanselka

Schnittstelle mit Schubableitung zum Dämpfen  
mechanischer Schwingungen

Patent-Nr.: EP 1 735 542 B1

Erteilung: 19.11.2008

---

## **FhG-Nr. 04F45400**

T. Melz, D. Mayer

Vorrichtung und Verfahren zur Schwingungsbeeinflussung  
eines Flächenelementes

Patent-Nr.: EP 1 792 527 B1

Erteilung: 16.04.2008

---

## **FhG-Nr. 04F45402**

T. Bein, G. Fischer, H. Hanselka

Vorrichtung und Verfahren zur Straffung eines zum Insassen-  
schutz in einem Fahrzeug dienenden Sicherheitsgurtes

Patent-Nr.: EP 1 796 943 B1

Erteilung: 06.02.2008

---

## **FhG-Nr. 04F45714**

T. Melz, M. Matthias, H. Hanselka

Vorrichtung zur dynamischen Belastungsprüfung einer Probe

Patent-Nr.: DE 10 2005 003 013 B3

Erteilung: 28.09.2006

---

## **FhG-Nr. 04F45249**

T. Melz, E. Zimmerman

Vorrichtung zur Erhöhung des Insassenschutzes  
in einem Fahrzeug bei einem Seitenaufprall

Patent-Nr.: DE 10 2004 020 471 B4

Erteilung: 27.09.2007

---

**FhG-Nr. 05F46018**

H. Hanselka, E. Schwen

Vorrichtung zur Reduzierung von Wolfstönen  
bei Streichinstrumenten

Patent-Nr.: DE 10 2005 023 072 B3

Erteilung: 14.09.2006

---

**FhG-Nr. 03F43243**

T. Melz, M. Matthias, H. Hanselka, S. Herold

Modulare Schnittstelle zum Dämpfen mechanischer  
Schwingungen

Patent-Nr.: DE 103 61 481 B4

Erteilung: 17.08.2006

Patent-Nr.: EP 1 646 805 B1

Erteilung: 05.03.2008

---

**FhG-Nr. 04F45110**

H. Hanselka, E. Schwen

Streicherbogen für Streichinstrumente

Patent-Nr.: DE 10 2004 024 918 B3

Erteilung: 24.11.2005

---

**FhG-Nr. 03F43450**

T. Melz, H.-S. Kang, E. Zimmerman

Vorrichtung für ein Kraftfahrzeug zum Insassen-  
schutz bei einem kollisionsbedingten, auf eine  
Kraftfahrzeugtür gerichteten Energieeintrag

Patent-Nr.: DE 103 58 023 B4

Erteilung: 13.10.2005

---

**FhG-Nr. 03F43290**

T. Melz, M. Matthias, T. Bein, E. Zimmerman

Vorrichtung und Verfahren zur Erhöhung des Insassen-  
schutzes in einem Fahrzeug bei einem Seitenaufprall

Patent-Nr.: DE 103 41 329 B4

Erteilung: 22.09.2005

Patent-Nr.: EP 1 663 683 B1

Erteilung: 15.10.2008

---

**FhG-Nr. 03F43291**

T. Melz, M. Matthias, E. Zimmerman, R. Aufmkolk,  
H. Köllner

Vorrichtung und zugehöriges Verfahren zum  
Insassenschutz in einem Fahrzeug

Patent-Nr.: DE 103 41 328 B4

Erteilung: 01.09.2005

Patent-Nr.: EP 1 663 727 B1

Erteilung: 23.04.2008

---

**Ansprechpartner für Patente und Lizenzierungsfragen:**

Dr. Henrik Rüterjans

Qualitätsmanagement

Telefon +49 6151 705-423

[henrik.rueterjans@lbf.fraunhofer.de](mailto:henrik.rueterjans@lbf.fraunhofer.de)



# Impressum

## Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit  
und Systemzuverlässigkeit LBF  
Bartningstraße 47  
64289 Darmstadt

Telefon: +49 6151 705-0

Fax: +49 6151 705-214

info@lbf.fraunhofer.de

www.lbf.fraunhofer.de

## Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

## Redaktion

Dr. phil. nat. Ursula Eul,  
Strategisches Management

## Koordination

Anke Zeidler-Finsel,  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

## Koordinaten für GPS:

49° 54' 13'' N

08° 40' 56'' E

Die Anfahrtsbeschreibung finden Sie im Internet unter:

[www.lbf.fraunhofer.de/anfahrt](http://www.lbf.fraunhofer.de/anfahrt)

## Konzeption

Sperlich GmbH, Göttingen, [www.sperlich-gmbh.de](http://www.sperlich-gmbh.de)  
Dr. phil. nat. Ursula Eul, Fraunhofer LBF

## Design/Layout/PrePress

Buttgereit und Heidenreich GmbH,  
Haltern am See,  
[www.gute-botschafter.de](http://www.gute-botschafter.de)

## Fotografie

LBF-Archiv, Wolfram S. C. Heidenreich, Ursula Raapke,  
Eva Speith, MEV Verlag GmbH

## Druck

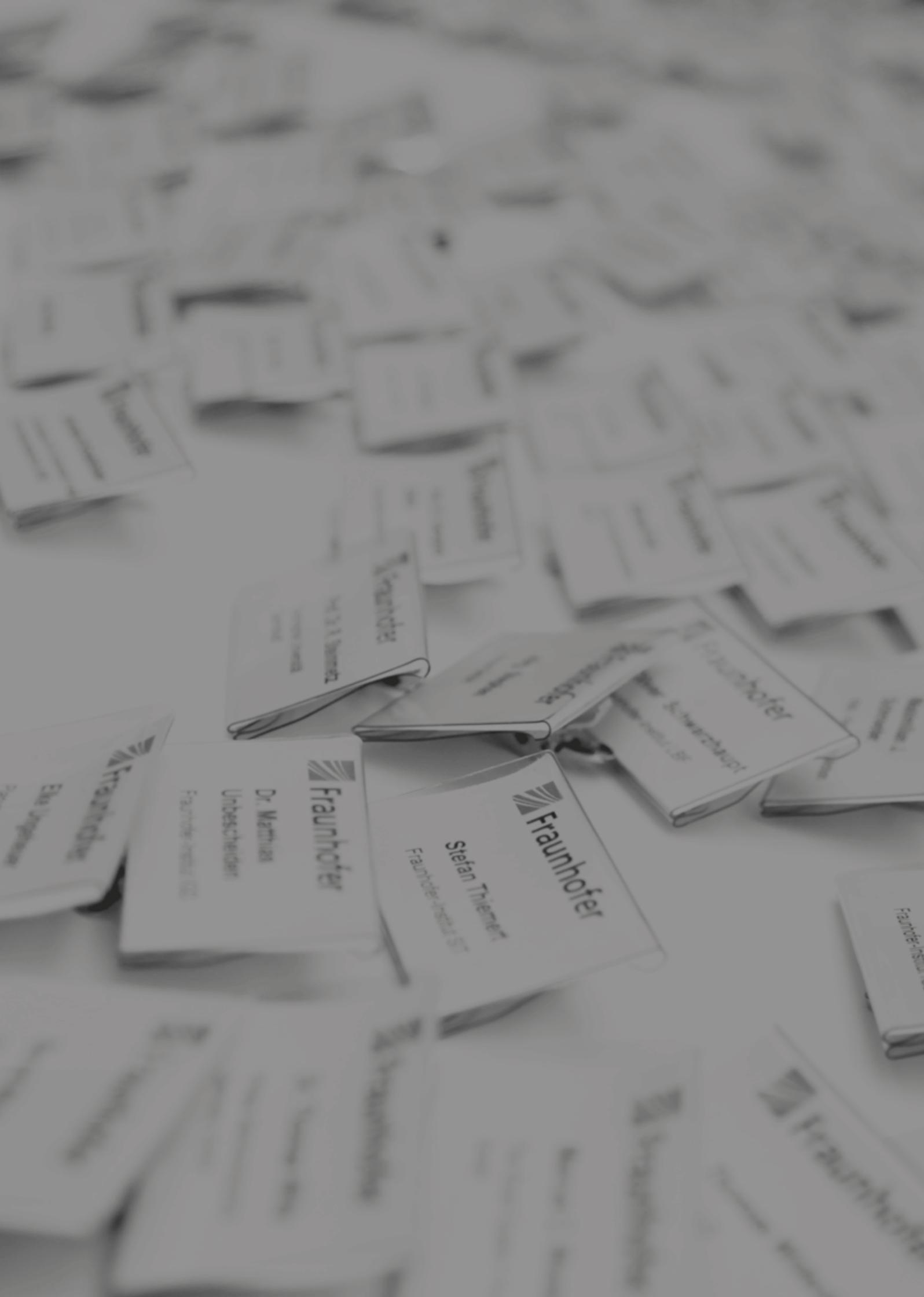
gutenberg beuys gesellschaft für digital- und  
printmedien mbh, feindruckerei, Hannover  
[www.feindruckerei.de](http://www.feindruckerei.de)

## ISSN

1864-0958

© Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und  
Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt, März 2010

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung  
und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten.



 **Fraunhofer**  
Dr. Matthias  
Unbescheiden  
Fraunhofer IZT

 **Fraunhofer**  
Stefan Thiemert  
Fraunhofer IZT

 **Fraunhofer**  
Schwarz

 **Fraunhofer**



Mit Sicherheit innovativ.

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