



Fraunhofer

LBF

VIBRATION TECHNOLOGY, LIGHTWEIGHT CONSTRUCTION,
RELIABILITY, POLYMER TECHNOLOGY

LEICHTBAU
ZUVERLÄSSIGKEIT
SCHWINGUNGSTECHNIK
POLYMERTECHNIK

Jahresbericht Annual report 2014

Vielen Dank für Ihr Vertrauen!

Thank you for your trust!



 **Fraunhofer LBF**
FORSCHUNG MIT SYSTEM

Wir danken allen Kunden und Partnern, die uns für den Jahresbericht 2014 ihr Logo zur Verfügung gestellt haben und allen, die in Projekten mit uns kooperiert haben.

Freudenberg

HBM

UNI WHEELS
UNITED WHEELS GROUP



Höganäs

Nabaltec

BORBET
Borbet Group

DAF
A PACCAR COMPANY

APP TECH
coperion
confidence through partnership



BENTELER

Eberspächer



DPI
Dutch Polymer Institute

MERCK

Wir leben Autos

HOCHBAHN

EISENMANN

EVONIK
INDUSTRIES

BAYER

eiden mechatronic GmbH



SCHAEFFLER

LUK INA FAG

PORSCHE

BEHR

DAIMLER



Audi
Vorsprung durch Technik

MAN

MBDA
Bayern-Chemie GmbH

KTM

speedline



POSTNOVA
Leading in FFF

Polymer Char

Ticona
Performance Drive Solutions

PSS
POLYMER STANDARD SERVICE

Innovation in Motion



Inhalt

EINBLICKE

- 6 Vorwort der Institutsleitung.
- 10 Profil Fraunhofer LBF.

FORSCHUNG MIT SYSTEM!

- 14 Mit Leidenschaft am Markt.
- 16 Leistungsfelder.
- 24 Geschäftsfelder.
- 26 Forschungsbereiche.
- 34 Das LBF Managementteam.

LEISTUNG MIT SYSTEM

Schwingungstechnik

- 38 Aktive Kupplung zur Schwingungsminderung in Schiffsantrieben.
- 40 Mehr Fahrkomfort für Landmaschinen.
- 42 Schwingungen und Lasten in elektrischen Antriebssträngen.
- 44 Erprobungsfahrzeug für aktive Lärm- und Vibrationsminderung.
- 46 Reduzierung der Lärmausbreitung in Lüftungskanälen.
- 48 Aktive Schwingungskontrolle bei Windkraftanlagen.

Leichtbau

- 52 Technologieentwicklungen für zukünftige Flugzeugflügel.
- 54 Querlenker aus Faserverbunden mit integrierten Funktionen.
- 56 Optimierte Prozesskette für Composite-Sicherheitsbauteile.
- 58 Effiziente Betriebsmessungen dank generativ gefertigter Hilfsmittel.
- 60 Festigkeitsverhalten mehrachsig belasteter Komponenten.

Zuverlässigkeit

- 64 Betriebsfestigkeit einer Materialumschlagmaschine.
- 66 Bedarfsgerechte Instandhaltung von Güterwagen.
- 68 Smartes Sensornetzwerk zur Überwachung großer Bauwerke.
- 70 Prüfungen von HV-Batterien.
- 72 Elektromobilität auf dem richtigen Weg.
- 74 Multiaxiales Elastomerlagermodell für dynamische Mehrkörpersimulationen.
- 76 Mehradrige Kabel in der Verlegesimulation.

- 78 Beherrschung von Unsicherheit in aktiven lasttragenden Systemen.

Polymertechnik

- 82 Umweltfreundliche, kratzfeste Lacke.
- 84 Schnelle Bestimmung des Phasenverhaltens von Polymermischungen.
- 86 Emissionsreduzierte Kunststoffcompounds.
- 88 Schwingfestigkeitsversuche und Materialcharakterisierung an Elastomeren.

NEUE PERSPEKTIVEN

- 92 Portfolio Elastomerwerkstoffe und Elastomerbauteile.
- 94 Mehr Ruhe an Deck – Prognosewerkzeug für akustische Eigenschaften von Schiffen.
- 96 EAP-Spacer für aktive Fenster – vollintegriert und kostengünstig.
- 97 Spart Kosten: Miniatur Parallelroboter in Leichtbauweise.
- 98 Mechanische Modelle leicht erstellt: unser Werkzeugkoffer.
- 99 Kunststoffe mit integrierten Funktionalitäten und Verrippungen.
- 100 Variabel verkleben für einen betriebsfesten Leichtbau.
- 101 Integrative Simulation als Werkzeug zur Auslegung hochbelasteter Kunststoffbauteile.
- 102 Strukturintensität – Was steckt dahinter?
- 103 Die assoziierten Fachgebiete.
- 104 Labor- und Prüfeinrichtungen.

NETZWERKE

- 110 Die Fraunhofer-Gesellschaft.
- 111 Fraunhofer-Verbund MATERIALS.
- 112 Ausgründungen und Beteiligungen des Fraunhofer LBF.
- 113 Rhein-Main Adaptronik e. V.
- 114 Allianzen und Netzwerke.
- 116 Fraunhofer LBF – Zahlen und Fakten.
- 118 Impressum.



Index

INSIGHTS

- 8 Directos preface.
- 12 Profile Fraunhofer LBF.

SYSTEMATIC RESEARCH!

- 15 Passionately in the market.
- 16 Services.
- 24 Business Areas.
- 26 Research Divisions.
- 34 LBF Management Team.

SYSTEMATIC SERVICES

Vibration Technology

- 38 Active coupling for vibration control in ship propulsion systems.
- 40 Improved driving comfort for agricultural machines.
- 42 Vibrations and loads in electric powertrains.
- 44 Automotive test vehicle for active noise and vibration control.
- 46 Reduction of noise propagation in ventilation ducts.
- 48 Active vibration reduction at wind energy plants.

Lightweight Construction

- 52 Technology development for future aircraft wings.
- 54 Lightweight control arm of fiber-reinforced composites integrates several functions.
- 56 Optimized process chain for composite safety-parts.
- 58 Efficient operational measurements thanks to additive manufactured tools.
- 60 Fatigue life assessment of structural components under multiaxial cyclic loading.

Reliability

- 64 Structural Durability of a material handler.
- 66 Needs-based maintenance of freight cars.
- 68 Smart sensor network for monitoring large structures.
- 70 Tests on HV batteries.
- 72 Electromobility on the right track.
- 74 Multi-axial elastomeric bearing model for dynamic multi-body simulations.
- 76 Laying simulation for multi-core cables.
- 78 Control of uncertainty in active load-bearing systems.

Polymer Technology

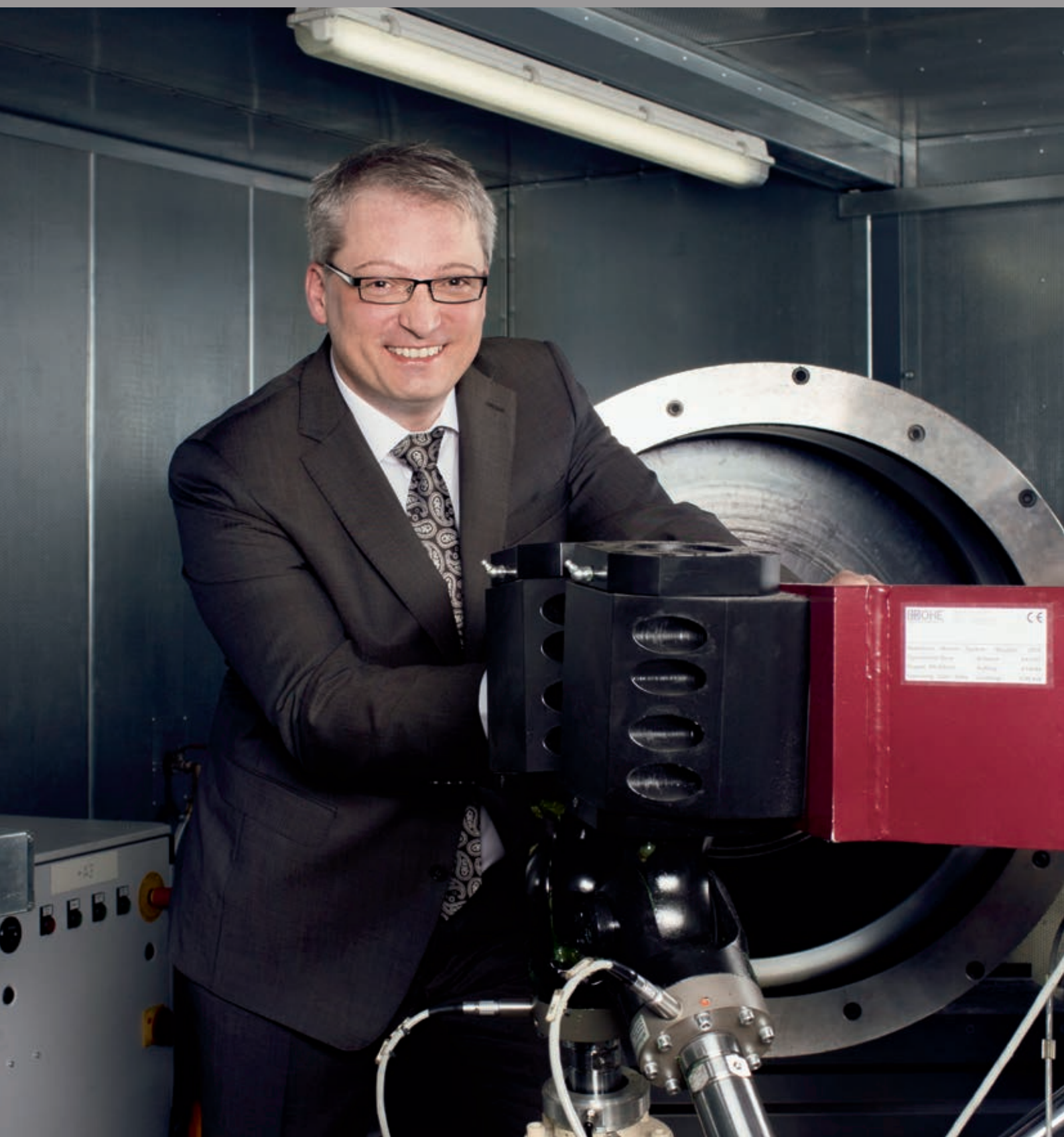
- 82 Eco-friendly scratch resistant coatings.
- 84 Rapid determination of phase behavior of polymer mixtures.
- 86 Low emission plastic materials.
- 88 Cyclic fatigue testing and material characterization of elastomers.

NEW PROSPECTS

- 92 Portfolio elastomeric materials and elastomeric components.
- 94 More silence on deck – Software tool to predict the vibro-acoustic behavior of vessels.
- 96 EAP-spacer for active windows – fully integrated, low-cost solution.
- 97 Saves on cost: miniature parallel robot in Lightweight Construction.
- 98 Mechanical models easily implemented: with our Toolbox.
- 99 Plastics with integrated functionalities and ribbing for mass production.
- 100 Variable bonding for reliable Lightweight Construction.
- 101 Integrative simulation as a design tool for highly stressed reinforced plastic components.
- 102 Structural intensity – What is behind?
- 103 Associated Departments.
- 104 Laboratory equipment and testing facilities – the entire world of testing technology.

NETWORKS

- 110 The Fraunhofer Gesellschaft.
- 111 The Fraunhofer Materials Group.
- 112 Fraunhofer LBF spin-offs.
- 113 Rhein-Main Adaptronik e.V.
- 114 Alliances and networks.
- 116 Fraunhofer LBF – facts and figures.
- 118 Imprint.



„Forschung mit System!“

Sehr verehrte Damen und Herren,
liebe Kunden und Partner des Fraunhofer LBF,

wir haben unseren Kurs auch im letzten Jahr gehalten. Unser Ziel bleibt es, hervorragende Industrieforschung zu betreiben und wichtige, nachhaltige Beiträge für wirtschaftliche und gesellschaftliche Mehrwerte zu leisten. Hierfür halten wir einen stetigen Dialog mit unseren Partnern und arbeiten mit Ihnen partnerschaftlich zusammen. Wir hinterfragen unsere FuE-Angebote und passen diese den zukünftigen Bedarfen unserer Kunden an. Und wir streben danach, durch neue Forschungsergebnisse Impulse für erfolgreiche Produktinnovationen zu geben.

In 2014 haben wir unser FuE-Angebot in unseren zentralen Leistungsfeldern der Schwingungstechnik, dem Leichtbau, der Zuverlässigkeit und der Polymertechnik gestärkt und weiterentwickelt. In diesen Leistungsfeldern arbeiten unsere Teams der Forschungsbereiche Adaptronik, Betriebsfestigkeit und Kunststofftechnik immer enger verzahnt zusammen und bieten ein übergreifendes, marktorientiertes FuE-Angebotsportfolio. Damit unterstützen wir unsere Partner bei ihren Produktentwicklungen durch umfassende wissenschaftlich-technische Beratung, ganzheitliche Problemlösungen aus einer Hand sowie fokussierte Forschungs- und Entwicklungsleistungen entlang eines zentralen Teils der Wertschöpfungskette.

Wir freuen uns dabei über zunehmende strategische Partnerschaften und versprechen Ihnen auch weiterhin vertrauensvolle, intensive und mutige Zusammenarbeit.

Was ist im letzten Jahr geschehen?

In 2014 haben wir mehrere große Kooperationsforschungsprojekte abgeschlossen und arbeiten nun mit unseren Industriepartnern in bilateralen Entwicklungsprojekten am Transfer der Projektergebnisse in kommerzielle Lösungen. Beispiele liegen in der Kompaktierung sehr energieeffizienter aktiver Schwingungsisolationssysteme von Motoren, die zuletzt in Fahrversuchen getestet wurden, oder in der Ableitung effizient nutzbarer numerischer Werkzeuge zur Schwingungsanalyse,

die in Kürze kommerziell angeboten werden. Durch kontinuierliche Investitionen in moderne Prüftechnik, auch eigenentwickelte Speziallösungen, konnten wir die Verfügbarkeit unserer Anlagen stabilisieren und zudem im Bereich der Zuverlässigkeit unsere Angebote abrunden, beispielsweise durch die multiaxiale Schwingprüfung von Batterien, die hochpräzise Betriebsfestigkeitsuntersuchung von mechanischen Kleinbauteilen oder die vibroakustische Analyse von Elastomerlagern. Unser Projektgeschäft im internationalen Bereich wurde besonders im asiatisch-pazifischen Raum weiter ausgebaut. Hier entstehen neue Partnerschaften besonders mit deutschen Unternehmen, die ihr Geschäft vor Ort ausbauen wollen und die Expertise des Fraunhofer LBF zur Abrundung des eigenen Portfolios benötigen.

Auch das letzte Jahr konnten wir erneut sehr erfolgreich abschließen. Unser Wirtschaftsertrag lag bei 55,1 % und dafür gilt Ihnen, unseren Projektpartnern und Kunden, wie allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des LBF-Teams mein ausdrücklicher Dank.

Zu diesem Jahresbericht

Auf den nächsten Seiten skizzieren wir interessante Auszüge unserer Projektarbeit in der Schwingungstechnik, dem Leichtbau sowie der Zuverlässigkeit und Polymertechnik. Da dies immer nur exemplarisch geschehen kann, hoffe ich, dass Sie Ihre spezifischen technologischen Herausforderungen in unseren Kompetenzen möglichst eng gespiegelt finden.

Sprechen Sie uns bitte an! Das gesamte Team des LBF freut sich auf die Zusammenarbeit mit Ihnen!



Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

Ladies and Gentlemen,
Clients and Partners of the Fraunhofer LBF,

We managed to stick to our course again last year. It remains our goal to carry out excellent industrial research and to make important enduring contributions to value creation both commercially and socially. To do this, we maintain a constant dialogue with our partners and work collaboratively with you. We scrutinize our R&D services and adapt them to our customers' future requirements. We also strive to provide incentives for successful product innovations with new research results.

In 2014, we strengthened and further developed our range of R&D services in our key performance fields of Vibration Technology, Lightweight Construction, Reliability and Polymer Technology. Our teams from the research areas of adaptronics, Structural Durability and plastics technology work more and more closely together in these performance fields, and offer a range of interdepartmental, market-oriented R&D services. As a result, we support our partners with their product developments by providing extensive scientific and technical advice, integrated solutions from a single source and focused research and development services along a key portion of the value creation chain.

We are very pleased about the increasing number of strategic partnerships and we promise to continue this bold and intensive collaboration which is based on mutual trust.

What happened last year?

In 2014, we completed several cooperative research projects and are now working with our industrial partners in bilateral development projects on translating the project results into commercial solutions.

Examples are the compaction of highly energy-efficient, active vibration isolation systems of engines, which were recently trialed in road tests, or the derivation of efficient numerical tools useful for vibration analysis, which will be commercially

available in the near future. By investing continuously in advanced testing technology, including special solutions developed in-house, we have been able to stabilize the availability of our systems and additionally to round off the services we offer in the area of reliability, for example multi-axial vibration testing of batteries, highly accurate Structural Durability of mechanical small parts or vibro-acoustic analysis of elastomeric bearings. We have expanded our project business in the international arena, especially in the Asia-Pacific region.

Here, new partnerships are being created particularly with German companies who want to grow their business locally and who require the expertise of the Fraunhofer LBF to complement their own portfolio.

We had a very successful result again last year. Our economic return was around 55.1 % and for this I owe you, our project partners and customers, as well as all the employees in the LBF team, my heartfelt thanks.

About this annual report

On the following pages, we provide interesting abstracts from our project work in Vibration Technology, Lightweight Construction, Reliability and Polymer Technology. As we can only ever do this by using examples, I hope you will find your specific technological challenges mirrored as closely as possible in our skills and expertise.

Feel free to contact us! The whole LBF team looks forward to working with you.



Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

Das Fraunhofer LBF in Zahlen.

Fraunhofer LBF in numbers.

Betriebshaushalt | Operational budget [T €] 2014

Aufwand Betriebshaushalt 29203

Erträge Betrieb | Income of operation

Bearbeitung von Aufträgen aus der Industrie 13684

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für Wirtschaftsverbände 2240

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für die EU 1247

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für Bund/Länder 5200

Institutionelle Förderung des BMBF und der Länder zum Betriebshaushalt 3135

Anschubfinanzierung Land Hessen 2009

Interne Programme 1004

sowie sonstige Erträge 684

Summe | total 29203

Investitionen | Investments

aus der institutionellen Förderung des BMBF und der Länder 1370

aus Vertragsforschungsvorhaben 321

aus Sondermitteln Land Hessen finanzierte Investitionen 47

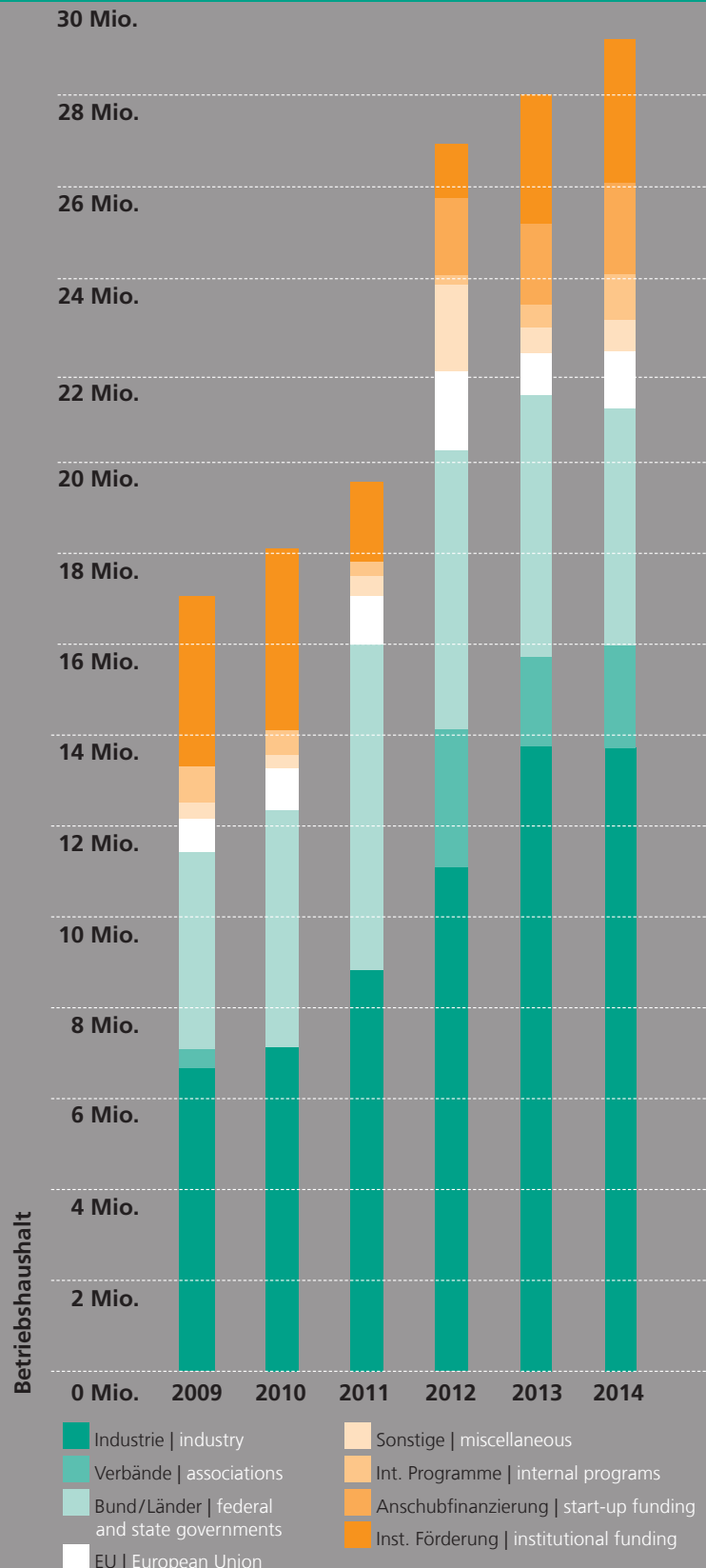
Summe | total 1738

Personal

2014 waren am Institut insgesamt 452 Mitarbeiter beschäftigt (inkl. Hiwis, Azubis, Praktikanten, Diplomanden und Leiharbeiter). Zusätzlich waren 59 Mitarbeiter an den assoziierten Lehrstühlen der TU Darmstadt tätig.

Personnel

In 2014 the institute had 452 employees (including research assistants, apprentices, trainees, graduate students and borrowed workers). In addition 59 persons were employed by the Technical University Darmstadt (all numbers refer to persons).





Fraunhofer

LBF

Forschung mit System!

Mehr als 500 Mitarbeiter, Experten und Fachkräfte unterschiedlicher Disziplinen, bringen am Fraunhofer LBF und den assoziierten Fachgebieten Makromolekulare Chemie sowie Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik an der TU Darmstadt gemeinschaftlich ihr Know-how in die interdisziplinäre Projektarbeit und unsere FuE-Dienstleistungen ein. Im Mittelpunkt steht das Bestreben, hervorragende Ergebnisse mit größtmöglichem Nutzen für Kunden und Projektpartner zu erzielen. Als eines der traditionsreichsten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft kann das Fraunhofer LBF auf fast acht Jahrzehnte Kooperationserfahrung setzen, mit OEM und mit Zulieferunternehmen, mit Unternehmen der Großindustrie und KMU, mit Partnern aus der Wirtschaft und aus der Wissenschaft. Nicht zuletzt hierauf begründet sich das gute System- und Wertschöpfungsverständnis der LBF-Wissenschaftler.

Hierfür erbringt das Team des Fraunhofer LBF Leistungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, vom Werkstoff und dessen Verarbeitung über die Realisierung des fertigen Bauteils und des komplexen Systems bis hin zur Qualifizierung im Hinblick auf Sicherheit und Zuverlässigkeit. Dies geschieht in den Leistungsfeldern **Schwingungstechnik, Leichtbau, Zuverlässigkeit und Polymertechnik** und beinhaltet Lösungen vom Produktdesign bis zur Nachweisführung – maßgeschneidert für den einzelnen Kunden. Speziell im Leistungsfeld Polymertechnik kann das Institut mit der Polymersynthese und umfassender Materialcharakterisierung bereits in einer besonders frühen Stufe der Wertschöpfung unterstützen.

Partner im Entwicklungsprozess

Über sein charakteristisches, weit gespanntes Kompetenz- und Leistungsportfolio erreicht das Fraunhofer LBF eine Vielzahl unterschiedlicher Märkte. Die Kunden des Instituts stammen vor allem aus dem Automobil- und Nutzfahrzeugbau sowie aus der Chemischen Industrie, aber auch aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Luftfahrt und Verteidigung, der Schienenverkehrstechnik, dem Schiffbau, der Energietechnik, dem Bauwesen, der Elektronik und Elektrotechnik sowie weiteren

Branchen. Die Wissenschaftler und Techniker des Instituts verstehen sich als aktive Begleiter im Innovationsprozess ihrer Kunden, als Impulsgeber und Prozessbeschleuniger. Sie wirken als verlässliche Partner bei der Produktentwicklung mit, analysieren komplexe Problemstellungen, erarbeiten, bewerten und realisieren maßgeschneiderte Lösungen für sicherheitsrelevante maschinenbauliche Systeme, schwingungsanfällige Leichtbaustrukturen und komplexe elektromechanische Systeme. Sie unterstützen strukturierte Produktentstehungsprozesse, unter anderem nach dem „V-Modell“.

Neben der Bewertung und optimierten Auslegung passiver mechanischer Strukturen werden auch aktive, mechatronisch-adaptronische Systemlösungen erarbeitet und prototypisch umgesetzt. Begleitend entwickelt das Fraunhofer LBF die entsprechenden numerischen sowie experimentellen Entwicklungsmethoden und Prüftechniken vorausschauend weiter. Das Institut schlägt damit eine starke Brücke zwischen Wissenschaft und industrieller Anwendung – regional, national und international.

Die operative Arbeit wird dabei durch kontinuierliche Analysen zur Kundenzufriedenheit der kritischen Prüfung unterzogen. Das Managementsystem des Fraunhofer LBF ist nach DIN ISO EN 9001:2000 zertifiziert, das Prüflabor nach den Anforderungen der DIN ISO-IEC 17025 akkreditiert. Auf dieser Basis erfreut sich das Institut einer außerordentlich hohen Kundentreue, über Jahrzehnte hinweg. Diese zu halten und weiter auszubauen, ist Ziel unserer Arbeit.

Zukunft gestalten!

In enger Zusammenarbeit mit den assoziierten Fachgebieten an der TU Darmstadt greift das Fraunhofer LBF zukunftsorientierte Forschungsthemen auf und entwickelt sie im Verbund mit seinen Kunden gezielt zu Produkt- und Prozessinnovationen weiter. Es entstehen Lösungen, durch die neue Trends mitgeprägt werden. Dabei nutzt das Institut seine starken Kernkompetenzen systematisch und bereichsübergreifend: Die numerische und experimentelle Betriebsfestigkeit,

die Systemzuverlässigkeit, die Adaptronik und die Kunststofftechnik wurden insbesondere im letzten Jahrzehnt mit hoher Innovationskraft und großer Dynamik sowohl in der Tiefe als auch in der Breite ausgebaut. Das Institut fasst seinen Zukunftsplan in ein regelmäßig aktualisiertes Strategiedokument und lässt dieses durch externe Gutachter überprüfen und bewerten.

Was uns verbindet

Die vertrauensvolle, nachhaltig erfolgreiche Zusammenarbeit, im Team des Fraunhofer LBF und der Fraunhofer-Gesellschaft

ebenso wie mit Kunden und Partnern, betrachten wir als höchstes Gut. Dafür setzen sich die Führungskräfte und die Mitarbeiter des Fraunhofer LBF mit großem persönlichem Engagement ein. Die Grundlage bilden Leistungsbereitschaft, Integrität, Mut, Transparenz und Verbindlichkeit. Über ein gemeinsames Qualitätsverständnis im Team, gepaart mit Offenheit, Toleranz und gegenseitiger Wertschätzung, bringt das Fraunhofer LBF immer wieder innovative Forschungsergebnisse und marktfähige Lösungen hervor.

*„Regional,
national und
international.“*





Fraunhofer

LBF



Fraunhofer-Transferzentrum Adatronik



LOEWE-Zentrum AdRIA



Institutsgebäude Bereich Kunststoffe (Schlossgartenstraße)



Zentrum für Systemzuverlässigkeit/Elektromobilität ZSZ-e

Systematic Research!

More than 550 experts from different specialist fields put their collective expertise into interdisciplinary project work and R&D services at the Fraunhofer LBF and the associated disciplines of Macromolecular Chemistry and System Reliability and Machine Acoustics at the TU Darmstadt. The focus is on striving to achieve excellent results with maximum benefit for customers and project partners. As one of the most tradition-steeped institutes of the Fraunhofer-Gesellschaft, the Fraunhofer LBF can rely on nearly eight decades of experience in cooperating with OEMs and subcontractors, with large industrial companies such as SMEs, with partners from industry, commerce and from science. The LBF scientists have an excellent understanding of systems and value creation which is based not least on this experience.

For this, the Institute's team provides services along the entire value creation chain, extending from the material and its processing, implementation of the finished component or complex system to qualification in respect of safety and reliability. This is carried out in the performance fields of **Vibration Technology, Lightweight Construction, Reliability and Polymer Technology** and includes solutions ranging from product design to verification – customized for each individual client. Particularly in the performance field of polymer technology, the Institute can assist at a very early stage of value creation with polymer synthesis and in-depth material characterization.

Partner in the development process

The Fraunhofer LBF reaches a large number of different markets via its characteristically wide-ranging portfolio of skills and services. The Institute's customers come mainly from automotive and commercial vehicle construction, from the chemical industry but also from Machine and Plant Engineering, aviation and defense, railway transport engineering, shipbuilding, power engineering and many others. The scientists and engineers see themselves as active participants who guide their customers' innovation process, as catalysts and process accelerators.

They act as reliable partners in product development, analyze complex problems, develop, evaluate and implement customized solutions, especially for safety-related mechanical engineering systems, vibration-prone lightweight structures and complex electromechanical systems. They support structured product development processes, among other things according to the "V model".

In addition to the evaluation and optimized design of passive mechanical structures, they also develop mechatronic-adaptronic system solutions and implement prototypes. At the same time, the Fraunhofer LBF proactively refines appropriate numerical and experimental development methods and testing techniques. As a result, the Institute forms a strong link between science and industrial application – regionally, nationally and globally.

At the same time, the Institute's operational work is under critical examination due to ongoing analyses of customer satisfaction. The Fraunhofer LBF's management system is certified in accordance with DIN ISO EN 9001:2000, the testing laboratory is accredited in accordance with the requirements of DIN ISO-IEC 17025. Based on this, the Institute enjoys an extraordinary level of customer loyalty which extends over decades. The aim of our work is to maintain and develop this even further.

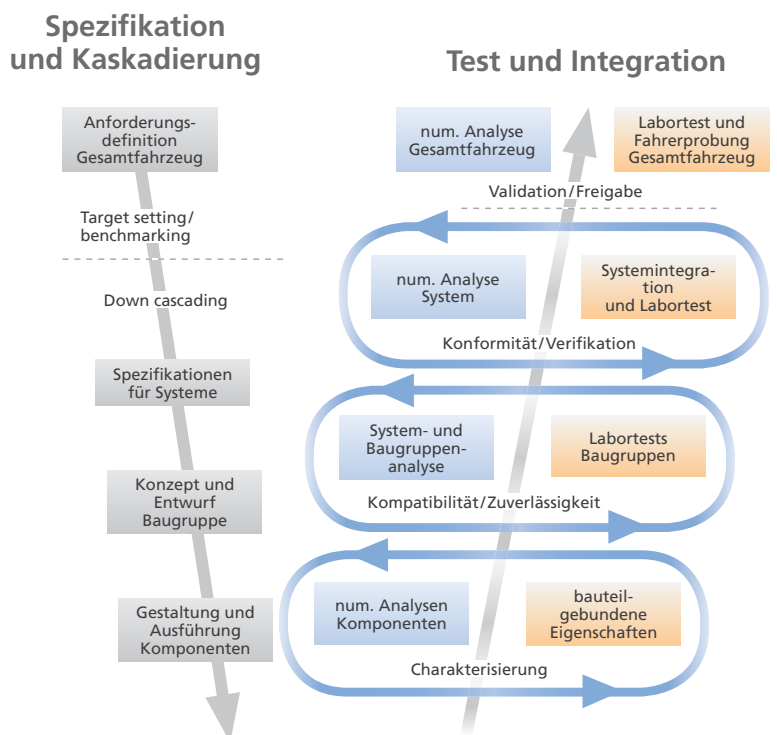
Shaping the future!

In close cooperation with the associated disciplines at the TU Darmstadt, Fraunhofer LBF picks up future-oriented research topics and specifically develops them into product and process innovations in association with its customers. This leads to solutions which in turn influence new trends. The Institute uses its strong core competencies systematically and interdepartmentally in this process. In the last decade in particular, numerical and experimental Structural Durability, adaptronics, System Reliability and plastics technology have been greatly expanded in terms of both depth and breadth employing a high level of innovative strength and exceptional dynamism. The Institute

drafts its future plan in a regularly updated strategy document and it has this document examined and assessed by external experts.

What unites us

We consider trusting, successful long-term cooperation, within the Fraunhofer LBF's team and the Fraunhofer-Gesellschaft, as well as with customers and partners, to be our most valuable asset. The managers and staff of the Fraunhofer LBF put a great deal of personal dedication into this. It is based on commitment, integrity, courage, transparency and responsibility. By way of a common understanding of quality in the team, coupled with openness, tolerance and mutual respect, the Fraunhofer LBF constantly produces innovative research results and marketable solutions.





„Mit Sicherheit innovativ –
Mit Leidenschaft am Markt.“



Kontakt

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

„Mit Sicherheit innovativ, mit Leidenschaft am Markt“ ist und bleibt das Fraunhofer LBF für Sie, unsere Kunden und Partner. Dabei gilt unser Engagement vor allem Ihrem Erfolg. Dies soll auch der vorliegende Jahresbericht zum Ausdruck bringen.

Sie finden darin eine große Spannweite neuer Projektbeispiele, wie etwa Untersuchungen zu Batteriesystem und Nutzerverhalten von Elektrofahrzeugen oder zu emissionsreduzierten Kunststoffcompounds. Es begegnen Ihnen aber auch viele weiterentwickelte Lösungsangebote zu bereits in früheren Berichten vorgestellten Themen wie etwa smarte Sensornetze zur Überwachung großer Bauwerke oder Gradientenklebstoffe für den betriebsfesten Leichtbau. Dies zeigt: Wir bleiben dran!

Mitarbeiter aus zehn LBF Forschungsabteilungen und den assoziierten Fachgebieten an der TU Darmstadt greifen marktrelevante Forschungsthemen auf, erarbeiten anwendungsspezifische Grundlagen, entwickeln die Themen in internen oder durch öffentliche Auftraggeber geförderten Forschungsprojekten systematisch bis zur Anwendungsreife weiter und begleiten ihre Partner schließlich bei der Überführung in die konkrete industrielle Anwendung. Hierfür setzen Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker ihr ganzes Know-how und ihre Erfahrung ein.

Wir haben den Anspruch, in unseren **Kernkompetenzen Betriebsfestigkeit, Systemzuverlässigkeit, Adaptionik und Kunststoffen** führend zu sein. Wir entwickeln diese systematisch weiter, um aktuellste wissenschaftliche Erkenntnisse, Anwendungserfahrung und die sichere Beherrschung auch komplexer Methoden in die Lösung Ihrer Aufgabenstellungen einfließen zu lassen. Wir freuen uns darüber, dass Ihre Anforderungen an uns dabei zunehmend komplexer werden. Dem stellt sich das Institut mit Systemkompetenz und interdisziplinärer, abteilungsübergreifender Zusammenarbeit, innerhalb des Fraunhofer LBF ebenso wie in partnerschaftlicher Kooperation mit externen Experten.

Die zentralen **Leistungsfelder** des Fraunhofer LBF sind **Schwingungstechnik, Leichtbau, Zuverlässigkeit und Polymertechnik**. Im vorliegenden Bericht präsentieren wir Ihnen zu jedem dieser Leistungsfelder ausgewählte Projektbeispiele vor dem Hintergrund jeweils ganz konkreter Fragestellungen und Forschungsaufträge. Einige unserer Kunden sowie einige Mitarbeiter haben Projekte aus ihrer jeweiligen Sicht kommentiert. Auch dies möge illustrieren, wie wir arbeiten und was Sie von uns erwarten dürfen. Bitte scheuen auch Sie sich nicht, uns Ihr Feedback zu geben!

Auf der Basis des spezifischen und zugleich weit gespannten Kompetenz- und Leistungsportfolios ist das Fraunhofer LBF in der Lage, fortschrittliche FuE-Lösungen für eine Vielzahl von Branchen und Marktsegmenten zu liefern. Wir bündeln diese Segmente in vier **Geschäftsfelder: Automotive, Transport, Maschinen- und Anlagenbau sowie Energie, Umwelt und Gesundheit**. Erfahrene Projektleiter mit entsprechendem Marktverständnis und Anwendungswissen erarbeiten im Dialog mit Ihnen maßgeschneiderte Lösungsangebote und schnüren mit großem Engagement ganzheitliche Leistungspakete individuell für Sie.

Wir freuen uns darauf, Sie auch in Zukunft in Ihrem Innovationsprozess und beim Technologietransfer unterstützen zu dürfen. Fordern Sie uns weiterhin - in bilateralen Einzelprojekten, in Verbundprojekten, in EU-Projekten oder in internationalen Kooperationen.

Darmstadt, im März 2015

Dr. Ursula Eul

Abteilungsleiterin Strategisches Management

The Fraunhofer LBF is and will remain “certainly innovative, passionately in the market” for you, our customers and partners. Our commitment is dedicated to your success. This annual report also aims to convey these principles.

You will find a huge range of new project examples in this report, such as studies on battery systems and user behavior of electric vehicles or emission-reducing plastic compounds. You will also come across many advanced solutions to topics introduced in earlier reports, such as smart sensor networks for monitoring large structures or gradient adhesives for structurally durable Lightweight Construction. This shows that we’re staying on course!

Employees from ten LBF research departments and associated disciplines at the TU Darmstadt pick up market-relevant research topics, work out application-specific principles, systematically develop the topics in research projects in-house or funded by public-sector customers until ready for commercial application, and ultimately support their partners during the transfer to concrete industrial use. Scientists, engineers and technicians employ all their expertise and experience to achieve this.

We aim to be leaders in our **core competencies of Structural Durability, Smart Structures, System Reliability and Plastics**, and we are developing these skills systematically in order to incorporate the latest scientific findings and reliable mastery of even complex methods in the solution to your problems. We are delighted that what you require of us is also becoming increasingly complex in the process. The Institute meets these challenges with systems competence and interdisciplinary, interdepartmental cooperation both within the Fraunhofer LBF as well as in collaborative cooperation with external experts.

The **key service areas** of the Fraunhofer LBF are **Vibration Technology, Lightweight Construction, Reliability and Polymer Technology**. In this report, we present selected project examples for each of these performance fields in light of very specific questions and research assignments in each case. Some of our customers and some employees have each commented on projects from their point of view. This, too, may illustrate how we work and what you can expect from us. Please do not hesitate to give us your feedback!

Based on the specific, yet wide-ranging portfolio of expertise and services, the Fraunhofer LBF is able to deliver progressive R&D solutions for a large number of industries and market segments. We group these segments into four **business areas: Automotive, Transport, Machine and Plant Engineering plus Energy, Environment and Health**. Experienced project managers with the appropriate market understanding and application knowledge in these areas develop customized solutions in consultation with you. They are then committed to putting together integrated service packages with your specific requirements in mind.

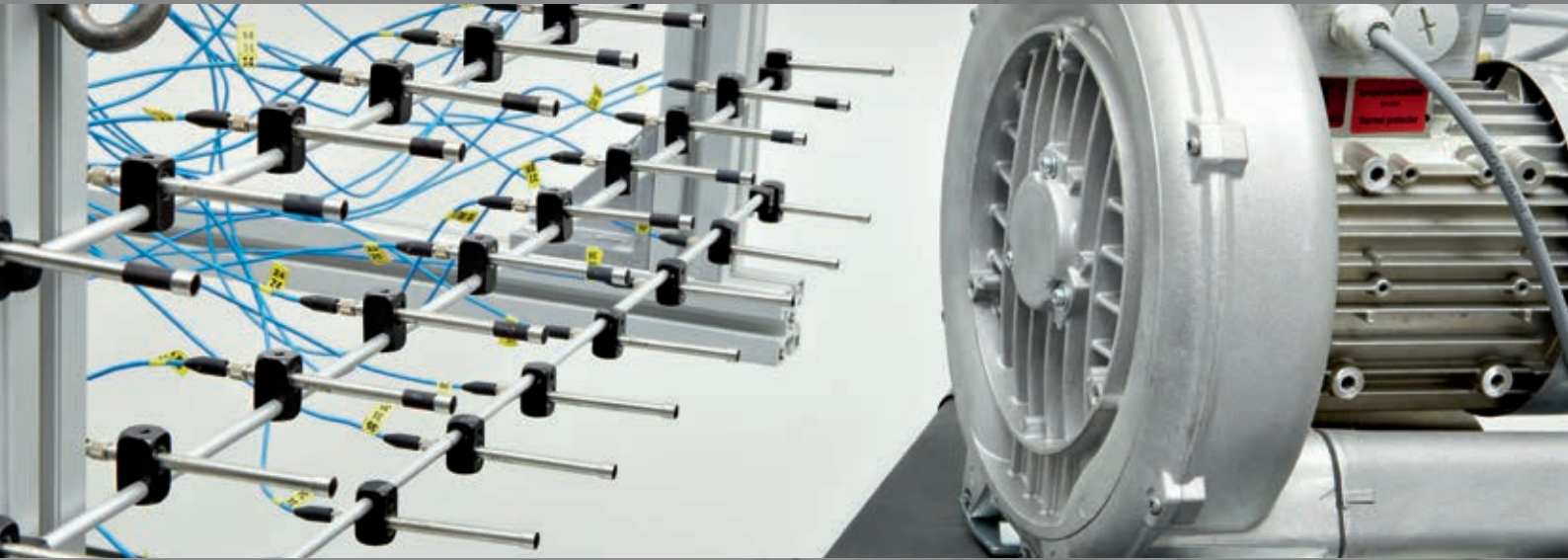
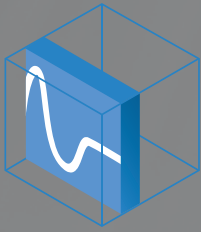
We look forward to assisting you with your innovation process and technology transfer in the future. Continue to challenge us – in individual bilateral projects, in collaborative projects, in EU projects or in international cooperation.

Darmstadt, March 2015



Dr. Ursula Eul
Head of Strategic Management





Aktoren und Sensoren
Dipl.-Ing. M. Matthias

**Betriebsfester und
funktionsintegrierter Leichtbau**
Prof. Dr.-Ing. A. Büter

**Strukturdynamik und
Schwingungstechnik**
Dr.-Ing. S. Herold

**Zentrum für Systemzuverlässigkeit /
Elektromobilität ZSZ-e**
Dr.-Ing. Ch. el Dsoki

**SCHWINGUNGS-
TECHNIK**
VIBRATION
TECHNOLOGY

Baugruppen und Systeme
Dipl.-Ing. M. Wallmichrath

**Zuverlässige Signalverarbeitung
und Strukturüberwachung**
Dr.-Ing. D. Mayer

Rezeptentwicklung und Dauerhaftigkeit
Dr. rer. nat. R. Pfaendner

Schwingungstechnik mit System.

Systematic Vibration Technology.

Schwingungen und Lärm treten in vielen Anwendungen häufig als unerwünschte Begleiterscheinungen auf. Hier beeinträchtigen sie Betriebssicherheit, Funktionalität, Genauigkeit und Produktivität von Prozessen und Systemen. Insbesondere Leichtbaustrukturen sind hiervon betroffen. Außerdem wirken Schwingungen und Lärm auf den Menschen ein und können dabei zu Komforteinbußen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Damit kommt schwingungstechnisch optimierten Produkten eine zunehmend hohe Bedeutung zu.

Aufgrund der meist hohen Komplexität bei schwingungstechnischen Fragestellungen arbeiten Forscher am Fraunhofer LBF an effizienten Methoden für die Entwicklung optimierter Systeme. Hierbei werden diverse Fragestellungen beginnend mit der numerischen und/oder experimentellen Analyse der Problemstellung, über die Anpassung der Materialeigenschaften von Kunststoffen, die Charakterisierung von Komponenten und Baugruppen, die Bildung von Systemmodellen bis hin zur Umsetzung und Systemintegration betrachtet. Die abschließende Bewertung der Systeme im Labor oder im Feldtest sichert Funktionalität und Zuverlässigkeit ab. Neben klassischen passiven Ansätzen werden am Fraunhofer LBF auch aktive Maßnahmen zur Verbesserung der Systemdynamik eingesetzt. Damit sind wir in der Lage, selbst bei schwierigen Fragestellungen entlang des Produktentstehungsprozesses ganzheitlich und zielgerichtet zu unterstützen. Unsere Kunden profitieren außerdem von der hervorragenden experimentellen und numerischen Ausstattung unseres Instituts.

Das besondere Potenzial für die Realisierung schwingungstechnisch optimierter Systeme ergibt sich mit der Bündelung sich ergänzender Kompetenzen. Durch eine ganzheitliche Betrachtung – idealerweise bereits während der Entwicklung – können wir Lösungen für Produkte mit maßgeschneiderten dynamischen Eigenschaften anbieten. Im Vordergrund stehen häufig die Sicherstellung von Funktion und Effizienz unter definierten Randbedingungen (**mehr dazu ab Seite 37**).

Vibrations and noise occur in many applications often as undesirable side-effects. In this case, they compromise the operational safety, functionality, accuracy and productivity of processes and systems. This particularly affects lightweight structures. In addition, vibrations and noise have an effect on people and can lead to sacrifices in terms of comfort and even health problems. As a result, vibration-optimized products are becoming increasingly important.

Due to the usually high level of complexity in vibration control problems, researchers at the Fraunhofer LBF are working on efficient methods for the development of optimized systems. Several issues are considered, starting with numerical and/or experimental analysis of the problem, adaptation of the material properties of plastics, characterization of components and assemblies, creation of system models and extending to implementation and system integration. Final evaluation of the systems in the laboratory or in field tests ensures functionality and reliability. In addition to traditional passive approaches, the Fraunhofer LBF also employs active measures to improve system dynamics. As a result we are able to provide integrated and targeted support even for difficult issues during the product development process. Our customers also benefit from the excellent experimental and numerical amenities of our institute.

The special potential for implementing vibration-optimized systems is the result of pooling many different, complementary skills. Using an integrated approach – ideally during the development phase – we can offer solutions for products with customized dynamic properties. The focus here is frequently on ensuring function and efficiency under defined boundary conditions (**More on page 37**).



Strukturdynamik und Schwingungstechnik
Dr.-Ing. S. Herold

**Betriebsfester und
funktionsintegrierter Leichtbau**
Prof. Dr.-Ing. A. Büter

LEICHTBAU
LIGHTWEIGHT
DESIGN

Baugruppen und Systeme
Dipl.-Ing. M. Wallmichrath

Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung
Dr.-Ing. J. Wieser

Leichtbau mit System.

Systematic Lightweight Construction.

Ressourcenproduktivität und –effizienz sind zentrale Elemente einer Nachhaltigkeitsstrategie für Produkte, von der Herstellung, über die Nutzung bis zur Entsorgung. Im Betrieb ist das Gewicht oft von entscheidender Bedeutung. Die Fahrwiderstände eines Kraftfahrzeugs etwa, und damit der Kraftstoffverbrauch, sind unmittelbar von seiner Masse abhängig. Leichtbau wird zum konkreten Entwicklungsziel.

Die Gestaltung effizienter Lösungen umfasst viele Aspekte: Werkstoffentwicklung und -verarbeitung, Auslegung, Konstruktion, Fertigungs- und Fügetechnologie, Bewertungs- und Nachweisverfahren, die auch unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit überzeugen müssen. Die Lösung solcher Aufgaben erfordert umfassendes Knowhow und systemisches Verständnis. Die Kenntnis relevanter Belastungszustände und -häufigkeiten ist Voraussetzung für die Optimierung einer Konstruktion: LBF Wissenschaftler ermitteln hierfür Lastdaten mit rechnerischen und messtechnischen Methoden.

Mit der Bewertung von Werkstoff- und Fertigungseigenschaften erfolgt der nächste Schritt: Stahl und Eisenguss, NE-Metalle sowie Sinterwerkstoffe, aber auch Polymer- und faserverstärkte Composite-Materialien werden in den akkreditierten Laboren des Fraunhofer LBF umfassend geprüft. Statistische Methoden und modernste zerstörungsfreie Prüfverfahren – u. a. Computertomographie – machen die Ergebnisse sicher und exakt. Mit systemischem Blick auf den Leichtbau entstehen Produkte, die so leicht wie möglich sind und für die vorgesehene Nutzungsdauer ihre Funktion sicher und zuverlässig erfüllen. Oder Bauteile mit integrierten Sensoren, Aktoren und Funktionselementen, die Wartungs- und Servicebedarf melden oder sogar aktiv in das Strukturverhalten eingreifen.

Festigkeit, Haltbarkeit und Schwingungsverhalten definieren Randbedingungen und Anwendungsgrenzen für viele Leichtbaulösungen: Das Fraunhofer LBF unterstützt bei konzeptionellen Fragestellungen, in der Entwicklung sowie abschließend bei Test und Validation **(mehr dazu ab S. 51)**.

Resource productivity and resource efficiency are key elements of a sustainability strategy for products along the path from manufacturing to use and disposal. Weight is often crucial, particularly for the operating phase. For example, major driving resistances of a motor vehicle, and therefore the fuel consumption, depend directly on its mass. Lightweight Construction is becoming a concrete development goal.

The design of efficient lightweight solutions includes miscellaneous aspects: the development and processing of materials, design and construction technologies, manufacturing and joining technologies, assessment and verification methods which also have to be economical solutions. The implementation of reliable lightweight solutions requires extensive expertise and systemic understanding. Knowledge of relevant loading conditions and frequencies is essential for design optimization: LBF scientists determine this load data using computational and measurement methods.

The next step is the characterization and evaluation of materials and manufacturing properties: Steel and cast iron, non-ferrous metals and sintered materials, but above all polymer and fiber-reinforced composite materials are thoroughly investigated in LBF accredited laboratories. Statistical methods and state-of-the-art non-destructive test procedures – including CT – make our results reliable and accurate. A systematic view of Lightweight Construction helps to realize products that are as light as possible and fulfill their function safely and reliably for the product's intended service life. Or components that integrate sensors, actuators and functional elements which report maintenance and service needs, or actively intervene in the structural behavior.

Strength, durability and vibration behavior are difficult boundary conditions for many lightweight solutions and define application limits: LBF helps customers with conceptual issues, with development and subsequently with testing and validation. **(More on page 51)**.



Aktoren und Sensoren
Dipl.-Ing. M. Matthias

**Zentrum für Systemzuverlässigkeit /
Elektromobilität ZSZ-e**
Dr.-Ing. Ch. el Dsoki

Werkstoffe und Bauteile
Dipl.-Ing. H. Kaufmann

ZUVERLÄSSIGKEIT
RELIABILITY

**Zuverlässige Signalverarbeitung
und Strukturüberwachung**
Dr.-Ing. D. Mayer

**Betriebsfester und
funktionsintegrierter Leichtbau**
Prof. Dr.-Ing. A. Büter

Rezepturenentwicklung und Dauerhaftigkeit
Dr. rer. nat. R. Pfaendner

Zuverlässigkeit mit System.

Systematic Reliability.

Die Zuverlässigkeit technischer Produkte und Systeme ist nicht direkt messbar. Es ist nicht möglich, den Ausfall eines Bauteils oder eines Systems vollständig auszuschließen. Nicht zuletzt dank der Arbeiten und Forschungsergebnisse des Fraunhofer LBF sind heute viele technische Produkte dennoch ausgereift, robust und wartungsarm.

Gerade in der Automobil-, Schienenfahrzeug- und Luftfahrt-industrie werden viele Strukturen betriebsfest ausgelegt, d. h. Schäden innerhalb typischer Nutzungsperioden werden weitgehend ausgeschlossen – vielfach ohne zwischenzeitliche Inspektionen und/oder Wartungsumfänge. Seit mehr als 75 Jahren arbeitet das Fraunhofer LBF kontinuierlich daran, Unsicherheiten in technischen Produkten beherrschbar zu machen.

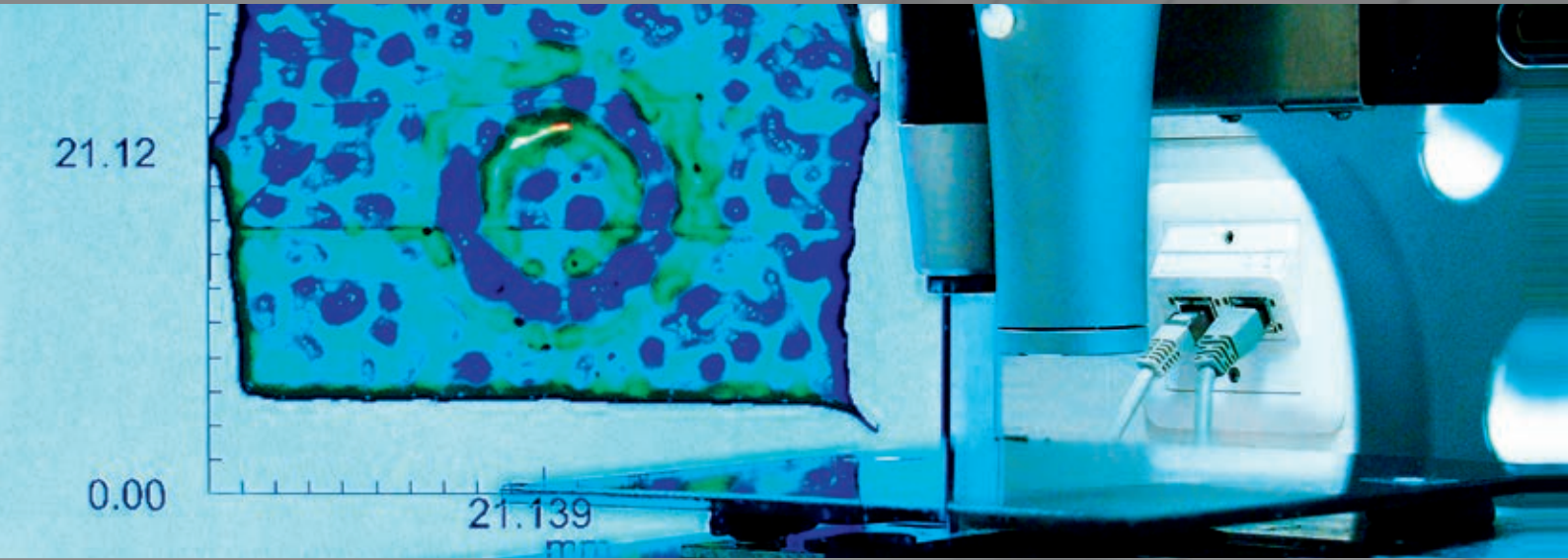
Umfassendes Verständnis für im Betrieb wirksame Lasten und Umwelteinflüsse, Werkstoff- und fertigungstechnische Eigenschaften sowie Gestaltung und Konstruktion sind hierfür notwendig: die Wissenschaftler des LBF stellen dazu Methoden sowie Kompetenzen zur Verfügung, gerade auch für neue Materialien (u. a. Composite-Werkstoffe und -Strukturen), modernste Füge- oder Fertigungsprozesse (u. a. machineable ADI), Strukturkomponenten (u. a. aktive Systeme zur Lastminderung) oder komplette Systeme (u. a. Fahrzeugrohkarosserie oder Batteriesysteme für EV). Außerdem beschäftigt sich das LBF mit der Lastdatenerfassung und -analyse sowie mit kosteneffizienten Monitoringverfahren, um die im Betrieb wirksame Belastung und Beanspruchung messtechnisch zu erfassen.

Mit der Integration elektromechanischer Komponenten steigen Komplexität und Anzahl möglicher Ausfallursachen. Die Zuverlässigkeit solcher Systeme erfordert ein multiphysikalisches Lebensdauermanagement sowie entsprechende Testverfahren. Das Fraunhofer LBF arbeitet an Methoden, die Zuverlässigkeit und Funktionssicherheit bereits im Auslegungsprozess zu berücksichtigen, Fehler- und Ausfallmechanismen zu verstehen, zu bewerten und kostengünstige Ansätze für Last- und Health-Monitoring umzusetzen **(mehr dazu ab S. 63)**.

The Reliability of technical products and systems is an attribute that is not directly measurable. It is not possible to completely rule out the failure of any component or system. However - because of the Fraunhofer LBF work and research results - many technical products are now highly developed, robust and low-maintenance. Today, many structures, particularly in the automotive, railway and aviation industries, are designed to be structurally durable, i.e. damage within typical usage periods has been very largely excluded – often without interim inspections and/or maintenance work. Our team has been working continuously for more than 75 years on becoming better and better at managing uncertainties in technical products.

It is necessary to have extensive understanding of the loads and environmental influences effective during operation, the materials and manufacturing properties, and the design and construction. The scientists at the Fraunhofer LBF work on precisely these issues in many departments and provide methods and skills, particularly for new materials (e.g. engineering plastics, composite materials and structures), advanced joining or manufacturing processes (e.g. thread forming or machineable ADI), structural components (e.g. elastomeric bearings and active systems for load reduction) or complete systems (e.g. body-in-white or battery systems for power supplies). We also deal in-depth with the acquisition and analysis of load data, as well as cost-effective monitoring methods for measuring and recording the stress and strain effective during operation.

The complexity and number of possible causes of failure increases as electronic, software and control components are integrated. The reliability of such systems requires multi-physical life cycle management and appropriate test procedures. Fraunhofer LBF is working on methods for taking into account reliability and functional safety at the design process stage, for understanding and evaluating fault and failure mechanisms, or for implementing low-cost approaches to load and 'health' monitoring. **(More on page 63)**.

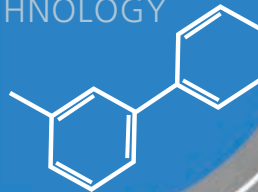


Polymersynthese
Prof. Dr. rer. nat. M. Döring

**Betriebsfester und
funktionsintegrierter Leichtbau**
Prof. Dr.-Ing. A. Büter

**Kunststoffverarbeitung
und Bauteilauslegung**
Dr.-Ing. J. Wieser

POLYMERTECHNIK
POLYMER
TECHNOLOGY



Rezepturenentwicklung und Dauerhaftigkeit
Dr. rer. nat. R. Pfaendner

Polymertechnik mit System.

Systematic polymer technology.

Maßgeschneiderte Kunststoffe, Kunststoffverbunde und Kunststoffverarbeitungstechnologien sind wesentliche Elemente, um den globalen Herausforderungen der Zukunft wie Mobilität, Kommunikation, Gesundheit, Ernährung, Klimaschutz und Sicherheit zu begegnen. Leistungsfähige und zuverlässige Kunststoffe übernehmen dabei Schlüsselfunktionen bei der Ressourcen- und Energieeffizienz. Durch Leichtbau werden Autos und Flugzeuge dank Kunststoff sparsamer. Mit Kunststoff gedämmte Häuser benötigen weniger Energie und helfen damit, den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern. Kunststoffe sind nachhaltig, können nach ihrem ersten Leben hochwertig recycelt oder aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. Kunststoffe werden darüber hinaus mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet, wie elektrische und thermische Leitfähigkeiten, Sensorik, Flammschutz oder Lichtstabilität.

Das Fraunhofer LBF begleitet in der Polymertechnik die gesamte Entwicklungskette von der chemischen Synthese, der Formulierungsentwicklung, der Verarbeitung und Prüfung über die Simulation bis zur Prüfung und Freigabe des Endteils.

Das Fraunhofer LBF bietet in einmaliger Weise ein Netzwerk der Kompetenzen in der Polymertechnik. Kunststoffe mit optimiertem Eigenschaftsprofil werden synthetisiert oder bestehende Produkte gemäß Anforderungen modifiziert. Leistungsfähige Additive sind der Schlüssel zu Innovationen und Garantien für den dauerhaften Einsatz von Kunststoffen, z. B. in Außenanwendungen. Chemische Materialanalytik und physikalische Werkstoffcharakterisierung sind essentielle Gebiete von einer praxisnahen Rezepturempfehlung, für Struktur/Eigenschaftsbeziehungen und bis hin zur Schadensanalytik. Verarbeitung durch Compoundierung und Spritzguss sowie Materialmodelle und effiziente Methoden zur Materialdatenermittlung und Bauteilprüfung stehen zur Verfügung.

Wir helfen Ihnen in Ihrem gesamten Entwicklungsprozess zu konkurrenzfähigen Bauteil- und Systemlösungen vom Konzept bis zur Validierung (**mehr dazu ab Seite 81**).

Customized plastics, composite plastics and plastics processing technologies are important elements for meeting the global challenges of the future, such as mobility, communication, health, nutrition, climate protection and security. This is where efficient and reliable plastics assume key functions in resource and energy efficiency. Cars and planes will become more economical thanks to Lightweight Construction. Houses insulated with plastics will require less energy and will therefore help to reduce the emission of greenhouse gases. Plastics are sustainable, they can be recycled to a high degree after their first life cycle or can be manufactured from renewable raw materials. In addition to this, plastics are equipped with additional functions such as appropriate electrical and thermal conductivities, sensor technology, flameproofing or light stability.

In polymer technology, the Fraunhofer LBF provides support for the entire development chain from chemical synthesis, formulation development with appropriate additives, processing and testing of plastics to simulation, finished parts testing and approval.

The Fraunhofer LBF offers a unique network of expertise in polymer technology. Plastics with an optimized features profile are synthesized or existing products are modified according to requirements. High-performance additives are the key to innovations and a guarantee for the long-term use of plastics, e.g. in outdoor applications. Chemical material analysis and physical material characterization are essential areas of practical recommendation for the formulation, for structure-property relationships through to failure analysis. Processing by compounding and injection molding as well as material models and efficient methods for determining material data and component testing are all available.

We will help you throughout your entire development process to find competitive component and system solutions from design concept to validation (**More on page 81**).



Unser Engagement für Ihren Erfolg.

Our commitment for your success.



AUTOMOTIVE – Pkw, Nfz und Sonderfahrzeuge

AUTOMOTIVE – Cars, commercial vehicles and special vehicles

Mit ganzheitlichen FuE-Angeboten unterstützt das Fraunhofer LBF den Produktentwicklungsprozess bei OEM und Zulieferern. Dies gilt für konventionell und für elektrisch angetriebene Fahrzeuge. Von der Fahrbetriebsanalyse und Ableitung relevanter Anforderungen für Werkstoffe, für die Auslegung von Bauteilen und Systemen, über die Optimierung und prototypische Umsetzung mechanischer, elektromechanischer und signalverarbeitungstechnischer Komponenten bis hin zu Systemintegration, Inbetriebnahme und Bewertung. Den Erfordernissen einer nachhaltigen Mobilität trägt das Fraunhofer LBF nunmehr auch mit spezieller Prüftechnik im Zentrum für Systemzuverlässigkeit/Elektromobilität ZSZ-e Rechnung.

The Fraunhofer LBF supports the product development process among OEMs and suppliers with a range of integrated R&D services. They apply to both conventional and electrically driven vehicles. From the analysis of driving conditions and derivation of relevant requirements for the design of components and systems, optimization and prototypical implementation of mechanical, electromechanical and signal processing technology components to system integration, commissioning and evaluation. The Fraunhofer LBF now takes account of the requirements for sustainable mobility with its special testing technology at the Center for *System Reliability/Electric Mobility ZSZ-e*.

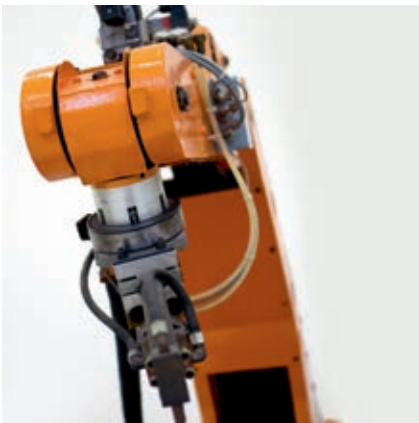


TRANSPORT – Luft- und Raumfahrt, Schiffbau, schienengebundene Fahrzeuge

TRANSPORT – Aviation and aerospace, shipbuilding, rail vehicles

Die Reduktion von Lärm- und Emissionsbelastungen auf Mensch und Umwelt, die Erhöhung der Energieeffizienz und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch Kostensenkung über den gesamten Lebenszyklus sind im Schienenverkehr, in der Luftfahrt und im Schiffbau unverkennbare Trends. Daraus leiten sich FuE-Herausforderungen wie z. B. die Entwicklung energieeffizienter Antriebe, Energierückgewinnungsstrategien, funktionsintegrierte und System-Leichtbaukonzepte ab. Das LBF unterstützt beispielsweise durch Verfahren der Versuchszeitverkürzung, angepasste Prüfverfahren, neue Materialien, mechatronische Systemlösungen und Methoden der Zuverlässigkeitsbewertung.

Reduction of noise and emission loads on people and the environment, advances in energy efficiency and increasing competitiveness due to cost reductions throughout the entire life cycle are unmistakable trends in rail transport, aviation and shipbuilding. This results in R&D challenges such as the development of energy-efficient drives, energy recovery strategies, functionally integrated and lightweight system design concepts. The LBF provides support, for example, with procedures for reducing test times, adapted test procedures, new materials, mechatronic system solutions and methods of reliability assessment.



MASCHINEN- UND ANLAGENBAU
MACHINE AND
PLANT ENGINEERING

Die Maschinenteknik hat in der Energieerzeugung, Fluidtechnik, Robotik, Automation, Landtechnik, Präzisionstechnik und vielen weiteren Segmenten des Maschinen- und Anlagenbaus besondere Bedeutung. Aufgaben für die FuE sind z.B. Verbesserung von Präzision, Energieeffizienz, Leichtbaueigenschaften und Einsatzdynamik sowie die Reduktion von Ausfall- und Wartungszeiten. Das Fraunhofer LBF bietet Lösungen auf Komponenten- und Systemebene wie die Optimierung des Schwingungsverhaltens, aktorische Baugruppen für Automatisierungsaufgaben, Technologien zur Zustandsüberwachung auch im Kontext Industrie 4.0 sowie angepasste Kunststoffe und Konstruktionsprinzipien.

Mechanical engineering is of particular importance in power generation, fluid technology, robotics, automation, agricultural engineering, precision engineering and many other segments of Machine and Plant Engineering. Examples of R&D tasks are improvement of precision, energy efficiency, lightweight properties and application dynamics as well as the reduction of downtimes and maintenance times. The Fraunhofer LBF offers solutions at component and system level, such as optimization of the vibrational behavior, actuator assemblies for automation tasks, technologies for status monitoring also within the context of Industry 4.0, and adapted plastics and design principles.



ENERGIE, UMWELT UND GESUNDHEIT
ENERGY, ENVIRONMENT AND
HEALTH

Das LBF unterstützt Unternehmen der Branchen Energie, Umwelt und Gesundheit bei der Entwicklung leichter, schwingungsarmer, leiser und zuverlässiger Produkte auf Material-, Bauteil- und Beanspruchungsebene. Beispiele sind: Bewertung, Optimierung und Überwachung von Kraftwerkskomponenten hinsichtlich ihres schwingungstechnischen Verhaltens und ihrer Zuverlässigkeit, Überwachung von Strukturen und Systemen u. a. durch energieautarke Sensornetzwerke, Verbesserung des vibroakustischen Verhaltens dezentraler Energieversorgungseinrichtungen, die erhöhte akustische Anforderungen definieren, Optimierung der Zuverlässigkeit technischer Komponenten beim Transport zum Einsatzort.

The LBF supports companies in the Energy, Environment and Health sectors during the development of lighter, low-vibration, quiet and reliable products at the material, component and stress levels. Examples of this are: evaluation, optimization and monitoring of power plant components with regard to their vibration behavior and their Reliability, monitoring of structures and systems, among other things by means of self-sufficient sensor networks, improving the vibroacoustic behavior of distributed energy supply systems, defining the increased acoustic requirements, optimizing the Reliability of technical components during transport to the job site.



Kontakt

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

„Die Betriebsfestigkeit ist ein ‚hidden champion‘ für die Realisierung kosteneffizienter Leichtbaukonstruktionen, und das LBF ist stolz auf seine führende Rolle in dieser Wissenschaftsdisziplin.“

Dipl.-Ing. R. Heim

BEREICH BETRIEBSFESTIGKEIT

Die Betriebsfestigkeit ist heute in vielen Branchen etabliert, speziell aber in denen der Verkehrstechnik – also im Straßen- und Schienenfahrzeugbau, in der Binnen- und Seeschifffahrt sowie in der Luftfahrt. Die Aufgaben in der Betriebsfestigkeit beschreiben sich einheitlich als die Bewertung und Überwachung von Schädigungsmerkmalen und -größen, die bei bestimmungsgemäßer Nutzung in keinem Fall jenseits der Schwelle eines sicheren und zuverlässigen Betriebs sein dürfen. Hierfür werden in vielfältiger Weise numerische Methoden, messtechnische Verfahren sowie Funktions- und Lebensdauerprüfungen mit Komponenten, Baugruppen sowie vollständigen Systemen durchgeführt. Aufgrund deutlicher Vorteile hinsichtlich Zeit, Kosten und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse werden experimentelle Tests und Prüfungen häufig im Rahmen von Laborerprobungsumfängen abgebildet; dies war und ist einer der Schwerpunkte des Fraunhofer LBF. In den Jahren seit 2009 wurden im Hinblick auf möglichst wirklichkeitsnahe Prüfungen eine ganze Reihe von komplexen multiaxialen Systemprüfständen beschafft bzw. in eigener Leistung entwickelt und aufgebaut. Beispiele hierfür sind der MTS-Vollfahrzeugprüfstand, der mit eigenen Fahrzeugfesselungskonzepten ergänzt wurde sowie die im Institut erweiterten Nfz-ZWARP Prüfeinrichtungen oder der Rad-Straßensimulator mit Parallelkinematik (Hexapod).

Für den Forschungsbereich Betriebsfestigkeit stehen heute leistungsfähige und vollständige numerische, messtechnische sowie experimentelle Methoden und Verfahren zur Verfügung, die in Forschungs- und Industrieprojekten erfolgreich eingesetzt und marktgerecht weiterentwickelt werden.

Profilierung und Kompetenzerweiterung in der Betriebsfestigkeit werden durch die beiden Abteilungen in diesem Forschungsbereich gewährleistet, die mit großer Nähe zu industriellen Partnern forschen und entwickeln.

Werkstoffe und Bauteile (Dr.-Ing. Heinz Kaufmann)

Schwerpunkte:

- Beanspruchbarkeitsanalyse von zyklisch belasteten metallischen und keramischen Werkstoffen und Bauteilen.
- Numerische Methoden- und Prozessentwicklung sowie Validation durch Rückführung experimenteller Ergebnisse.
- Versuchstechnische Ermittlung von Einflüssen aus Konstruktion, Fertigung, Oberflächennachbehandlungen und Belastung auf die Schwing- und Wälzfestigkeit sowie deren FEM-gestützte Bewertung.
- Angepasste Prüftechnik mit hochfrequenten variablen Amplituden und/oder kleinen Lasten sowie für verschiedene Umgebungsmedien wie z. B. Kraftstoffe, Wasserstoff oder korrosive wässrige Lösungen.

Baugruppen und Systeme (Dipl.-Ing. Marc Wallmichrath)

Schwerpunkte:

- Betriebsfeste Auslegung und abschließende Freigabeversuche aus einer Hand unter Nutzung numerischer wie experimenteller Werkzeuge.
- Kundenspezifische Bearbeitung von Fragestellungen aus jeder gewünschten Ebene des Entwicklungsprozesses.
- Ganzheitliche Systemsimulation und -optimierung mit Hilfe numerischer Verfahren.
- Betriebslastennachfahrversuche für die finale Produktabsicherung und standardisierte Nachweisversuche.



STRUCTURAL DURABILITY DIVISION

Structural Durability is well established today in many branches of industry, especially in traffic technology: in street and rolling stock construction, inland waterway and maritime navigation and in aviation. Structural Durability tasks are uniformly described as the assessment and monitoring of damage characteristics and parameters that, with proper usage, may not go beyond the threshold of safe and reliable operation. Numerical methods, measurement procedures and function as well as fatigue life tests are carried out in a number of ways with components, assemblies and complete systems. Because of considerable advantages regarding time, cost and reproducibility of the results, experimental tests and assessments often take place within in the scope of laboratory tests. This was and is one of the focal areas of Fraunhofer LBF. Since 2009 a whole series of complex multiaxial system test stands have been either procured or developed and set up by the institute itself in order to carry out tests that are as realistic as possible. Examples are the MTS full vehicle test stand that was supplemented with its own vehicle tying concepts as well as the Nfz-ZWARP test stand or wheel-road simulator with parallel kinematics (hexapod). Today, high-performance and complete numerical measurement and experimental methods and processes are available for the research area of Structural Durability that are successfully applied in research and industry projects and are further developed to meet market demands.

The establishment of a profile in Structural Durability and the expanding of its competencies are guaranteed by both departments in this research area. They do research and create developments in close cooperation with industrial partners.

Materials and Components (Dr.-Ing. Heinz Kaufmann)

Focal Points:

- Strength analysis of metallic and ceramic materials and components under cyclical loading.
- Numerical methods and process development as well as validation by following up on experimental results.
- Experimental determination of influences from construction,

manufacture, surface treatment and loading on the cyclical and rolling contact fatigue and FEM-supported analysis.

- Adapted testing technology with high frequency and variable amplitudes and/or small loads for different environmental media such as fuels, hydrogen or corrosive liquid solutions.

Assemblies and Systems (Dipl.-Ing. Marc Wallmichrath)

Focal Points:

- Structurally durable design and final clearance tests from one source using numerical and experimental tools.
- Customer-specific work on issues at every desired level of the development process.
- Comprehensive simulation of the system and optimization with the aid of numerical procedures.
- Operating load follow-up tests for final product validation and standardized verification tests.

“Structural Durability is a hidden champion for the implementation of cost-efficient lightweight structures and the LBF is proud of its leading role in this scientific discipline.”

Dipl.-Ing. R. Heim



Kontakt

Prof. Dr.-Ing. T. Melz
Institutsleiter (komm.)
Bereichsleiter Adaptronik
Telefon: +49 6151 705-252
tobias.melz@lbf.fraunhofer.de

„Adaptronik-Kompetenzen erweitern den technischen Lösungsraum für strukturmechanische Produktentwicklungen deutlich. Es entstehen neuartige Problemlösungen mit bewährten und fortschrittlichsten smarten Strukturansätzen.“

Prof. Dr.-Ing. T. Melz

BEREICH ADAPTRONIK

Der Bereich Adaptronik fokussiert auf Fragestellungen der Überwachung und Eigenschaftsverbesserung von mechanischen Produkten. Dabei stehen die Verbesserung des schwingungstechnischen Verhaltens und des Leichtbaus, die Steigerung der Zuverlässigkeit sowie die system- bis bauteiltechnische Integration sensorischer und aktorischer Funktionen im Vordergrund. Das Team entwirft, bewertet und verbessert zusammen mit seinen Auftraggebern mechanische Produkte. Hierfür kommen fortgeschrittene Methoden der Strukturanalyse, Strukturmechanik und Signalverarbeitung zum Einsatz, die die Kompetenzen des Faserverbundleichtbaus sowie neuartiger Aktoren und Sensoren mit einbeziehen. Es entstehen innovative Produktlösungen mit erheblichen Vorteilen bei schwingungstechnischen Eigenschaften, Leichtbau, Performanz, Komfort und Wartungsaufwand.

Eine umfassende Entwurfskette bestehend aus experimenteller Strukturanalyse, numerischen Verfahren für Auslegung und Simulation, Fertigung von prototypischen Funktionsmustern sowie Methoden und Werkzeuge zur Absicherung von Funktion und Zuverlässigkeit im Labor und im Feldversuch steht zur Verfügung. Neben den neuartigen mechatronischen und adaptronischen Strukturmaßnahmen werden selbstverständlich auch fortschrittliche passive Strukturmaßnahmen berücksichtigt. Die vier Forschungsabteilungen ergänzen und verknüpfen sich für die Entwicklung komplexer adaptronischer Struktursysteme optimal.

Strukturmechanik und Schwingungstechnik

(Dr.-Ing. Sven Herold) Schwerpunkte:

- Schwingungstechnische Analyse, Auslegung und Bewertung von Produkten und Systemen mit numerischen und experimentellen Methoden.
- Entwicklung und Anwendung moderner Methoden der Schwingungsmesstechnik und der numerischen Systemsimulation.
- Vibroakustische Optimierung strukturdynamischer Systeme mit passiven und aktiven Maßnahmen.

Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau

(Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter) Schwerpunkte:

- Charakterisierung neuer Leichtbaumaterialien.
- Bewertung und Optimierung der Betriebsfestigkeit von Leichtbaustrukturen, auch unter Umweltbelastung.
- Auslegung und prototypische Fertigung konventioneller und funktionsintegrierter Kunststoffbauteile.
- Entwicklung und Bewertung angepasster SHM-Systeme.
- Entwicklung angepasster Berechnungs- und Prüfverfahren.

Zuverlässige Signalverarbeitung und Strukturüberwachung

(Dr.-Ing. Dirk Mayer) Schwerpunkte:

- Systementwicklung mit Rapid-Control-Prototyping und Hardware-in-the-Loop-Methoden.
- Signalverarbeitung und Regelungstechnik für aktive Systeme.
- Entwicklung elektronischer und eingebetteter Systeme.
- Systeme zur autonomen Strukturanalyse und Schadensdetektion.
- Entwicklung energieautarker intelligenter Sensorsysteme.
- Analyse und Bewertung der Zuverlässigkeit mechatronischer Komponenten und Systeme.

Aktoren und Sensoren

(Dipl.-Ing. Michael Matthias) Schwerpunkte::

- Planung und Durchführung von messtechnischen Untersuchungen zur Ermittlung von Betriebslasten und Betriebsbeanspruchungen; Messdatenanalyse.
- Entwicklung und Umsetzung anwendungsoptimierter Aktoren und Antriebe auf Basis sowohl konventioneller Wirkprinzipien als auch multifunktionaler Materialien (unkonventionelle Aktoren).
- Entwicklung und Integration kundenspezifisch angepasster Sensoren.



SMART STRUCTURES DIVISION

The adaptronics division focuses on issues of monitoring and improving the properties of mechanical products. In this case, the spotlight is on improving vibration control behavior and Lightweight Construction, increasing Reliability and system- to component integration of sensor and actuator functions. The team designs, assesses and improves mechanical products jointly with its customers.

For this purpose, advanced methods of structural analysis, structural dynamics and signal processing are used which combine the skills required for composite structures with new types of actuators and sensors. The result is innovative product solutions with significant advantages in respect of vibration properties, Lightweight Construction, performance, comfort and maintenance.

There is a comprehensive design chain composed of experimental structural analysis, numerical methods for design and simulation, production of prototype evaluation models, methods and tools for safeguarding function and Reliability in the laboratory and in field trials. Of course, in addition to the novel mechatronic and adaptronic structural measures, consideration is also given to advanced passive structural measures. The four research departments complement each other and link up to develop complex adaptronic structural systems.

Structural Dynamics and Vibration Technology (Dr.-Ing. Sven Herold) focusing on:

- Vibration analysis, design and evaluation of products and systems using numerical and experimental methods.
- Development and application of modern methods of vibration measurement and numerical system simulation.
- Vibro-acoustic optimization of structural dynamic systems using passive and active measures.

Structurally durable and function-integrated Lightweight Construction (Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter) focusing on:

- Characterization of new Lightweight Construction materials.
- Assessment and optimization of the Structural Durability of lightweight structures, including under environmental load.
- Design and prototype production of conventional and function-integrated plastic components.

- Development and assessment of adapted SHM systems.
- Development of adapted calculation and test procedures.

Reliable signal processing and structural health monitoring (Dr.-Ing. Dirk Mayer) focusing on:

- System development with rapid control prototyping and hardware-in-the-loop methods.
- Signal processing and control technology for active systems.
- Development of electronic and embedded systems.
- Systems for autonomous structural analysis and damage detection.
- Development of energy self-sufficient intelligent sensor systems.
- Analysis and assessment of the Reliability of mechatronic components and systems.

Actuators and sensors (Dipl.-Ing. Michael Matthias) focusing on:

- Planning and performance of metrological investigations to determine operating loads and operating stresses; measured data analysis.
- Development and implementation of application-optimized drives and actuators based on both conventional modes of action as well as multifunctional materials (unconventional actuators).
- Development and integration of custom-matched sensors.

“Adaptronics skills significantly extend the range of technical solutions for product developments in structural mechanics. Using proven and advanced smart structure approaches gives rise to new solutions.”

Prof. Dr.-Ing. T. Melz



Kontakt

Prof. Dr. rer. nat. M. Rehahn
Stv. Institutsleiter
Bereichsleiter Kunststoffe
Telefon: +49 6151 705-8700
matthias.rehahn@lbf.fraunhofer.de

Kontakt

Dr. rer. nat. R. Pfaendner
Bereichsleiter Kunststoffe
(ab 01.01.2015)
Telefon: +49 6151 705-8605
rudolf.pfaendner@lbf.fraunhofer.de

„Das Potential von Kunststoffen ist bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Wir können dieses Potential im LBF zusammen mit unseren Kunden verwirklichen.“

Dr. rer. nat. R. Pfaendner

BEREICH KUNSTSTOFFE

Spitzenprodukte können heute nur über einen zuverlässigen und schnellen Zugang zu innovativen und leistungsfähigen Materialien und Werkstoffen wettbewerbsfähig auf den Weltmärkten angeboten werden. Maßgeschneiderte Kunststoffe und Kunststoff-Verbunde sowie Kunststoffverarbeitungstechnologien tragen wesentlich dazu bei, die großen globalen Herausforderungen auf den Gebieten Mobilität, Energie, Umwelt, Kommunikation, Gesundheit, Ernährung und Sicherheit zu meistern. Kunststoffe bieten ein immenses Energie- und Ressourceneinsparpotenzial sowie vielfältige Leichtbauoptionen. Insbesondere faserverstärkt, partikelgefüllt, geschäumt oder in Sandwich-Strukturen integriert, können Kunststoffe höchsten Belastungen stand halten und erhebliche Mengen an Energie absorbieren. Sie können mit zusätzlichen Funktionalitäten etwa zum Schutz vor UV-Strahlung und Witterungseinflüssen sowie im Interesse reduzierten Brandverhaltens, zur Entwicklung spezieller optischer Eigenschaften, elektrischer und thermischer Leitfähigkeit, sensorischer und aktuatorischer Funktion versehen werden.

Alle zur Realisierung anspruchsvoller Kunststoff-Anwendungen relevanten Kompetenzen, beginnend bei den grundlegenden naturwissenschaftlichen Disziplinen wie Chemie und Physik über die Materialwissenschaft und Werkstofftechnik in der Verarbeitung bis hin zur Expertise in Prüfung und Modellierung, sind auf hohem Niveau unter einem Dach vereint.

Dafür stehen vier sich fachlich und methodisch untereinander ergänzende Fachabteilungen.

Polymersynthese (Prof. Dr. rer. nat. Manfred Döring)

Schwerpunkte:

- Entwicklung chemischer Synthesen für Monomere, Polymere, Additive, reaktive Modifier.
- Technische Syntheseoptimierung und Upscaling.
- Entwicklung und Screening von duromeren Kunststoffen.

Rezepturenentwicklung und Dauerhaftigkeit

(Dr. rer. nat. Rudolf Pfaendner)

Schwerpunkte:

- Entwicklung von Additiven zur gezielten Beeinflussung von Kunststoffen z. B. hinsichtlich Materialsicherheit, Zuverlässigkeit, Versagenscharakteristik, Ressourceneffizienz.
- Gezielte Einstellung von Grenzflächeneigenschaften.
- Materialanalytik und Charakterisierung.
- Kinetik reaktiver Prozesse.

Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung

(Dr.-Ing. Jürgen Wieser)

Schwerpunkte:

- Compoundierung, Verarbeitung des Werkstoffs zum Bauteil, Vorhersage der mechanischen Eigenschaften.
- Kunststoffverarbeitung: Spritzgießen, Folienherstellung und Fügeverfahren.
- Materialmodellierung: Materialverhalten unter hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten und bei mehrachsigen Beanspruchungen, insbes. bei technischen Thermoplasten, Hochleistungskunststoffen, Schäumen und Composites.

Forschungsgrößezeuge (Dr.-Ing. Christian Beinert)

Schwerpunkte:

- Pflege und problemorientierte Bereitstellung der Forschungsgrößezeuge.
- Spezifische Weiterentwicklungen (z. B. NMR-Spektroskopie, REM, TEM, Technikumsgrößezeuge für Compoundierung, Spritzguss, High Throughput Screening oder zur Folienextrusion).



PLASTICS DIVISION

Only cutting-edge products with a reliable and rapid access to innovative and high-performance materials can be offered on the world market today. Tailored plastics, plastic composites and plastic processing technologies play a central role in meeting global demands in the areas of mobility, energy, environment, communication, health, nutrition and safety. Plastics enable tremendous savings in resources and energy as well as a wide variety of options in Lightweight Construction. Particularly when they are fiber-reinforced, particle-filled, foamed or integrated into sandwich structures, plastics can withstand the highest degree of loading and absorb a great deal of energy. They can be supplemented with an additional range of functions such as protection from UV rays or atmospheric influence, reduced fire behavior, functions for the development of special optical properties, electric and thermal conductivity and with sensor and actuator functions.

All components relevant for the realization of sophisticated plastic applications, running the gamut from basic natural-science disciplines such as chemistry and physics, material sciences and material technology in processing to expertise in testing and modeling are all united at a high level under one roof.

The following four departments are complementary in their disciplines and methods:

Polymer Synthesis (Prof. Dr. rer. nat. Manfred Döring)

Focal Points:

- Development of chemical synthesis for monomers, polymers, additives, reactive modifiers.
- Technical synthesis optimization and upscaling.
- Development and screening of duromere plastics.

Formulation Development and Durability

(Dr. rer. nat. Rudolf Pfaendner)

Focal Points:

- Development of additives for a targeted influence of plastics e.g. with regard to material safety, Reliability, failure characteristics, resource efficiency.
- Specific setting of boundary surface characteristics.
- Material analytics and characterization.
- Kinetics of reactive processes.

Plastics Testing and Component Design

(Dr.-Ing. Jürgen Wieser) Focal Points:

- Compounding, processing of the material to the component, prediction of mechanical properties.
- Plastics processing: injection molding, manufacture of films and bonding methods.
- Material molding: material behavior under high stress rates and with multiaxial loading, especially with technical thermoplasts, high-performance plastics, foams and composites.

Large-Scale Research Systems (Dr.-Ing. Christian Beinert)

Focal Points:

- Maintenance and problem-oriented provision for research systems
- Specific further developments (e.g. NMR spectroscopy, REM, TEM, technicum appliances for compounding, injection molding, high throughput screening or film extrusion).

“The potential of plastics is far from exhausted as yet. We can realize this potential in the LBF together with our customers.”

Dr. rer. nat. R. Pfaendner



Kontakt

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

„Die Elektromobilität ist eine Chance für die nachhaltigkeitsorientierte Gesellschaft und für unsere Automobilwirtschaft: deshalb betrachten wir alle Aspekte dieses Ökosystems und nicht allein die Traktionskomponenten.“

Dipl.-Ing. R. Heim

PROJEKTBEREICH SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT

Die Zuverlässigkeit komplexer mechatronischer sowie aktiver Systeme wird am Fraunhofer LBF seit vielen Jahren gezielt erforscht. Hierfür werden analytische sowie experimentelle Verfahren, aber auch numerische Simulationsmethoden zur Bewertung von Sensitivität und Robustheit angewendet. Im neuen „Zentrum für Systemzuverlässigkeit / Elektromobilität – ZSZe“ stehen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten für Traktionskomponenten von Elektrostraßenfahrzeugen im Fokus. Dank finanzieller Unterstützung des Landes Hessen, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und der Fraunhofer-Gesellschaft stehen dem LBF und seinen Kooperationspartnern aus Industrie und Forschung ein exzellentes FuE-Umfeld in der Elektromobilität zur Verfügung.

Im ZSZ-e wurde eine hochmoderne Prüf- und Testumgebung für Batteriesysteme aufgebaut, die multiphysikalische Erprobungsbedingungen erlaubt – also mechanische, elektrische und thermische Lasten für die Batterieprüfung zusammenführt. Auf weiteren Laborflächen werden spezielle Antriebsstrangprüfstände – u. a. für Ganzfahrzeuge sowie elektrische Radnabennmotoren – betrieben. Mit aktuell sieben eigenen Forschungsfahrzeugen werden relevante Nutzungs- und Lastszenarien von Elektroautos untersucht. Die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Elektrofahrzeugen sind für die Kundenakzeptanz von großer Bedeutung und gleichwertig zu Reichweite, Komfort und Preis. Mit dem neuen Zentrum für Systemzuverlässigkeit leistet das LBF

einen wichtigen Beitrag, die Marktfähigkeit solcher Fahrzeuge zu fördern und damit die Ziele hinsichtlich Leitmarkt und Leitanieterschaft zu erreichen.

Zentrum für Systemzuverlässigkeit / Elektromobilität - ZSZ-e, Schwerpunkte:

Future Mobility

• GEV/one

Mit dem neuen generator-elektrischen Konzeptfahrzeug des LBF wird die Elektrotraktion ein Stück weit unabhängiger von Batterie und Ladeinfrastruktur: anders als bei bekannten Range-Extender Konzepten sind hier die Komponenten zur Energieerzeugung und -speicherung auf die größtmögliche Energieeffizienz abgestimmt und gewährleisten einen elektrischen Antrieb ohne Reichweitenprobleme.

Future Projects

• Well2Wheel

Seit Mai 2013 wird im Netzgebiet der HSE an der Integration von Elektromobilität und dem Verteilnetz geforscht. Das Fraunhofer LBF behandelt dabei wichtige Fragestellungen hinsichtlich von Ladeinfrastruktur und fahrzeugseitiger Ladeschnittstelle.

• Well2Battery2Wheel

In diesem Projekt steht die Batterie im Mittelpunkt: Forscher der Justus-Liebig-Universität in Gießen, des Fraunhofer IWES aus Kassel und des LBF arbeiten hier gemeinsam an der Betrachtung von HV-Speichern als dem Kernelement des Ökosystems Elektromobilität für smart-grid Anwendungen.

• Kritikalität Seltener Erden

Kompakte und leistungsstarke elektrische Synchronmaschinen für Elektrofahrzeuge setzen Hochleistungsmagnete voraus: die Reduktion von schweren Seltenen Erden bei diesen Materialien wird aus Kosten- und Performancegründen angestrebt. In einem Projekt der Fraunhofer-Gesellschaft beschäftigen sich die Forscher des LBF mit der optimierten Auslegung elektrischer Traktionsantriebe und der dann möglichen Verringerung der Dysprosium-Dotierung von Neodym-Magneten.

“Electromobility is an opportunity for the sustainability-oriented society and for our automotive industry: we therefore consider all aspects of this “ecosystem” and not just the electrified traction components.”

Dipl.-Ing. R. Heim



SYSTEM RELIABILITY PROJECT AREA

The Reliability of complex mechatronic and active systems has been under targeted investigation at the Fraunhofer LBF for many years: to do this, analytical and experimental methods, but also numerical simulation methods, are applied to assess sensitivities and robustness.

In the new “Center for System Reliability/Electromobility - ZSZe”, the focus is on research and development activities for traction components of electric road vehicles. Thanks to the financial support provided by the state of Hesse, the German Federal Ministry of Education and Research and the Fraunhofer-Gesellschaft, the LBF and its cooperation partners from industry and research have an excellent R&D environment in electric mobility at their disposal.

A state-of-the-art testing and test environment for battery systems has been set up in the ZSZe. It enables multi-physical testing conditions – i.e. it brings together mechanical, electrical and thermal loads for battery testing. Special power train test rigs – for whole vehicles and electric wheel hub motors – are operated in other parts of the laboratory. Seven of the center’s own research vehicles are used to study relevant use and load scenarios of electric vehicles.

The safety and Reliability of electric vehicles are very important for customer acceptance and are on a par with range, comfort and price. With the new Center for System Reliability, the LBF is making a significant contribution to promoting the market viability of such vehicles and therefore to achieving Germany’s goals of becoming the leading market and leading supplier.

Center for System Reliability / Electromobility – ZSZe:

Future Mobility

• GEV/one

With the LBF’s new generator-electric concept vehicle, electric traction will become a little bit more independent of the battery and charging infrastructure: unlike known range extender

concepts, here the components for power generation and energy storage are tuned for maximum energy efficiency and guarantee an electric drive that has no range problems.

Future Projects

• Well2Wheel

Since May 2013, research has been conducted in the network area of the HSE into the integration of electric mobility and the distribution system. The Fraunhofer LBF is dealing with important issues relating to the charging infrastructure and the vehicle-mounted charger interface.

• Well2Battery2Wheel

The focus in this project is on the battery: researchers at the Justus-Liebig University in Giessen, the Fraunhofer IWES in Kassel and the LBF are working together on the consideration of HV storage systems as the core element of the ecosystem electric mobility for smart-grid applications.

• Kritikalität Seltener Erden

Compact and powerful electric synchronous machines for electric vehicles require high-performance magnets: the aim is to reduce heavy rare earths in these materials for cost and performance reasons. In a project of the Fraunhofer-Gesellschaft, the LBF researchers are engaged in the optimized design of electric traction drives and the reduction in dysprosium-doping of neodymium magnets which is then possible.



Die Abteilungsleiter im Fraunhofer LBF.

Heads of departments.

BEREICH ZENTRALE DIENSTE CENTRAL SERVICES

ABTEILUNGEN:



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



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



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



Technisches Management
Dr.-Ing. T. Hering
Telefon: +49 6151 705-8513
thorsten.hering@lbf.fraunhofer.de



Verwaltung
Dipl.-Betriebswirt (FH) G. Unland
Telefon: +49 6151 705-8406
georg.unland@lbf.fraunhofer.de

BEREICH BETRIEBSFESTIGKEIT STRUCTURAL DURABILITY DIVISION

ABTEILUNGEN:



Werkstoffe und Bauteile:
Dr.-Ing. H. Kaufmann
Telefon: +49 6151 705-345
heinz.kaufmann@lbf.fraunhofer.de



Baugruppen und Systeme:
Dipl.-Ing. M. Wallmichrath
Telefon: +49 6151 705-467
marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de



BEREICH ADAPTRONIK
SMART STRUCTURES DIVISION

ABTEILUNGEN:



Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau: Prof. Dr.-Ing. A. Büter
Telefon: +49 6151 705-277
andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de



Strukturdynamik und Schwingungstechnik: Dr.-Ing. S. Herold
Telefon: +49 6151 705-259
sven.herold@lbf.fraunhofer.de



Aktoren und Sensoren:
Dipl.-Ing. M. Matthias
Telefon: +49 6151 705-260
michael.matthias@lbf.fraunhofer.de



Zuverlässige Signalverarbeitung und Strukturüberwachung: Dr.-Ing. D. Mayer
Telefon: +49 6151 705-261
dirk.mayer@lbf.fraunhofer.de

BEREICH KUNSTSTOFFE
PLASTICS DIVISION

ABTEILUNGEN:



Forschungsgroßgeräte:
Dr.-Ing. Ch. Beinert
Telefon: +49 6151 705-8735
christian.beinert@lbf.fraunhofer.de



Polymersynthese:
Prof. Dr. rer. nat. M. Döring
Telefon: +49 6151 705-8675
manfred.doering@lbf.fraunhofer.de



Rezepturenentwicklung und Dauerhaftigkeit:
Dr. rer. nat. R. Pfaendner
Telefon: +49 6151 705-8605
rudolf.pfaendner@lbf.fraunhofer.de



Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung: Dr.-Ing. J. Wieser
Telefon: +49 6151 705-8725
juergen.wieser@lbf.fraunhofer.de

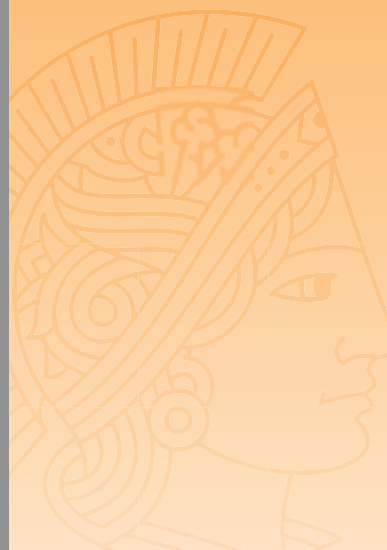
ASSOZIIERTE FACHGEBIETE
ASSOCIATED DEPARTMENTS



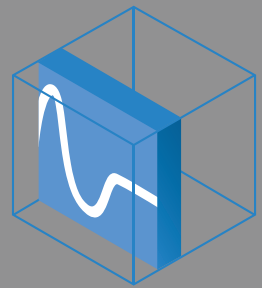
Fachgebiet: Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik: Prof. Dr.-Ing. T. Melz
Telefon: +49 6151 705-252
tobias.melz@lbf.fraunhofer.de



Fachgebiet: Makromolekulare Chemie:
Prof. Dr. rer. nat. M. Rehahn
Telefon: +49 6151 705-8700
m.rehahn@mc.tu-darmstadt.de













Schwingungstechnik mit System.

Systematic Vibration Technology.

	Aktive Kupplung zur Schwingungsminderung in Schiffsantrieben. Active coupling for vibration control in ship propulsion systems.	38
	Mehr Fahrkomfort für Landmaschinen. Improved driving comfort for agricultural machines.	40
	Schwingungen und Lasten in elektrischen Antriebssträngen. Vibrations and loads in electric powertrains.	42
	Erprobungsfahrzeug für aktive Lärm- und Vibrationsminderung. Automotive test vehicle for active noise and vibration control.	44
	Reduzierung der Lärmausbreitung in Lüftungskanälen. Reduction of noise propagation in ventilation ducts.	46
	Aktive Schwingungskontrolle bei Windkraftanlagen. Active vibration reduction at wind energy plants.	48



ENTWICKLUNG, VALIDIERUNG IM PRÜFSTAND UND TESTFAHRT
DEVELOPMENT, VALIDATION BY LAB AND FIELD TESTS

Aktive Kupplung zur Schwingungs- minderung in Schiffsantrieben.

Active coupling for vibration control in ship propulsion systems.

Contact: Daniel Schlote · Telephone: +49 6151 705-405 · daniel.schlote@lbf.fraunhofer.de
B.Sc. Jonathan Millitzer · Telephone: +49 6151 705-8218 · jonathan.millitzer@lbf.fraunhofer.de

Die Reduktion von Emissionen und die Steigerung der Energieeffizienz sind anhaltende Trends im Schiffsmotorenbau. Damit geht allerdings in vielen Fällen ein höherer Eintrag von Torsionsschwingungen in den Antriebstrang einher. Die Auslegung dämpfender elastischer Kupplungen wird zunehmend aufwendiger und die technischen Grenzen passiver Systeme sind absehbar. Hier bieten aktive Systeme ein hohes Potential für zukünftige Anwendungen.

Im Rahmen des durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Projekts AKTOS „Aktive Kontrolle von Torsionsschwingungen durch Kupplungselemente“ wurde in enger Zusammenarbeit mit der Firma CENTA Antriebe Kirschey GmbH eine aktive Kupplung für Schiffsantriebe vom Konzept bis zu Prototyp entwickelt. Mit der geregelten aktiven Kupplung können ordnungsbasierte Anregungen signifikant reduziert werden. Die Kupplung besteht aus einem passiven Element zur primären Dämpfung sowie zum Versatzausgleich und einem aktiven Teil zur Schwingungskompensation. Das aktive Element besteht aus einem Inertialmassenaktor, der sich im rotierenden System befindet. Der Aktor kommt ohne eine Kraftabstützung nach außen aus. Die Übertragung der elektrischen Leistung und der Signale erfolgt am Prototyp mit

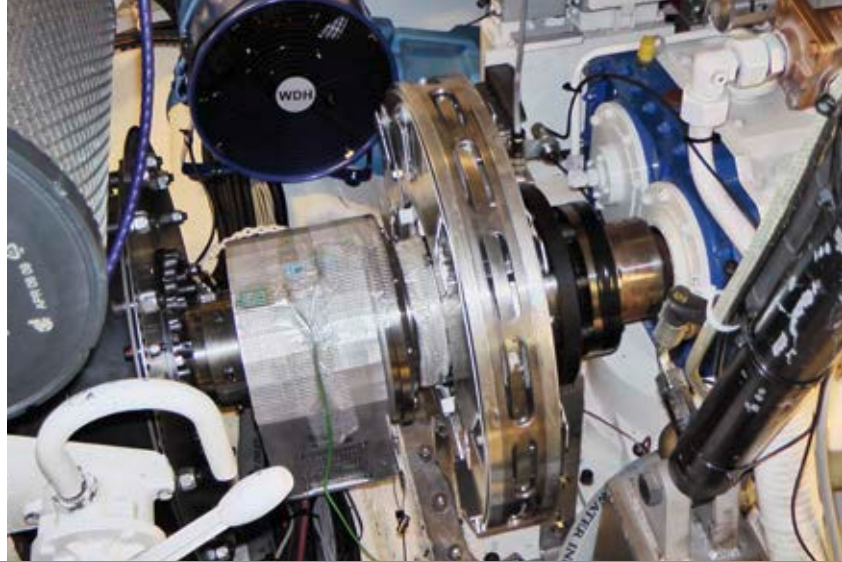
Hilfe von Schleifringen. Geregelt wird das System mit Hilfe eines ordnungsbasierten adaptiven Reglers. Aufbauend auf der Umsetzung des Regelungskonzepts mit Laborelektronik wurde auch eine kompakte mitrotierende Steuerungs- und Leistungselektronik entwickelt und erfolgreich getestet.

Die aktive Kupplung wurde zunächst auf einem Prüfstand erprobt. Der Antriebstrang wurde mit einem V8 Motor mit 500 kW angetrieben. Zwischen Motorschwungrad und dem Getriebe wurde die aktive Kupplung integriert. Der Propeller wurde mit Hilfe eines hydraulischen Dynamometers simuliert. Im kritischen Zündaussetzerbetrieb konnte eine Reduktion der Schwingungsamplitude von bis zu 90 % in den kritischen Ordnungen erzielt werden.

Testfahrt bestätigt Prüfstandsversuche

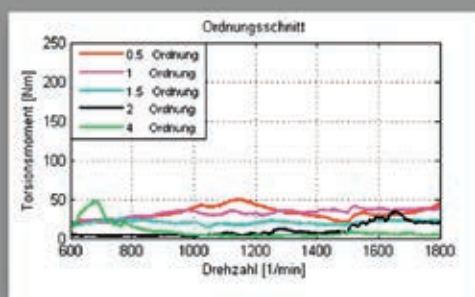
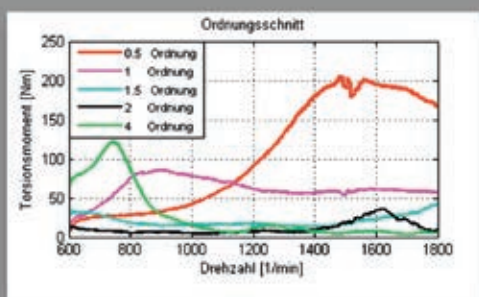
Im Anschluss an das Projekt konnte die aktive Kupplung in einen Antriebstrang einer zweimotorigen Motorjacht eingebaut und getestet werden. Der umgerüstete Antriebstrang wird von einem V6 441 kW Dieselmotor angetrieben und ist mit einem Getriebe-Propeller-System in Pod-Bauweise ausgestattet. Die hervorragenden Ergebnisse des Prüfstandsversuchs konnten auch unter realistischen Testbedingungen in der Yacht bestätigt werden. Zudem konnte die akustische Relevanz der





Ruhige Fahrt durchs Wasser, dank Fraunhofer LBF Know-how im Schiffsantrieb.
Travelling quietly through the water thanks to the Fraunhofer LBF's Know-How in the ship's propulsion system.

Die aktive Kupplung wird direkt in den Antriebsstrang des Schiffs integriert.
The active coupling is directly integrated in the ship's power train/drive train.



Vergleich der dynamischen Torsionsmomente im Antriebsstrang ohne und mit aktiver Schwingungsreduktion.
Comparison of the torsional vibration in the ship's powertrain without and with active vibration control.

geregelt aktiven Kupplung im Innenraum der Yacht nachgewiesen werden. So konnte im geregelten Fall eine deutlich wahrnehmbare Reduktion des Brummens bzw. Dröhnens der dritten Motorordnung um -6 dB im Schalldruckpegel verglichen zum unregulierten Fall erreicht werden.

Customer Benefits The active system aims to simplify the design of couplings in ship propulsion systems, increase the lifetime of components and save both costs and mass by using smaller components. It is also possible to achieve a noticeable improvement in the ship's acoustics.

Summary An active coupling for the reduction of torsional vibrations in ship powertrains was developed in the project AKTOS. The system was examined on a test bench and subsequently in a motor yacht. Use of the active system demonstrated a reduction in torsional vibrations in the drive train and a reduction of acoustic disturbance in the ship.



Dipl.-Ing. Jochen Exner,
Leiter Forschung
und Entwicklung,
CENTA Antriebe
Kirsche GmbH

„Leading by innovation“, ein Leitspruch für CENTA, der den Anspruch und die Philosophie des Hauses sehr präzise wiedergibt, stets einen Schritt voraus zu sein. Schon seit Jahren sehen wir in aktiven Systemen ein hohes Potential Drehschwingungen in Antrieben deutlich zu reduzieren. Mit dem Projekt AKTOS konnten wir in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer LBF sehr zukunftsweisende praktische Ergebnisse erzielen.“

“Leading by innovation“, a motto for CENTA which very accurately reflects the company's claim and philosophy of always being one step ahead. For years we have seen huge potential in active systems for significantly reducing torsional vibrations in drives. With the AKTOS project, we were able, in close cooperation with the Fraunhofer LBF, to achieve some very trend-setting practical results.”



AKTIV GEDÄMPFTER FAHRERSITZ
ACTIVELY DAMPED SEAT

Mehr Fahrkomfort für Landmaschinen.

Improved driving comfort for agricultural machines.

Contact: M.Sc. Christian Adams · Telephone: +49 6151 705-6926 · adams@szm.tu-darmstadt.de



Fahrer von Landmaschinen sind aufgrund von Bodenunebenheiten mechanischen Schwingungen ausgesetzt. Dies führt langfristig zu gesundheitlichen Schäden. Bisher wird eine Schwingungsisolierung der Fahrersitze durch passive Dämpfer erreicht, die bauartbedingt nicht in allen Betriebsbereichen die Schwingungen optimal dämpfen. Daher soll ein aktives System entwickelt werden, mit dem der Fahrkomfort weiter verbessert werden kann.

Prototyp-Entwicklung durch Modellbildung und messtechnische Überprüfung

Die Basis für die Entwicklung des aktiv geregelten Systems bildet ein marktüblicher Fahrersitz mit passivem Dämpfer, der durch einen Aktuator ersetzt wird. Das passive System wird im ersten Schritt am Rechner modelliert. Anschließend wird ein Aktuator entwickelt, mit dem in jedem Betriebspunkt eine optimale Schwingungsdämpfung erreicht werden kann. Die Güte dieser Dämpfung wird durch einen Sitzübertragungsfaktor beschrieben, der umso kleiner ist, je besser das System Schwingungen dämpft. Abbildung 1 zeigt, dass in Abhängigkeit von der Fahrer Masse eine Verbesserung um durchschnittlich 20 % gegenüber dem passiven System erzielbar ist.

Die Ergebnisse der Modellbildung dienen dem Projektpartner OVALO GmbH zur Auslegung des Aktuators. Die Berechnung der Leistungen ergibt, dass sich der Aktuator als Direktantrieb realisieren lässt. Eine gelenkige Anbindung überträgt die Leistung des Aktuators auf die Scherenkinematik (Abbildung 2). Ein Regelalgorithmus sorgt dafür, dass die Aktuatorleistung tatsächlich zur Schwingungsdämpfung führt, indem stets die optimale Dämpfung in die Scherenkinematik eingebracht wird. Dieser Algorithmus kann aus dem modellierten aktiven System abgeleitet werden.

Durch den Einsatz einer Rapid Prototyping-Plattform können die Reglerparameter in Echtzeit angepasst werden. Für die messtechnische Untersuchung des Systems wird der Prototyp durch einen elektrodynamischen Shaker angeregt (Abbildung 3), wobei verschiedene für Landmaschinen typische Schwingungserregungen nachgebildet werden. Anstelle eines Fahrers wird eine entsprechende Masse auf der Fahrersitzkinematik befestigt. Im Rahmen der Untersuchungen kann der Regler in mehreren Schritten optimiert werden, so dass die Schwingungsdämpfung gegenüber der Standardeinstellung deutlich verbessert werden kann. Dies führt unmittelbar zu einem

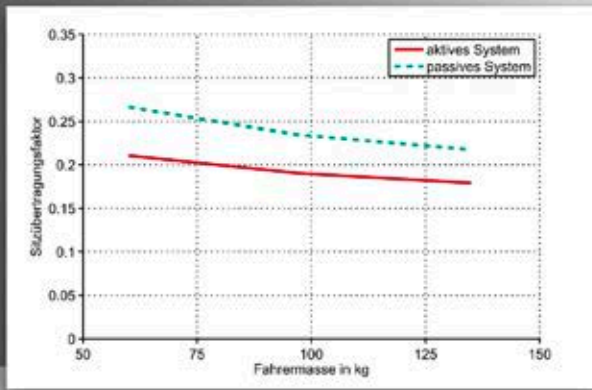


Abb. 1: Verbesserung der Schwingungsdämpfung durch das aktive System.

Fig. 1: Improvement of the damping by the active control system.

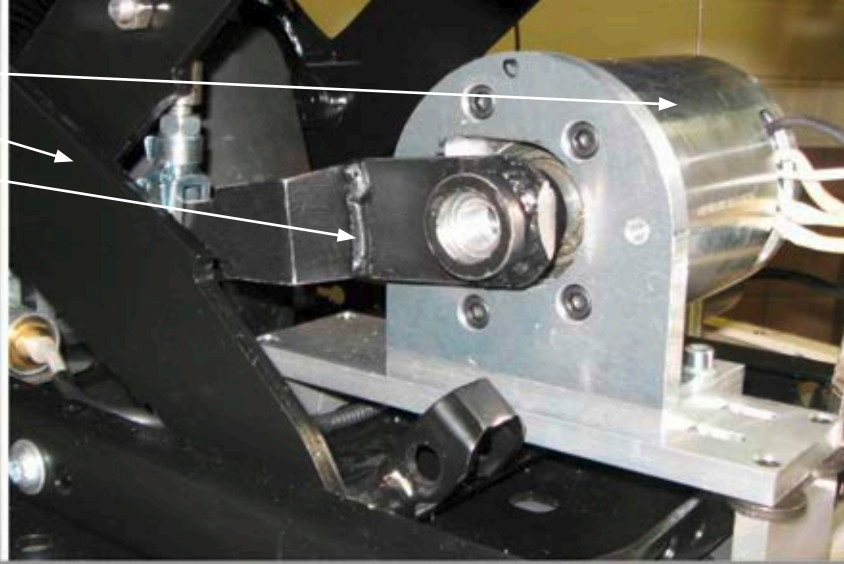


Abb. 2: Aktuator mit gelenkiger Anbindung.
Fig. 2: Actuator and jointed connection.

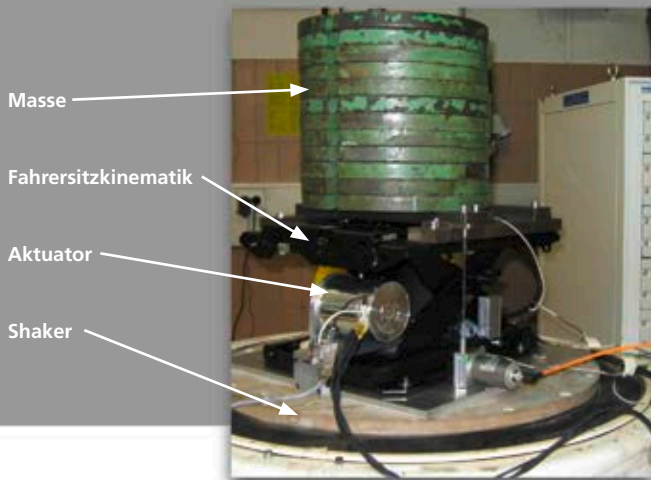


Abb. 3: Prototyp des aktiven Systems auf dem Shaker.
Fig. 3: Prototype of the active control system mounted at a shaker.

höheren Fahrkomfort für den Fahrer einer Landmaschine und damit langfristig zu weniger gesundheitlichen Folgeerscheinungen aufgrund von Schwingungsbeanspruchungen.

Customer Benefits Considering the model-based studies of SzM OVALO GmbH developed an optimized actuator for the actively damped seat. Further model-based studies are useful to support the market launch of the system. OVALO GmbH can introduce the prototype to customers.

Summary Driving seats of agricultural machines are equipped with passive dampers. To improve driving comfort an active control system is developed in a cooperation project of the research group SzM and the OVALO GmbH. For system design a model-based approach is chosen. Measurements and optimization are performed by using rapid prototyping.



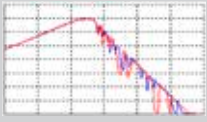
Dr.-Ing. Steffen Kuhl,
OVALO GmbH

„Die OVALO GmbH entwickelt mechatronische Systeme für Großserienanwendungen. Auf Basis der Simulationen des SzM konnten wir einen Direktantrieb umsetzen, so dass mit der Rapid-Prototyping Plattform „PUMA“ von ADCOS der Funktionsnachweis erbracht werden konnte. OVALO GmbH steht in Kontakt mit verschiedenen Kunden, um das Konzept zur Marktreife weiterzuentwickeln.“

“OVALO GmbH develops mechatronic systems for mass production. Based on simulations of the SzM we developed a direct-drive, so that a functional demonstrator was generated and tested with the rapid prototyping unit “PUMA-ECU” from ADCOS. Currently OVALO GmbH is in a pre-commercial development with different customers for this product.“



Echtzeit-Simulation



Open-loop Geschwindigkeit

RT-Target und I/O Schnittstellen

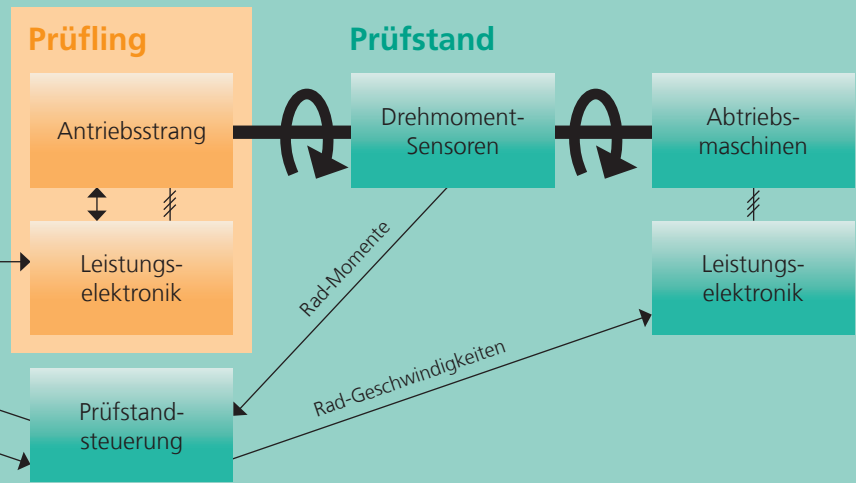
Motor-Moment

Rad-Momente

Rad-Geschwindigkeiten



Closed-loop Fahrzeugmodell



E-GENERATION: SIMULATION UND PRÜFUNG ELEKTRISCHER ANTRIEBSSTRÄNGE E-GENERATION: SIMULATION AND TESTING OF ELECTRICAL POWERTRAINS

Schwingungen und Lasten in elektrischen Antriebssträngen.

Vibrations and loads in electric powertrains.

Contact: PhD Riccardo Bartolozzi · Telephone: +49 6151 705-8264 · riccardo.bartolozzi@lbf.fraunhofer.de

Elektrische Antriebsstränge unterscheiden sich von konventionellen Antriebssträngen auf Basis von Verbrennungsmotoren nicht nur in der Art der Antriebsmaschine, sondern typischerweise auch durch kompaktere Getriebe und generell veränderte Trägheits- und Steifigkeitsverhältnisse. Dies führt zu einem veränderten Schwingverhalten des Antriebsstrangs. Im Gegensatz zu konventionellen Antriebssträngen, liegen hierzu in der Automobilindustrie bisher geringere Erfahrungen vor.

Simulation und HiL-Prüfung elektrischer Antriebsstränge

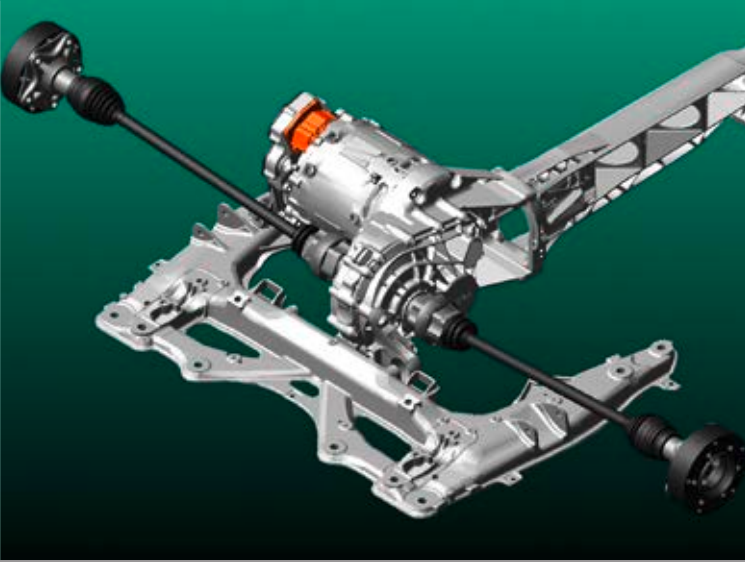
Die Erhöhung der Reichweite durch niedrigen Energieverbrauch und die Senkung der Fertigungskosten, aber auch die Realisierung einer hohen Produktqualität für die Alltagstauglichkeit, waren die Hauptziele des BMBF-geförderten Projektes e-Generation. Sie sollten durch einen im Rahmen des Projektes entwickelten Fahrzeugprototypen dargestellt werden.

Das Fraunhofer LBF hat sich dabei im Wesentlichen auf die Simulation und die Prüfung der elektrischen Antriebsstränge fokussiert. Das Ziel bestand darin, Methoden und Werkzeuge für die Simulation und die experimentelle Prüfung von elektrischen Antriebssträngen zu entwickeln, um das Schwingverhalten und die resultierenden Betriebslasten zu untersuchen.

In der ersten Phase des Projekts konzentrierte sich das Fraunhofer LBF auf einfache Konzeptmodelle, die den Hauptfreiheitsgrad der Rotation des Antriebsstrangs berücksichtigten. Diese 0D-1D dynamischen Modelle, die in Simscape und LMS Amesim aufgebaut wurden, repräsentieren die Torsionskette vom Motor zu den Rädern und die longitudinale Fahrzeugdynamik, wobei die für den niedrigen Frequenzbereich wesentlichen Elemente, wie der Reifen und die Seitenwellen, als flexible Komponenten simuliert werden.

Parallel zur Entwicklung der Antriebsstränge während der Projektlaufzeit wurde die Komplexität und der Detaillierungsgrad der Modellierung erhöht, um zusätzliche Effekte mit aufzunehmen. Mit den aufgebauten Mehrkörpersimulationsmodellen der Systeme wurde im finalen Stand die Dynamik des kompletten Antriebsstrangs inklusive der Bewegung der Aggregatlagerung in allen sechs Freiheitsgraden simuliert. Die entwickelten Modelle wurden zur Ermittlung und Analyse der Schwingungsphänomene und der resultierenden Lasten eingesetzt. Typische Manöver, wie Tip-in, Tip-out und ABS-Bremungen, wurden zu diesem Zweck simuliert.

Mit einem Antriebsstrangprototypen hat das Fraunhofer LBF eine experimentelle Charakterisierung am Prüfstand durchge-



*MKS-Modell eines elektrischen Antriebsstrangs.
Multibody model of an electric powertrain.*



*Geprüfter Antriebsstrang auf dem Prüfstand.
Tested powertrain on the test bench.*

führt. Dafür wurde das System mit einem auf realen Manövern basierenden Prüfprotokoll getestet. Dabei wurden verschiedene mechanische und elektrische Messsignale aufgenommen. Um das reale Verhalten des Fahrzeugs zu berücksichtigen, wurde eine Hardware-in-the-Loop Testumgebung aufgebaut, in der reale dynamische Reaktionen am Rad eingeleitet wurden. Dies erfolgte durch die direkte (open-Loop) Einleitung von vorhandenen, gemessenen Radgeschwindigkeitsprofilen oder durch die Echtzeitsimulation der Fahrzeuglongitudinaldynamik (inkl. Räder und Reifen).

Customer Benefits Within the e-Generation project Fraunhofer LBF gained valuable experience in the field of dynamic modelling and simulation on one side, and dynamic testing, on the other side, of electric powertrains with focus on the dynamic behaviour and the mechanical loading of the driveline. Ranging from conceptual and reduced 0D/1D torsional models of the powertrain, up to complete 3D multibody models, all phases of the developing process can be supported. Moreover, also the testing and verification phases can be addressed with either open-loop or hardware-in-the-loop tests, which allow the system to be tested under real manoeuvre conditions.

Summary If compared to traditional powertrains with ICE, electric powertrains show different dynamic and loading behaviour of the mechanical driveline. Due to the just recent experience of the automotive industry in electric powertrains, simulation and prototype testing are all the more key elements in the development of new systems. Within the BMBF-funded research project e-Generation, Fraunhofer LBF developed dedicated system simulation models for electric powertrains with different detail levels (from 0D/1D to 3D multibody dynamic models). In order to support the testing activity, real manoeuvre based tests were carried out by implementing a hardware-in-the-loop (HIL) testing environment.

„Das Fraunhofer LBF kann die Entwicklungskette für elektrische Antriebsstränge von der dynamischen Simulation bis zur HiL-Prüfung darstellen.“

PhD Riccardo Bartolozzi, Fraunhofer LBF

Abb. 1: Vollfahrzeugversuchsträger mit Erprobungsfahrzeugzulassung.
Fig. 1: street legal test vehicle.



ENTWICKLUNGSPLATTFORM FÜR AKTIVE SYSTEME
DEVELOPMENT PLATFORM FOR ACTIVE SYSTEMS

Erprobungsfahrzeug für aktive Lärm- und Vibrationsminderung.

Automotive test vehicle for active noise and vibration control.

Contact: Marco Jackel · Telephone: +49 6151 705-8274 · marco.jackel@lbf.fraunhofer.de

Entspanntes und ruhiges Dahingleiten verbinden viele Autofahrer mit einem hohen Fahrkomfort, den sie von einem modernen Automobil erwarten. Allerdings erzeugen Motoren auch heute noch mehr oder weniger störende Schwingungen. Über Motorlager und die Karosserie gelangen sie in den Fahrzeuginnenraum und können sich dort als unangenehm empfundener Schall und störende Vibrationen äußern. Um dem entgegenzuwirken, wurden am Fraunhofer LBF in den letzten Jahren verschiedene Komponenten für aktive Systeme entwickelt. Für Tests und Vergleiche unter realen Betriebsbedingungen auf der Straße sowie zur Demonstration für Kunden wurde im Rahmen von LOEWE-AdRIA ein Vollfahrzeugversuchsträger aufgebaut.

Aufbau des Vollfahrzeugversuchsträgers

Die Basis für den Versuchsträger bildet ein Mittelklassefahrzeug im Serienzustand mit einer Erprobungsfahrzeugzulassung, die es ermöglicht, auch nicht zugelassene Fahrzeugkomponenten im öffentlichen Straßenverkehr zu testen.

Im Rahmen von mehreren Forschungs- und Industrieprojekten wurden bereits unterschiedliche Komponenten für aktive Systeme zur Schall- und Vibrationsminderung entwickelt und erprobt:

- Hybrid Aktives Motorlager (vorgestellt im Jahresbericht 2011, S. 88 f und 2012, S. 72 f)
- Piezo-Verstärker für automotiv Anwendungen (vorgestellt im Jahresbericht 2011, S. 84 f)
- Inertialmassenaktoren (siehe auch Jahresbericht 2013, S. 76 f)
- Low-Cost-Sensorik (siehe auch Jahresbericht 2012, S. 78 f)
- Modulare eingebettete Signalverarbeitungsplattform (siehe auch Jahresbericht 2012, S. 70 f)

Die im Versuchsträger verbauten passiven Komponenten werden teilweise durch aktive Lösungen ersetzt oder um zusätzliche aktive Systeme erweitert (siehe Abb. 2). So wird zum Beispiel das hybrid aktive Motorlager anstatt eines der beiden passiven Serienlager verbaut und reduziert so die auf diesem Weg in die Karosserie eingeleiteten Schwingungen. Angesteuert wird das Lager von einem am Fraunhofer LBF



Abb. 2: a) Positionen der aktiven Komponenten im Motorraum; b) hybrid aktives Motorlager; c) elektrodynamischer Inertialmassenaktor.
 Fig. 2: a) positions of the active components; b) hybrid active engine mount; c) electrodynamic inertial mass actuator.

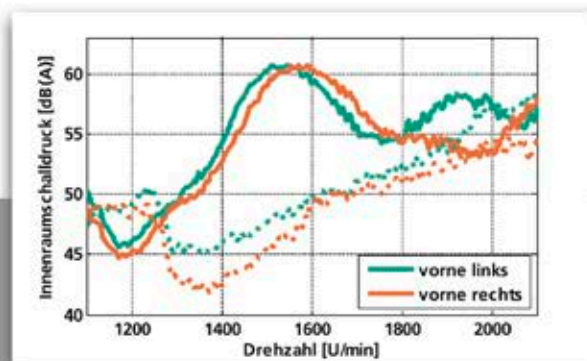


Abb. 3: Ordnungsschnitt (2. Motorordnung) des Innenraumschalldrucks auf den vorderen Sitzen (Regelung an: gestrichelt; Regelung aus: durchgehend).
 Fig. 3: Second engine orders of the passenger cabin's sound pressure level (dashed: control on; solid: control off).

entwickelten kompakten Piezoverstärker für automotive Anwendungen. Des Weiteren sind vier elektrodynamische Inertialmassenaktoren an akustisch besonders sensiblen Positionen im Motorraum und der Kofferraumklappe angebracht. Für die Regelung kommt ein adaptiver Algorithmus (FxLMS) zum Einsatz. Die Signalverarbeitung erfolgt aktuell noch auf einer dSPACE MicroAutobox. In naher Zukunft wird diese durch die am Fraunhofer LBF entwickelte modulare eingebettete Signalverarbeitungsplattform ersetzt.

Abbildung 3 zeigt beispielhaft die 2. Motorordnung des Innenraumschalldrucks während einer Messfahrt. Die deutliche Überhöhung der 2. Motorordnung im Bereich von 1500 U/min lässt sich mit Hilfe der aktiven Zusatzsysteme stark reduzieren. Hierbei werden die Reduktionen global im Fahrzeuginnenraum erreicht. Über die aktiven Systeme lässt sich nicht nur der Schalldruck im Innenraum positiv beeinflussen, auch deutliche Reduktionen in den Strukturschwingungen konnten zum Beispiel am Fußpunkt des aktiven Lagers erreicht werden.

Customer Benefits With the street legal test vehicle the Fraunhofer LBF has a powerful demonstrator for active systems in the automotive sector. The test vehicle is both, a demonstrator, as well as a development platform. Active measures and control strategies can be tested under real-life ambient conditions and demonstrated to customers.

Summary In vehicles, engines cause vibrations that are transferred from the mounts and the adjacent structures to the interior where they typically result in unwanted sound emissions. Passive systems have asserted themselves as one response to dampening noise levels. The implementation of active systems show more promise in improving vibration comfort and the acoustic impression. The Fraunhofer LBF has been working on such systems for several years. For advancement and testing of the developed technologies under real driving conditions these systems have been implemented into a real vehicle. Furthermore this test vehicle enables the demonstration of these novel technologies to customers.



AKTIV GEGEN DEN LÄRM – INNOVATIVE SCHALLSCHUTZMODULE
ACTIVE NOISE PROTECTION – INNOVATIVE VIBRATION CONTROL

Reduzierung der Lärmausbreitung in Lüftungskanälen.

Reduction of noise propagation in ventilation ducts.

Contact: Jens Rohlfing · Telephone: +49 6151 705-308 · jens.rohlfing@lbf.fraunhofer.de



Moderne Wohn- und Bürogebäude werden zunehmend mit Zwangslüftungen oder Klimasystemen ausgestattet. Aus akustischer Sicht ergeben sich hierdurch Probleme durch Lüftungslärm und Schalltransmissionen aus Nachbarräumen. Innovative, kompakte aktive Schallschutzmodule, basierend auf dem Prinzip des aktiven Gegenschalls, können hier zum Einsatz kommen, um störende Lüftungsgeräusche und Schalltransmissionen zu reduzieren.

Entwicklung eines aktiven Schallschutzmoduls

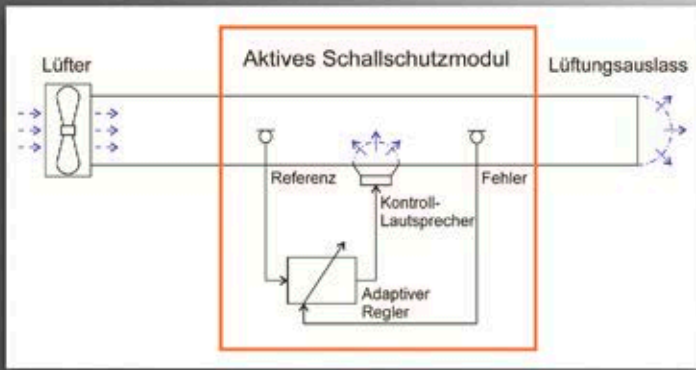
In der Regel werden zur Reduktion von Schalltransmission in Lüftungssystemen passive Schalldämpfer mit porösem Absorptionsmaterial oder Helmholzresonatoren verwendet. Bei tiefen Audiofrequenzen sind passive Lösungen oft nicht probat, da unverhältnismäßig großformatige Schalldämpfer benötigt würden.

Zur Kontrolle tieffrequenter Schalltransmission bieten sich aktive Schallschutzsysteme (ANC-Systeme) an, die Lärm durch aktiven Gegenschall auslöschen. Auf Grund der relativ hohen Komplexität ist der Einsatz aktiver ANC-Systeme bisher auf wenige industrielle Spezialeinsatzgebiete beschränkt. Ein wichtiger Schritt in Richtung einer breiten kommerziellen Anwendung von ANC-Systemen für Lüftungsanlagen ist die Entwicklung

modularer Systemlösungen, die in Bezug auf Kosten, Raumbedarf und Handhabung den praktischen Anforderungen gerecht werden. Ziel dieses Forschungsprojektes ist daher die Entwicklung eines kompakten aktiven Schallschutzmoduls auf der Basis eines einkanaligen adaptiven Feed-Forward-Reglers. Hierzu wurde an einem Bürocontainer ein Lüftungssystem mit einem ANC-Demonstrator installiert. In experimentellen Studien lässt sich an diesem Demonstrator die Regelgüte verschiedener Systemkonfigurationen experimentell erproben.

Neben der Optimierung der Regelalgorithmen gehören hierzu z. B. auch die absolute und relative geometrische Anordnung der Referenz- und Fehlersensoren und Kontrolllautsprecher innerhalb des Lüftungssystems. Da ANC-Systeme vor allem bei tiefen Audiofrequenzen effektiv sind, wird ebenfalls untersucht, wie sich ANC-Systeme mit probaten passiven akustischen Maßnahmen verbinden lassen, um eine optimierte breitbandige Regel-Performance zu erzielen.

Im bisherigen Verlauf des Projekts wurde eine robuste Regelung implementiert, mit der sowohl für eine synthetische Lautsprecheranregung als auch für den Betrieb eines Lüfters deutlich erlebbare Reduktionen der Schallpegel im Innern des Bürocontainers erzielt wurden. Im nächsten Schritt soll die



Schema eines klassischen Feed-Forward ANC-Systems.
Sketch of a classical feed-forward ANC-system.

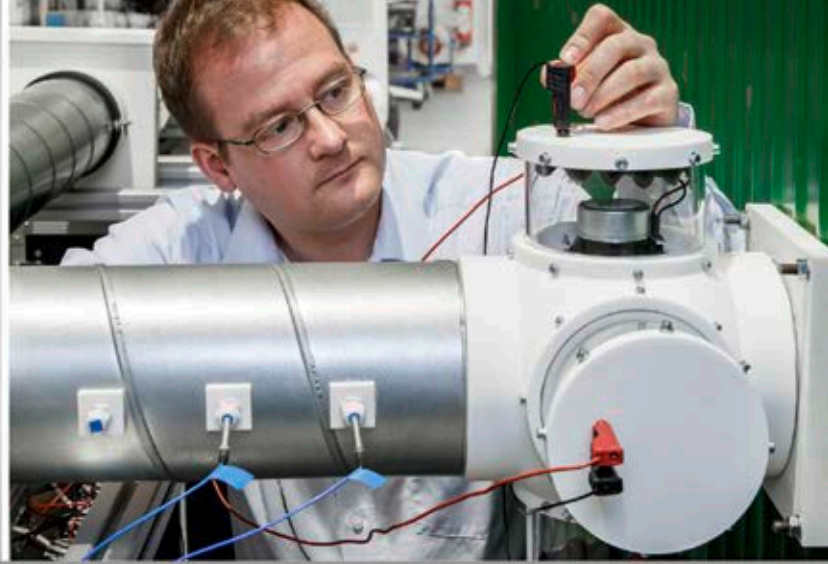
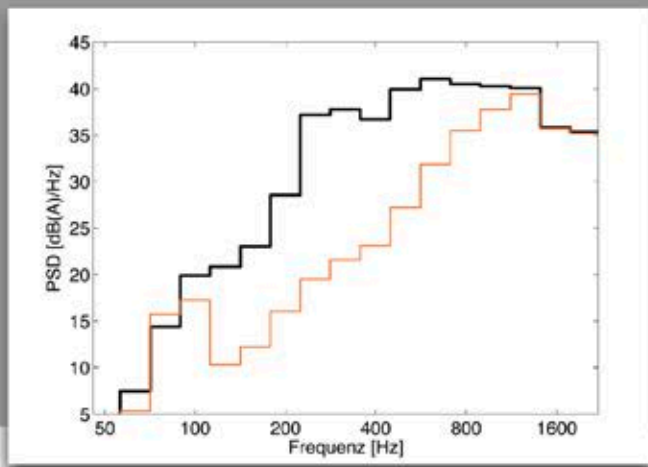


Bild des aktiven Schallschutzmoduls, Montage direkt vor am Luftauslass.
Picture of the active Noise Control Module, installation directly at the air outlet.



Gemittelter Schalldruckpegel im Innern des Bürocontainers für ANC-AUS (schwarz) und ANC-AN (rot).
Average sound pressure level inside the office container for ANC-OFF (black) and ANC-ON (red).

hochwertige Labor-Sensorik des ANC-Systems durch geeignete praxisnahe Low-Cost Sensorik ersetzt werden.

In Zukunft sind Studien zur Integration von akustischen Maskierungssystemen zum Schutz der Privatsphäre und Vertraulichkeit angedacht. Des Weiteren soll die Skalierbarkeit des ANC-Konzepts untersucht werden, um neben Lösungen für Raumlüftungen auch Lösungsansätze für großformatige industrielle und kleinformatige Lüftungssysteme im Automotive-Bereich anbieten zu können. Zur Bearbeitung dieser Aufgabenstellung konnte das Fraunhofer LBF die Firma Freudenberg als Industriellen Partner gewinnen.

Customer Benefits Based on the experience gained from this project the LBF will be able to address customer specific requests for the development of innovative concepts and solutions for active noise control systems; especially for modular solutions for the control of sound transmission and emissions from ventilation and exhaust systems.

Summary Modern homes and office buildings are often equipped with forced ventilation and air conditioning systems. From an acoustical point of view this may cause problems due to noise emissions and sound transmission between

adjacent rooms. Compact active noise control modules based on the principle of active anti-sound can be used to reduce acoustic disturbance, improve comfort and to protect privacy. In this project the Fraunhofer LBF aims to develop practical, compact, integrated active/passive noise control systems, with high technology readiness level.



Dr. Matthias Messer,
Freudenberg &
Co. KG, Corporate
Innovation, Head of
CO-Innovation

„Die Freudenberg Gruppe entwickelt und produziert u. a. innovative Produkte zur verbesserten Akustik. Megatrends wie Bevölkerungswachstum und Urbanisierung verstärken den Bedarf an neuen Entwicklungen. Die Unternehmensgruppe kooperiert daher bezüglich aktiver Schwingungstechnik und innovativer Schallschutzlösungen erfolgreich mit dem Fraunhofer LBF.“

“The Freudenberg Group designs and produces among others innovative products for improved acoustics. Megatrends such as population increase and urbanization intensify the need for new developments. Hence, Freudenberg successfully investigates innovative noise and active vibration control technologies in cooperation with the Fraunhofer LBF.”



ERPROBUNG AN EINER KLEINWINDANLAGE
TESTING ON A SMALL WIND TURBINE

Aktive Schwingungskontrolle bei Windkraftanlagen.

Active vibration reduction at wind energy plants.

Contact: M.Sc. Roman Kraus · Telephone: +49 6151 705-8336 · roman.kraus@lbf.fraunhofer.de



Im Betrieb werden Windkraftanlagen (WKA) durch unterschiedliche Effekte zum Schwingen angeregt. Diese Schwingungen können hinsichtlich der Lebensdauer von Teilkomponenten, der Qualität des eingespeisten Stroms und insbesondere bezüglich der Schallabstrahlung unerwünscht sein. Die Konstruktion schwingungsarmer WKA stellt jedoch eine große Herausforderung dar, für die passive Lösungsansätze zur Schwingungsminderung unzureichend sein können. Um das Potential aktiver Maßnahmen für den Einsatz an WKA aufzuzeigen, wurde ein solches Zusatzsystem an einer Kleinwindkraftanlage (KWKA) entwickelt und im Betrieb erprobt.

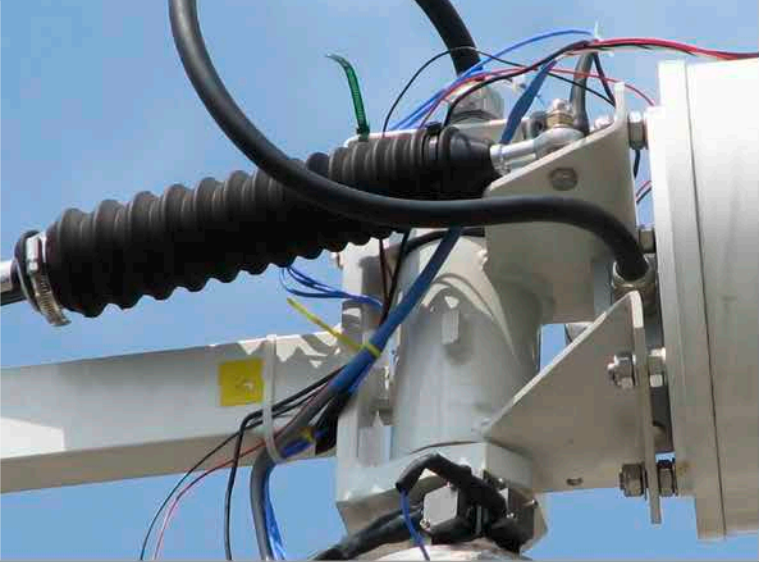
Erprobung an einer Kleinwindkraftanlage

Als Technologiedemonstrator wurde eine Anlage vom Typ AeroCraft 752 der Firma Gödecke Energie- und Antriebstechnik genutzt. Eine experimentelle Modalanalyse lieferte die modalen Parameter der KWKA, die zur Abbildung des dynamischen Verhaltens in Matlab/Simulink genutzt wurden. Aus Betriebsmessungen synthetisierte Anregungssignale wurden anschließend für Simulationen an diesem numerischen Modell genutzt und zur modellbasierten Auslegung des schwingungsmindernden Zusatzsystems herangezogen. Wie eine Analyse der Daten aus der Betriebsmessung zeigt, weist der überwiegende Anteil der

Störungen eine Korrelation zur Drehzahl auf. Diese resultieren vorrangig aus Rückwirkungen der Leistungselektronik auf den Generator, die zu periodischen Anregungen führen. Darüber hinaus wird das System sowohl durch Unwuchten als auch durch die Wechselwirkungen zwischen den Rotorblättern und dem ungleichförmigen Windfeld zum Schwingen angeregt. Die unmittelbare Anfachung durch den Wind und Strömungsablösungen spielt insgesamt nur eine untergeordnete Rolle.

Als Regelungskonzept zur Minderung der Strukturschwingungen wurde eine spezielle Form des FxLMS-Algorithmus ausgewählt. Dieser konnte sich bereits bei ähnlichen Aufgabenstellungen, z. B. zur Schallreduktion im Fahrzeuginneren, bewähren (s. Seite 56).

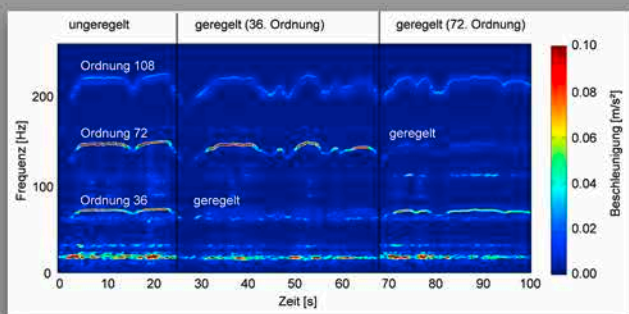
In einer Gesamtsystems simulation wurde der Regler getestet und die Anforderungen an das aktive Zusatzsystem bestimmt. Die Einleitung der Gegenkräfte erfolgt hierbei über einen elektrodynamischen Aktor, der zur effektiven Schwingungsminderung in unmittelbarer Nähe zum Generator platziert wurde. Das zur Schwingungskompensation erforderliche Steuersignal für den Aktor berechnet der Algorithmus aus der Anlagendrehzahl und dem zu minimierenden Fehlersignal, das von einem Beschleunigungssensor auf Höhe der Nabe erfasst wird.



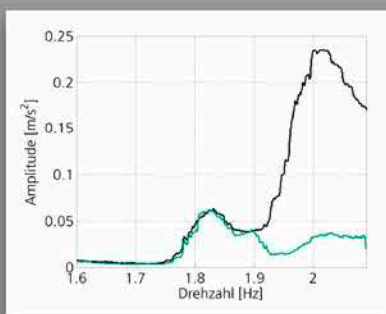
*Instrumentierung der Kleinwindanlage.
Instrumentation of the small wind turbine.*



*Versuchsanlage mit aktivem Zusatzsystem im CAD.
Small wind turbine with active system in CAD.*



*Schwingungsspektrum mit und ohne Regelung.
Spectrum of vibrations with and without control.*



*Verbesserung durch die Regelung bei Ordnung 72.
Improvement due to the control of order 72.*

Im Anschluss an die Simulationen wurde das System aufgebaut und im realen Betrieb getestet. Die Gegenüberstellung(en) der Messergebnisse des unregulierten und geregelten Betriebs zeigt(en) eine deutliche Reduktion bei den untersuchten Drehzahlordnungen (36 und 72). In Abhängigkeit von der Anlagendrehzahl werden dabei Reduktionen von bis zu 80% erreicht.

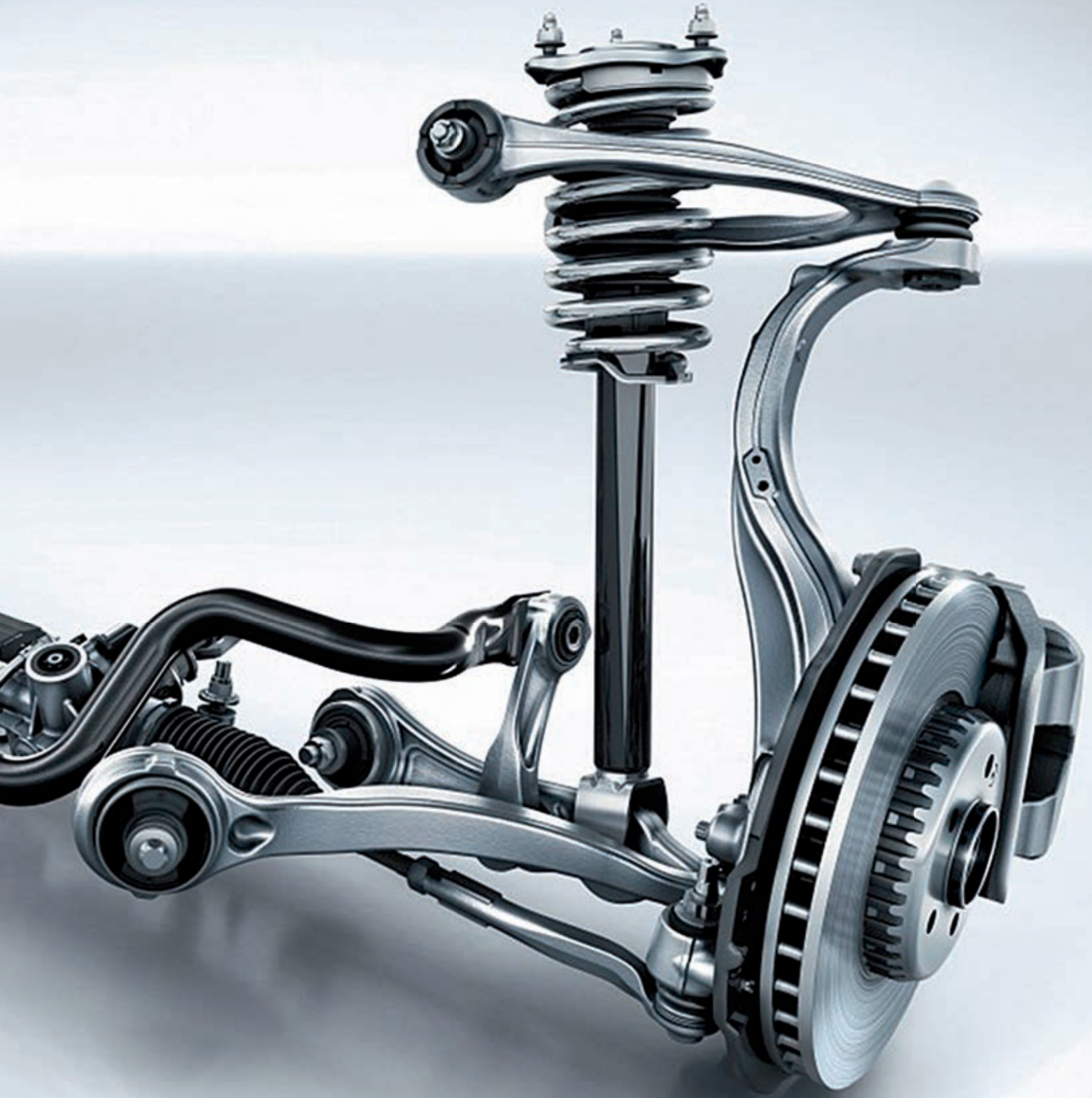
Customer Benefits The exemplary implementation of a small wind turbine illustrates the huge potential of active systems for reducing vibration in wind turbines. It is conceivable with small wind turbines to use such systems to reduce the structure-borne noise input into buildings. It is also imaginable to transfer the control concept to large wind turbines to reduce gear-induced vibrations and noise radiation. This requires detailed investigations in a large wind turbine.

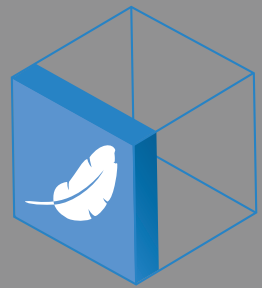
Summary Wind turbines are exposed to excessive dynamic loads which may result in extensive vibrations and in turn to a reduced component lifetime, undesirable sound emissions and adverse effects in power generation. Active control solutions can help to reduce these structural vibrations. The objective of this project has been to demonstrate the capabilities of active measures for vibration reduction in wind turbines.

This was achieved by developing an active vibration control system and testing it under real operating conditions on a small wind turbine installed at the Fraunhofer LBF. The measurement results demonstrate that active control system can significantly reduce the undesirable vibrations at the hub.

„Mit aktiven Maßnahmen wirken wir den im Betrieb auftretenden Schwingungen sehr erfolgreich entgegen.“




M.Sc. Roman Kraus, Fraunhofer LBF





Leichtbau mit System.

Systematic Lightweight Construction.

	Technologieentwicklungen für zukünftige Flugzeugflügel. Technology development for future aircraft wings.	52
	Querlenker aus Faserverbunden mit integrierten Funktionen. Lightweight control arm of fiber-reinforced composites integrates several functions.	54
	Optimierte Prozesskette für Composite-Sicherheitsbauteile. Optimized process chain for composite safety-parts.	56
	Effiziente Betriebsmessungen dank generativ gefertigter Hilfsmittel. Efficient operational measurements thanks to additive manufactured tools.	58
	Festigkeitsverhalten mehrachsig belasteter Komponenten. Fatigue life assessment of structural components under multiaxial cyclic loading.	60





AUFBAU EINER FLÜGELSTRUKTUR MIT BEWEGLICHER VORDERKANTE MANUFACTURING OF A WING STRUCTURE WITH FLEXIBLE DROOP NOSE

Technologieentwicklungen für zukünftige Flugzeugflügel.

Technology development for future aircraft wings.

Contact: Martin Lehmann · Telephone: +49 6151 705-416 · martin.lehmann@lbf.fraunhofer.de
Dr. Volker Landersheim · Telephone: +49 6151 705-475 · volker.landershaim@lbf.fraunhofer.de

Im Oktober 2014 untersuchte das Fraunhofer LBF im Rahmen des Projektes Clean Sky Green Regional Aircraft zusammen mit den Fraunhofer-Instituten IBP und ENAS einen ca. 3 Meter breiten Flügel in einem Klimawindkanalversuch. Zuvor wurde am Institut die Struktur des Flügels entwickelt und gebaut sowie mehrere neuartige Technologien integriert.

Neue Herausforderungen – neue Lösungen

Im europäischen Projekt Clean Sky werden seit 2008 zukunftsweisende Technologien für künftige Flugzeuge entwickelt. In diesem Zusammenhang hat Fraunhofer den 1:1 Droop Nose Demonstrator entwickelt, im Fraunhofer LBF aufgebaut und abschließend in einem Klimawindkanalversuch erprobt. Auf Basis aerodynamischer Vorgaben wurde eine Kinematik für die Absenkung der Flügelvorderkante entwickelt. Die Besonderheit dieses hier entwickelten Hochauftriebsmittels im Bereich der Vorderkante ist die Vermeidung von Spalten durch eine Mitverformung der Haut. Dies ist insbesondere für künftige Laminarflügel von hoher Bedeutung, da diese nur mit glatten Oberflächen realisierbar sind. Ein weiterer Vorteil ist die

Reduzierung der Lärmemissionen im Landeanflug durch die Vermeidung von Spalten. Die hohe Dehnung der Haut, die bei jeder Betätigung auftritt, erfordert jedoch eine ausreichende Betriebsfestigkeit.

Die Verformung der Haut wird über einen elektromechanischen Aktuator erzeugt. Zusätzlich werden einige vom Fraunhofer IBP bereitgestellte „Smart memory alloy-Aktoren“ genutzt. Zur künftigen Regelung der Kinematik im Flug entwickelt das Fraunhofer LBF ein Verfahren zur Rekonstruktion der Flügelgeometrie auf Basis von Sensorsignalen. Zu diesem Zweck wurden u. a. fast 50 faseroptische Dehnungssensoren in die Haut der beweglichen Flügelvorderkante integriert und über das vom Fraunhofer LBF entwickelte strukturintegrierte Steckerkonzept nach außen geführt.

Für die Technologie-Plattform „Flügel“ wurden vom Fraunhofer ENAS sog. „synthetic jet Aktuatoren“ bereitgestellt. Diese können die Strömung positiv beeinflussen. Im Klimawindkanalversuch sollte das Verhalten dieser Technologie unter Vereisungsbedingungen erprobt werden.





*Einsatz der Rauchlanze im Klimawindkanal.
Use of a fume lance at the climated wind chanel.*

Oliver Schwarzhaupt · Telephone: +49 6151 705-490 · oliver.schwarzhaupt@lbf.fraunhofer.de

Zusätzlich wurde in eine hochgedehnte Flügelvorderkante erstmals ein thermisches Vereisungsschutzsystem integriert. Ein Vereisungsschutzsystem ist eine wichtige Voraussetzung für den sicheren Betrieb. Dieses Konzept wurde aber aufgrund der hohen Hautdehnung bisher nicht zufriedenstellend gelöst. Im Rahmen von Clean Sky gelang es dem Fraunhofer LBF, ein flexibles Heizsystem auf Basis von Carbon Nano Tubes (CNT) zu entwickeln. Zur Temperaturregelung wurden Thermosensoren in das Modell integriert.

Bei ersten Erprobungen des Modells zeigte sich bereits eine gute Übereinstimmung der Flügelverformungen zwischen Ergebnissen der FE-Simulationen und dem gefertigten Modell. Daraufhin wurde der Demonstrator in einem Klimawindkanalversuch erprobt. Die Struktur und die verschiedenen Technologien funktionierten erwartungsgemäß gut, und durch den erfolgreichen Versuch im Windkanal kann der Technologiereifegrad nachgewiesen werden. Die Entwicklung der Technologien ist noch nicht abgeschlossen und soll in künftigen Projekten fortgesetzt werden.

Customer Benefits At Fraunhofer LBF even complex R&D with prototypes are possible. In this project, the timeframe for the last project phase was six months for design, manufacturing and test.

Summary In the context of the Clean Sky Project a 3 meter wide full scale wind tunnel model of a possible future wing was developed and manufactured at Fraunhofer LBF; several potential future technologies have been integrated. This demonstrator has been thought as technology platform: A flexible ("morphing") Droop Nose with a measuring and control system, the novel integration of a variable ice protection system, integration and testing of shape memory alloy-based actuators and synthetic jet actuators are an important step in enhancing the technology readiness level.



Research leading to these results has received funding from the European Union (FPJ/2007-2013) for the Clean Sky Joint Technology Initiative under relevant grant agreement



BETRIEBSFESTE AUSLEGUNG VON FASERVERBUNDSTRUKTUREN
STRUCTURALLY DURABLE DESIGN OF FIBER REINFORCED COMPOSITE STRUCTURES

Querlenker aus Faserverbunden mit integrierten Funktionen.

Lightweight control arm of fiber-reinforced composites integrates several functions.

Contact: Dominik Spancken · Telephone: +49 6151 705-412 · dominik.spancken@lbf.fraunhofer.de

Immer leichter, immer sparsamer – so die Maxime der Automobilindustrie. Eine Schlüsseltechnologie, um diesem Anspruch gerecht zu werden, ist der betriebsfeste und funktionsintegrierte Leichtbau – sehr oft unter Einsatz von Faserverbunden. Allerdings stellt die fasergerechte und betriebsfeste Auslegung von Faserverbundstrukturen Konstrukteure und Ingenieure vor eine große Herausforderung. Im Fraunhofer LBF wurde ein Querlenker für ein Mittelklassefahrzeug aus Faserverbund ausgelegt und gefertigt.

Faserverbundbauteile fit für die Serienfertigung

Im Vergleich zu Metallen verhalten sich Faserverbunde unter mechanischen Lasten deutlich komplexer; bestehende Konstruktionen aus Metallen lassen sich nicht einfach durch Faserverbunde substituieren. Die unterschiedlichen Werkstoffe erfordern bei der Konstruktion hinsichtlich des Fertigungsverfahrens und wegen der anisotropen Eigenschaften der Faserverbunde unterschiedliche Herangehensweisen. Faserverbunde müssen fasergerecht ausgelegt werden, die verstärkenden Fasern müssen also in Lastrichtung ausgerichtet sein. Eine Herausforderung war es, die Herstellung der Faserverbundbauteile fit für die Serienfertigung zu machen. Das Ergebnis: Für große und flächige Bauteile eignen sich besonders Organobleche mit

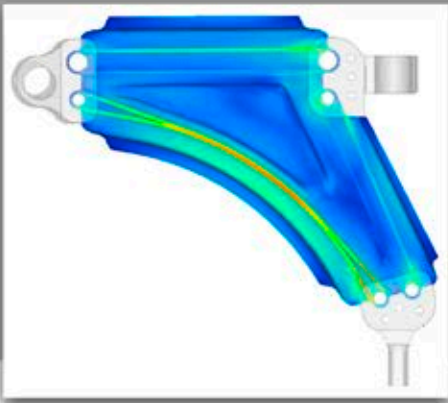
thermoplastischer Matrix, die – umspritzt in einem Werkzeug –, die Bauteilgeometrie abformen. Auf Basis duroplastischer Matrixsysteme besteht die Möglichkeit das Resin Transfer Moulding-Verfahren (RTM-Verfahren) zu verwenden. Für eine betriebsfeste und zuverlässige Auslegung von Fahrwerkskomponenten ist es notwendig, alle Einflüsse aus dem Betrieb zu berücksichtigen. Die mechanische Auslegung beruht auf Lastkollektiven, die an einem Messrad in einem Fahrzyklus ermittelt wurden. Die Kollektivwerte wurden in Lasten umgerechnet, die an dem jeweiligen Bauteil angreifen. Aus Fahrmanöverabschätzungen wurden kritische Fahrmanöver abgeleitet, die als Lastannahme dienen. Die unterschiedlichen Fahrmanöver rufen in den höchst beanspruchten Bereichen komplexe mehraxiale Beanspruchungszustände hervor, die es für die betriebs sichere Auslegung zu bewerten galt.

Optimierter Schichtaufbau

Experimentelle Untersuchungen an den zu verwendenden Materialien bildeten die Grundlage für die Erstellung von Materialmodellen zur Abschätzung der Lebensdauer. Mittels numerischer Methoden identifizierten die Wissenschaftler lasttragende Bereiche, wo lokale Faserverstärkungen der Struktur verlaufen müssen. Um die lokale Faserverstärkung zu stützen, müssen Gewebeschichten in den Schichtaufbau



*Prototyp eines Faserverbundquerlenkers, entwickelt im Fraunhofer LBF.
Prototype of a fiber-reinforced composite control arm developed in the Fraunhofer LBF.*



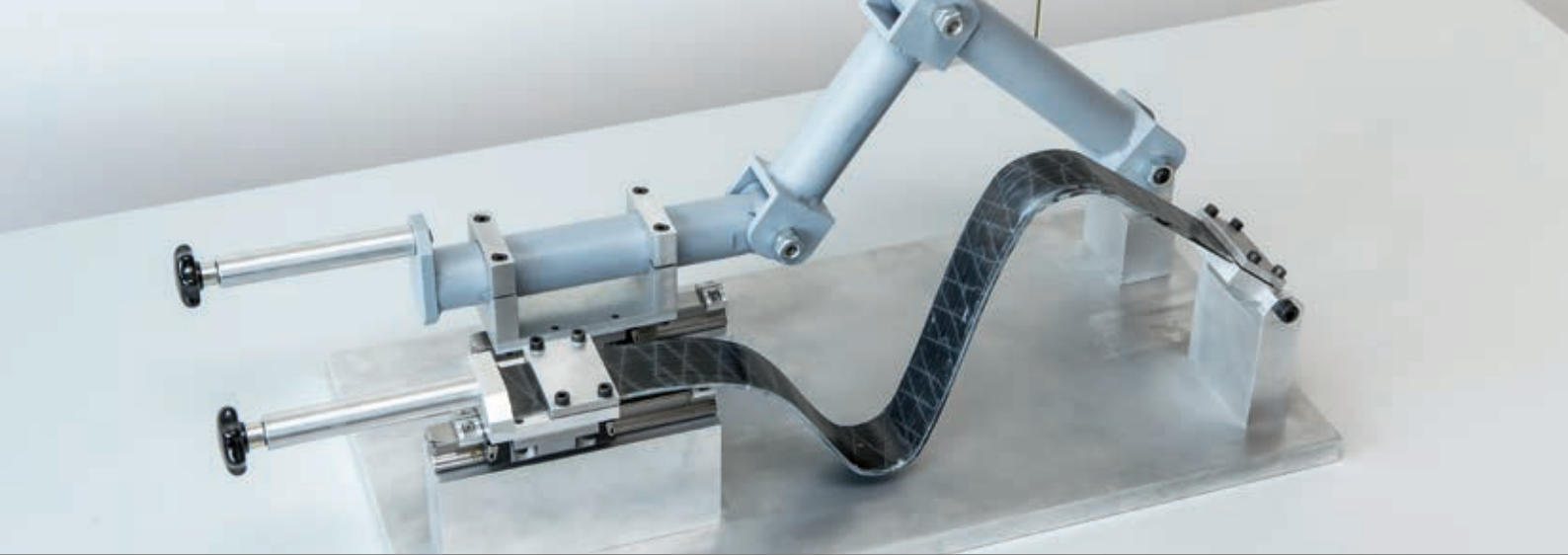
*Spannungen am Querlenker beim Lastfall „Bremsen Linkskurve“.
Stresses in the control arm in the load case “braking on left-hand bend”.*

eingebraucht werden. Dieser Schichtaufbau wurde numerisch bezüglich der lokalen Faserorientierung optimiert, damit auch diese Gewebelagen entsprechend ihrer Beanspruchung optimal ausgelastet sind.

Customer Benefits Highly stressful situations such as accidents or overloading on poor stretches of road can damage the structure and shorten the fatigue life. These areas can be monitored online with the help of a structural health monitoring system made up of fiber-optic sensors and a fiber-optic cable. An appropriate warning message is displayed to the driver if a previously specified threshold value is exceeded.

Dynamically loaded lightweight structures are prone to vibrations which are usually damped, for example with absorbers. The drawback: additional masses and corresponding installation space. The scientists of the Fraunhofer LBF damped the vibrations by means of piezoelectric converters which are wired to passive structural elements. To maximize the effectiveness, the LBF researchers adopted the design of this semi-active system into the development process of the fiber-reinforced composite component. As a result, it is possible to manufacture components that simultaneously have a low mass and good damping characteristics.

Summary Lightweight and safe is one of the automotive industry's greatest aims. The Fraunhofer LBF has produced a control arm for an executive class car made of carbon fiber. It weighs 35 percent less than a comparable part made of steel. In addition to this, the scientists are planning to integrate functions in the control arm so that it exhibits greater tolerance to damage and increased comfort in use. This will be implemented with structural health monitoring systems (SHM) and semi-active systems which reduce the transmission of structure-borne noise. It has been possible to design and make a control arm of fiber-reinforced composite in a development time of only six months.



AUSLEGUNG VON LEICHTBAU-STRUKTUREN
DESIGN OF LIGHTWEIGHT STRUCTURES

Optimierte Prozesskette für Composite-Sicherheitsbauteile.

Optimized process chain for composite safety-parts.

Contact: Prof. Dr. Manfred Döring · Telephone: +49 6151 705-8675 · manfred.doering@lbf.fraunhofer.de
Prof. Dr. Andreas Büter · Telephone: +49 6151 705-277 · andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de

Bisher hat das Fraunhofer LBF eher in Teilbereichen Vorhaben zur Bauteilentwicklung unterstützt. Die Vorgehensweise für eine umfassendere Prozesskette wurde beispielhaft an einem Bauteil in allen Entwicklungsschritten umgesetzt. Da hierbei die Kompetenzen mehrerer Abteilungen benötigt werden, war es das Ziel des Projektes die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Phasen der Produktentwicklung zu optimieren und eine reibungslose Prozesskette für künftige Projekte zu etablieren.

Etablierung der Prozesskette von der Materialentwicklung bis zur Prüfung

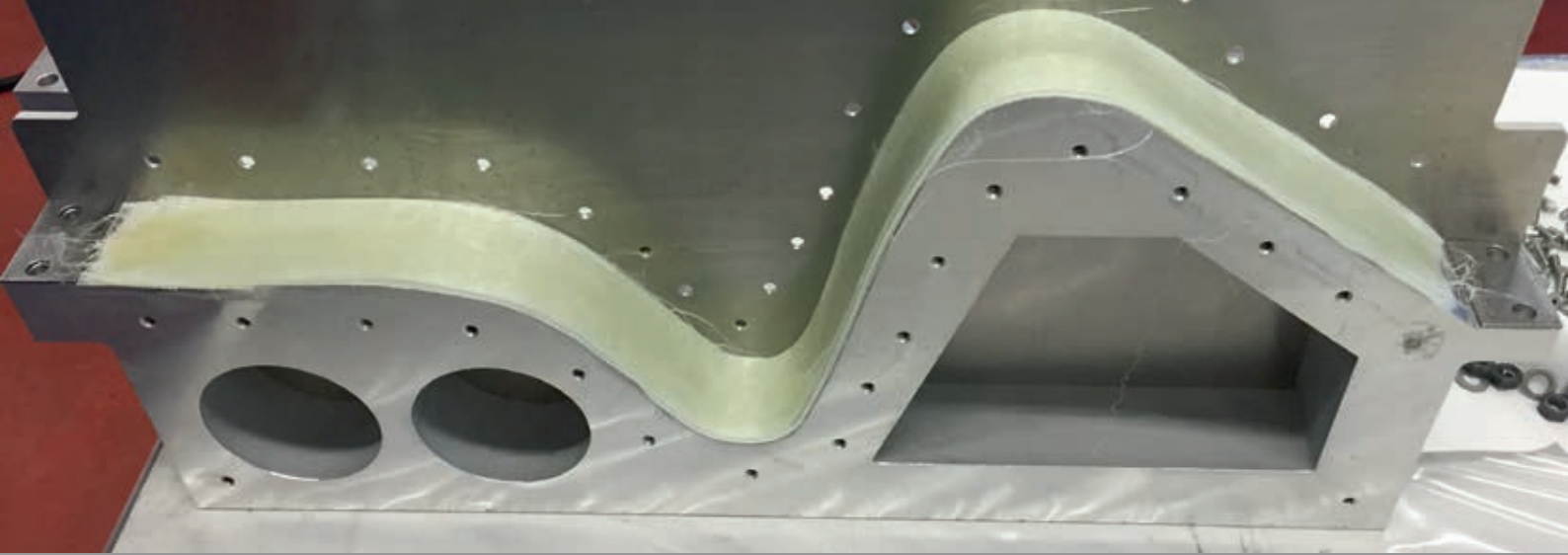
Von der chemischen Harzentwicklung und Formulierung, über die simulationsgestützte Bauteil- und Systemauslegung bis hin zur Fertigung und Prüfung des Bauteil wurde innerhalb weniger Monate eine Vorgehensweise erprobt, die nun die verbesserte Begleitung unserer Kunden in der Auslegung von Leichtbaustrukturen ermöglicht.

Ein in Differentialbauweise hergestellter Kurbeltrieb aus Stahl mit integrierten Elastomerlagern, wie er beispielhaft für Fahrwerksteile steht, wurde durch eine Faserverbundfeder in Inte-

gralbauweise substituiert. Der Kraft-Weg-Verlauf wurde dabei näherungsweise beibehalten während das Gewicht von 6,75 kg auf 0,18 kg reduziert wurde.

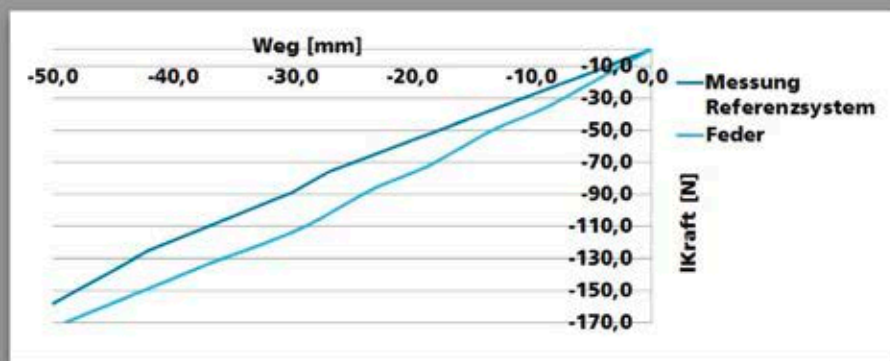
Zu Beginn wurde eine flexible Epoxidharzformulierung mit hohem Elastomeranteil entwickelt. Compositestrukturen, basierend auf angepassten, zähmodifizierten Harzsystemen, besitzen ein erhebliches Potential zur Steigerung der Bruchdehnung und des Impactverhaltens von Faserverbundstrukturen, der Steigerung der Lebensdauer durch die Verzögerung von Zwischenfaserbrüchen und zur Steigerung der Einsatzbreite von diesen Leichtbauwerkstoffen durch neue Anwendungen wie beispielsweise Festkörpergelenken im Karosseriebereich.

Parallel zur Materialentwicklung wurden erste Simulationen durchgeführt. Zunächst wurde eine metallische Referenzstruktur mit Elastomerlagern anhand von Parameterstudien ausgelegt. Das mechanische Verhalten dieser Struktur diente als Vorgabe für die Auslegung einer Faserverbundfederstruktur. Diese wurde mit FEM und MKS unter Einbindung von sog. FlexBody-Körpern im Simulationsmodell ausgelegt und über ein CAD-Programm als Negativform abgeleitet.



Formenbau im Fraunhofer LBF.
Mold construction at Fraunhofer LBF.

Vorteile einer reibungslos funktionierenden Prozesskette.
Advantages of a smoothly running process chain.



Riccardo Möller · Telephone: +49 6151 705-408 · riccardo.moeller@lbf.fraunhofer.de

Zur Faserverbundfertigung wurde eine Metall-Negativform mit der hauseigenen CNC-Abrassivwasserstrahlanlage hergestellt, die die schnelle und genaue Fertigung ermöglichte. Hiermit können in Zukunft schnell und effizient, ähnlich wie bisher mit generativen Fertigungsverfahren, Werkzeuge für die Faserverbundfertigung im Haus hergestellt werden.

Die Feder wurde zunächst manuell in Prepreg-Bauweise in die Metallform eingelegt und in einer Heißpresse konsolidiert. Nach der Fertigung fand eine Vergleichsmessung der metallischen Referenzstruktur und der Leichtbaulösung statt. Hierbei zeigte sich ein ähnlicher Kraft-Wegverlauf der beiden Strukturen. In einem Demonstrator können die beiden Strukturen nebeneinander handbetätigt verglichen werden.

Customer Benefits We can provide support in the future for the development of a similar lightweight structure in the form of a new design or substitute solution. We provide this support along the entire process chain from material development to testing, or on the basis of individual processes. The Fraunhofer LBF will be happy to support such development of a specific component in an industrial or research project.

Summary Metallic structures are often replaced by composite structures to reduce weight. In this case, it is important to optimize the target weight while retaining the mechanical properties of the reference structure. Integration of the Plastics Division in the Fraunhofer LBF means that the entire process chain is available from material development to simulation, production of a prototype and testing.



OPTIMALE ANPASSUNG VON MESSEQUIPMENT AN DIE MESSUMGEBUNG
OPTIMAL ADJUSTMENT OF MEASURING EQUIPMENT TO THE MEASURING ENVIRONMENT

Effiziente Betriebsmessungen dank generativ gefertigter Hilfsmittel.

Efficient operational measurements thanks to additive manufactured tools.

Contact: Johannes Käsgen · Telephone: +49 6151 705-613 · johannes.kaesgen@lbf.fraunhofer.de
Tobias Röglin · Telephone: +49 6151 705-8242 · tobias.roeglin@lbf.fraunhofer.de

Durch Betriebsmessungen erlangt man weitreichende Informationen über die Beanspruchung eines technischen Systems im Betrieb. Die gezielte Messung von Lastkollektiven dient der Ableitung auslegungsrelevanter Parameter von Bauteilen sowie der Steigerung der Qualität, Effizienz und Sicherheit, beispielsweise von PKW, LKW, Schiffen oder industriellen Maschinen und Anlagen.

Optimale Anpassung an jede Messumgebung

Vor der Durchführung von Betriebsmessungen werden die relevanten Messgrößen festgelegt. Meist handelt es sich um Kräfte, Dehnungen oder Beschleunigungen, die mit Hilfe entsprechender Sensoren erfasst werden sollen. Entscheidend für die Auswahl der Sensoren sind unter anderem der zu erfassende Frequenzbereich sowie die zu erwartenden Pegel. Um die gewünschten Ergebnisse zu erhalten, wird die Sensorik mit passender Hardware zur Datenerfassung und Signalverarbeitung sowie Auswertelgorithmen kombiniert. Mitbestimmend für den Aufwand einer Betriebsmessung sind die Wahl der Positionen zur Applizierung und Integration des Messequip-

ments sowie die Umweltbedingungen vor Ort. Herausforderungen können entstehen durch schlechte Zugänglichkeit an der Einbaustelle, Witterungseinflüsse wie Feuchtigkeit und extreme Temperaturen oder Gefährdungen durch Steinschlag, Wasser oder andere Medien. Möglicherweise ist das Messequipment auch hohen Kräften oder starker Strömung ausgesetzt oder muss an geometrisch ungünstigen Stellen, z. B. gekrümmten Flächen, sicher angebracht werden.

Um die Betriebsmessungen durchführen zu können, sind deshalb Hilfsmittel notwendig, mit denen das Messequipment an die Bedingungen vor Ort angepasst und vor Beschädigungen geschützt werden kann. Am Fraunhofer LBF können diese Hilfsmittel durch generative Verfahren hergestellt werden. Dafür stehen eine Lasersinteranlage und ein 3D-Drucker zur Verfügung. (Sensor-)Gehäuse und Halterungen können so individuell und passgenau gefertigt werden. Auch die Herstellung komplexer Geometrien ist schnell und kostengünstig möglich. Generative Fertigung bietet außerdem die Möglichkeit zur Funktionsintegration, wodurch die Zahl der Einzelteile und damit





*Vielfältig einsetzbar und äußerst robust: die generativ gefertigten Beschleunigungssensoren des Fraunhofer LBF.
 Various applications and extremely robust: the additive manufactured acceleration sensors of the Fraunhofer LBF.*

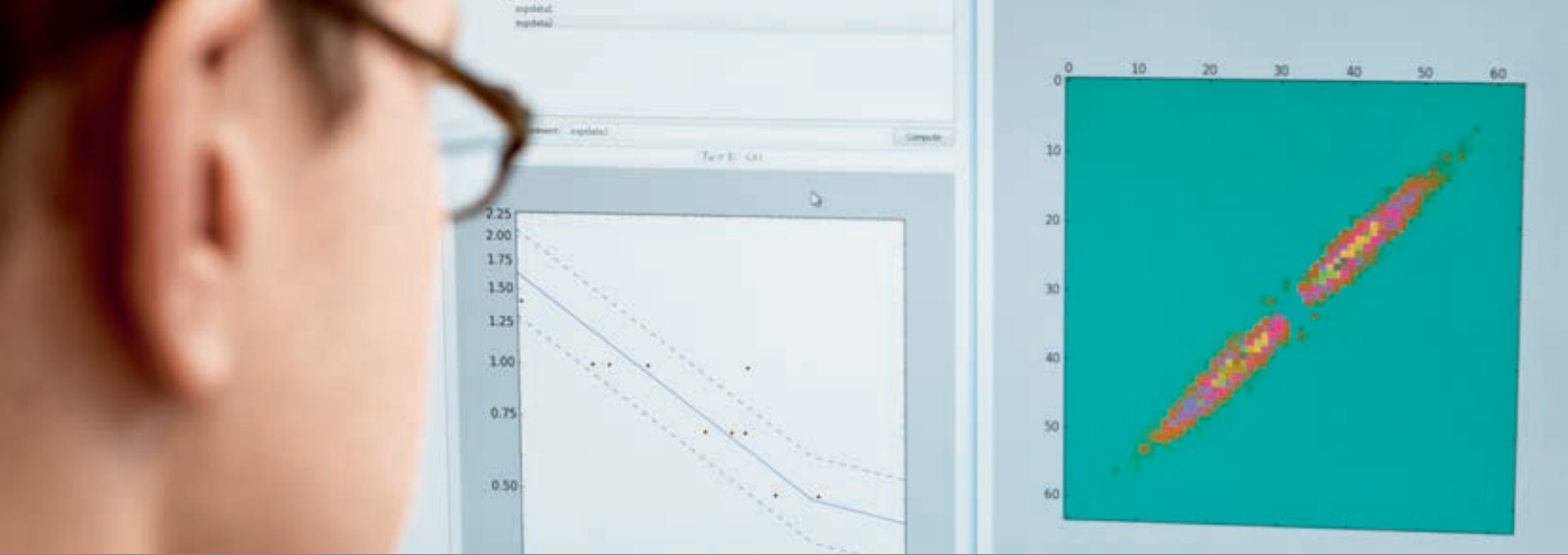
*Verschiedene lasergesinterte Kunststoffteile als Hilfsmittel für Betriebsmessungen.
 Laser-sintered plastic parts as tools for operational measurement.*



auch der folgenden Montageschritte reduziert werden kann. Durch die generativ hergestellten Hilfsmittel kann das Messequipment optimal an die Messumgebung des Kunden angepasst werden. Dadurch können Messkampagnen schneller und kostengünstiger durchgeführt werden. Die Möglichkeiten für Betriebsmessungen werden erweitert, die Qualität der Messergebnisse verbessert und die Robustheit des Messequipments erhöht.

Customer Benefits By operational measurements the customer receives important information about his technical system. They serve the increase of efficiency, security and quality. Applying additive manufacturing methods for the production of tools at the Fraunhofer LBF allows for an optimal adjustment of the measuring equipment to the measuring environment at the customer. Both the production of the tools and the measurements can be accelerated and the costs can be reduced. The properly matching sensors and mounting plates improve reliability and increase the quality of the results of measurements.

Summary Operational measurements serve the increase of the quality, efficiency and security of plants and vehicles. By sensors and suitable measuring equipment relevant measured variables are recorded in the service. The additive manufacturing methods used at the Fraunhofer LBF enable an individual and properly matching production from tools to the optimal adjustment of the measuring equipment to the measuring environment of the customer. The measurements are accelerated thereby and the costs are reduced. Beyond that the uses of the measuring equipment can be increased and the results of measurements can be improved.



MEHRACHSIGE BERECHNUNGSKONZEPTE FÜR MAGNESIUM-SCHWEISSVERBINDUNGEN MULTIAXIAL HYPOTHESES FOR MANGANESE WELD JOINTS

Festigkeitsverhalten mehrachsiger belasteter Komponenten.

Fatigue life assessment of structural components under multiaxial cyclic loading.

Contact: Alexandre Bolchoun · Telephone: +49 6151 705-8457 · alexandre.bolchoun@lbf.fraunhofer.de



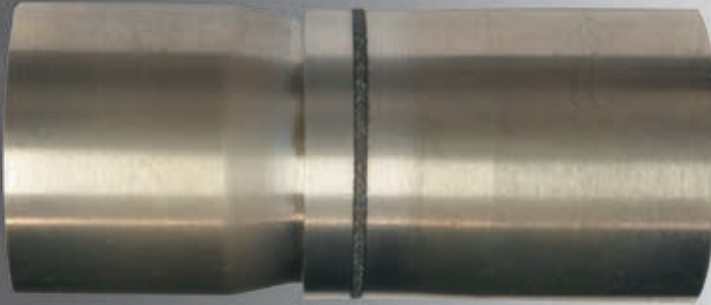
Viele Bauteile und Komponenten unterliegen mehrachsigen Ermüdungsbeanspruchungen, d. h. es liegen gleichzeitig unterschiedliche Belastungsarten vor, z. B. Biegung kombiniert mit Torsion oder Zug-Druck-Belastung kombiniert mit Torsion. Insbesondere in den Fällen, in welchen die Einzelbelastungskomponenten unabhängig voneinander schwingen (nichtproportionale Belastung), ist es schwierig eine zutreffende Lebensdauerabschätzung durchzuführen. Vor diesem Hintergrund stellt die Verbesserung der Treffsicherheit mehrachsiger Schädigungsparameter eine wichtige Anforderung dar.

Laserstrahlschweißverbindungen aus Magnesium

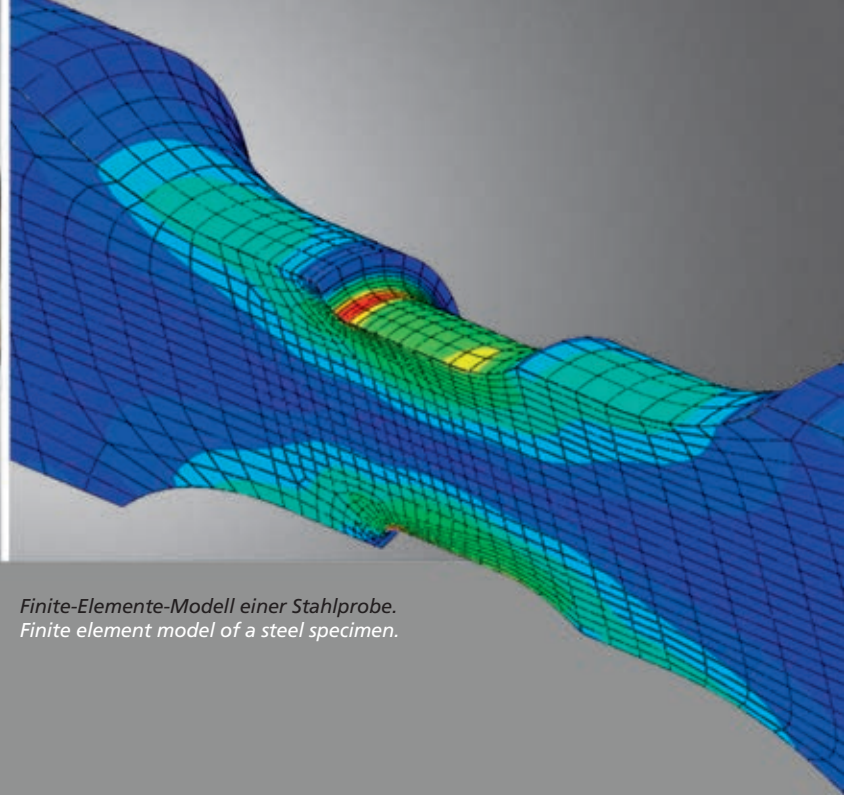
Die steigenden Anforderungen an den Leichtbau erfordern den Einsatz neuer Materialien in Verbindung mit geeigneten Fügeverfahren. Magnesium weist im Vergleich zu weitverbreiteten Konstruktionswerkstoffen wie Aluminium oder Stahl eine geringere Dichte auf. Der daraus resultierende Gewichtsvorteil kann in der Zukunft zu einer vermehrten Nutzung von Magnesium-Legierungen im Leichtbau führen. Das Laserstrahlschweißen ermöglicht die Herstellung komplexer Komponenten aus Magnesium-Legierungen, dabei können hohe Festigkeiten sowie Steifigkeiten der Schweißnähte erzielt werden.

Im Rahmen eines laufenden DFG-Forschungsvorhabens werden die Schwingfestigkeitskennwerte dünnwandiger Überlappschweißverbindungen aus Magnesium-Knetlegierungen AZ31 und AZ61 unter mehrachsigen proportionalen sowie nichtproportionalen Belastungen mit variablen Amplituden experimentell ermittelt. Im Vorgängerprojekt wurde das Ermüdungsverhalten dieser Schweißverbindungen unter Belastungen mit konstanten Amplituden untersucht. Die experimentellen Ergebnisse zeigen eine deutliche Lebensdauerverkürzung unter nichtproportionalen Belastungen im Zeitfestigkeitsbereich im Vergleich zum proportionalen Belastungsfall. Ein ähnliches Verhalten wird auch bei Schweißverbindungen aus Aluminium und Stahl beobachtet.

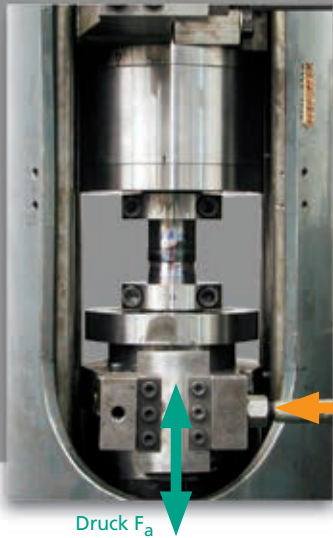
Ausgehend von Versuchsergebnissen werden mehrachsige Berechnungskonzepte zur genauen Erfassung des beobachteten Ermüdungsverhaltens angepasst und erweitert. Die Anwendung solcher erweiterter Hypothesen ist mit einem hohen Rechenaufwand verbunden. Daher werden die Berechnungsroutinen programmiert und in ein Software-Tool zur Bewertung von mehrachsigen Beanspruchungen integriert.



*Dünnwandige Schweißprobe aus Magnesium.
Thin-walled welded magnesium specimen.*



*Finite-Elemente-Modell einer Stahlprobe.
Finite element model of a steel specimen.*



Druck F_a

Torsion $M_{t,a}$

*Zug-Druck-Torsion-Prüfmaschine im Fraunhofer LBF.
Tension-torsion test rig at Fraunhofer LBF.*

Lebensdauerabschätzung mehrachsiger belasteter Sicherheitsbauteile aus Schmiedestahl und Aluminiumguss

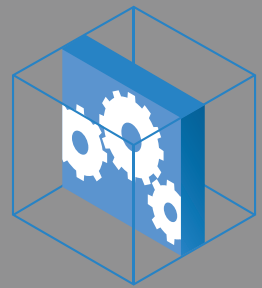
Im Fokus des abgeschlossenen, durch das Forschungskuratorium Maschinenbau geförderten, gemeinschaftlichen Forschungsvorhabens (mit TU Clausthal) lag das Ermüdungsverhalten des Vergütungsstahls 50CrMo4 V und der Aluminiumgusslegierung G-AlSi7Mg0,3 T6. Stahl ist der duktilere dieser beiden Werkstoffe und zeigt eine Lebensdauerverkürzung unter nichtproportionaler mehrachsiger Belastung im Vergleich zum proportionalen Fall. Bei der Aluminiumgusslegierung kann die Umkehrung dieses Verhaltens beobachtet werden. Allerdings tritt diese Umkehrung nicht bei allen untersuchten Lastsignalformen auf.

Die Ergebnisse umfangreicher experimenteller Untersuchungen wurden dazu genutzt, mehrere Spannungs- sowie Dehnungsbasierte mehrachsige Schädigungsparameter auf ihre Anwendbarkeit zu testen. Es wurden Empfehlungen abgeleitet, die in Abhängigkeit vom vorliegenden Werkstoff bzw. von der vorliegenden Beanspruchungsart, eine geeignete Mehrachsigkeitshypothese ermöglichen. Außerdem wurde ein Parameter zur Verbesserung der Lebensdauerbewertung unter nichtproportionalen Belastungen vorgeschlagen.

Customer Benefits Materials and welded joints, which were investigated in two research projects often exhibit a fatigue life shortening under multiaxial non-proportional loadings. Hypotheses, which enable engineers to take this behavior into account during the development process are available in form of computational routines, which can be used for customer-specific lifetime assessment problems. The routines can be also provided to the customer in the course of a bilateral project.

Summary The fatigue strength of a number of materials or welded joints under multiaxial cyclic loading was investigated experimentally. The experimental results were then used to verify different hypotheses for fatigue life evaluation, which are based on local stress or strain concepts. Furthermore these hypotheses were extended, in order to yield better fatigue life assessment results.





Zuverlässigkeit mit System.

Systematic Reliability.



Betriebsfestigkeit einer Materialumschlagmaschine.
Structural Durability of a material handler.

64



Bedarfsgerechte Instandhaltung von Güterwagen.
Needs-based maintenance of freight cars.

66



Smartes Sensornetzwerk zur Überwachung großer Bauwerke.
Smart sensor network for monitoring large structures.

68



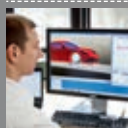
Prüfungen von HV-Batterien.
Tests on HV batteries.

70



Elektromobilität auf dem richtigen Weg.
Electromobility on the right track.

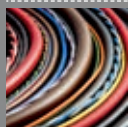
72



Multiaxiales Elastomerlagermodell für dynamische
Mehrkörpersimulationen.

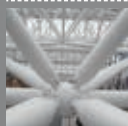
74

Multi-axial elastomeric bearing model for dynamic multi-body simulations.



Mehradrige Kabel in der Verlegesimulation.
Laying simulation for multi-core cables.

76



Beherrschung von Unsicherheit in aktiven lasttragenden Systemen.
Control of uncertainty in active load-bearing systems.

78

Experimentelle Simulation:
Prüfaufbau im großen
Versuchsspannfeld des
Fraunhofer LBF.
Experimental simulation:
test setup in the Fraunhofer
LBF's large span-testing
facility.



SYSTEMATISCHE BELASTUNGSANALYSE UND BETRIEBSLASTENVERSUCHE
SYSTEMATIC LOAD ANALYSIS AND OPERATING LOAD TESTS

Betriebsfestigkeit einer Materialumschlagmaschine.

Structural Durability of a material handler.

Contact: [Andreas Herbert](mailto:andreas.herbert@lbf.fraunhofer.de) · Telephone: +49 6151 705-279 · andreas.herbert@lbf.fraunhofer.de



Die Dimensionierung der Komponenten von Arbeitsmaschinen aus dem Bau- und Umschlagbereich erfolgte für frühere Maschinengenerationen meist nur erfahrungsbasiert. Erst in den letzten Jahren wurden gezielt Lastannahmen und Belastungskollektive definiert, um die Konstruktionen optimal auslegen zu können. Im hier dargestellten Kundenprojekt sollten zunächst diese Daten für den Ausleger eines Materialhandlers bestimmt werden, welcher vorrangig im Umschlagbetrieb eingesetzt ist, um anschließend auf dieser Basis Festigkeitsversuche durchführen zu können.

Betriebsmessungen

Vom Fraunhofer LBF wurde der Ausleger der Materialumschlagmaschine mit umfangreicher Messtechnik bestückt: Beschleunigungssensoren, rund 40 Dehnungsmessstreifen zur Bestimmung der Beanspruchungen, Winkel- und Wegsensoren zur Bestimmung der Lagepositionen und individuell angefertigte Kraftmessglieder zur Ermittlung der Kräfte zwischen Greifer und Ausleger. Mit der so ausgerüsteten Maschine wurden im Betriebseinsatz die zuvor definierten typischen Lastfälle gemessen.

Es zeigte sich, dass der Ausleger nicht nur durch die Kräfte des Greifers beansprucht wird, sondern dass auch die Trägheitskräfte, hervorgerufen durch die Bewegung der Maschine, die Beanspruchungen maßgeblich beeinflussen. Basierend auf den real gemessenen Bewegungen der Maschine wurden diese Trägheitskräfte über ein Dynamikmodell berechnet und mit den Greiferkräften kombiniert.

Hiermit konnte erstmals für diese Maschine das Anforderungsprofil in Bezug auf die Betriebsfestigkeit anwendungsbezogen definiert werden. Dies betrifft sowohl die maximalen Ecklasten für die statische Auslegung als auch die Verteilungen in Form von Kollektiven. Für ähnliche Maschinen anderer Baugrößen lassen sich hieraus ebenfalls in einfacher Weise Einsatzdaten ableiten. Abschließend wurde aus diesen Lastdaten eine verkürzte Last-Zeitfolge zur Laborerprobung des Auslegers abgeleitet.

Betriebsfestigkeitsversuche

Zur Bewertung der aktuellen Konstruktion wurden Versuche am gesamten Ausleger durchgeführt, der hierzu auf einem großen Versuchsspannfeld im Fraunhofer LBF aufgebaut



Die Maschine im realen Einsatz.
Typical machine employment.



Dehnungsmessstreifen an hochbelasteten Stellen der Maschine.
Wire strain gauges on highly-stressed areas of the material handler.

wurde. Statt des Greifers wurden servohydraulische Belastungszylinder angebaut, über welche die relevanten Betriebslasten realitätsähnlich auf die Konstruktion aufgebracht wurden.

Aus den verschiedenen Messequenzen wurde ein repräsentatives Belastungsprogramm extrahiert und mit Hilfe von Labormessungen so abgeglichen, dass es die Bedingungen des zuvor definierten Betriebseinsatzes in zeitlich deutlich geraffter Form simuliert. Die gesamte Maschinenlebensdauer konnte hier im Versuch innerhalb von wenigen Wochen durchlaufen werden. Dabei wurden alle typischen und extremen Lastkombinationen berücksichtigt. Die Zuverlässigkeit der Neukonstruktion konnte so nachgewiesen werden.

Customer Benefits The customer now has a clearly defined requirement for the load scenario of the machine based on real operations. This makes it possible to develop state-of-the-art components for reliable use.

Summary Machine manufacturer Terex Fuchs classified the operation of its material handlers during scrap recycling by defining typical load cases and their time slices. These load

cases had been investigated by means of measurements during field operation. Endurance tests have been performed on the structure of the complete boom assembly based on this load data.



Cristian Engelhardt,
Head of Engineering,
Terex Deutschland
GmbH

„Durch die Zusammenarbeit und Unterstützung des Fraunhofer LBF konnten wir endlich unsere Lebensdaueranalyse von der theoretischen Simulation bis hin zum praktischen Prüfstandslauf aus einer Hand umsetzen. Die erhaltenen Resultate brachten uns viele wertvolle Erkenntnisse für die Berechnung von unseren Stahlbaukomponenten.“

“With the cooperation and support of the Fraunhofer LBF, we finally implemented our fatigue analysis from theoretical simulation to practical bench testing from a single source. The results obtained provided us with a wealth of valuable knowledge for the calculation of our structural steel components.”



ENERGIEAUTARKE SENSORSYSTEME ZUR ZUSTANDSÜBERWACHUNG
ENERGY SELF-SUFICIENT SENSORS FOR CONDITION MONITORING

Bedarfsgerechte Instandhaltung von Güterwagen.

Needs-based maintenance of freight cars.

Contact: M.Eng. Michael Koch · Telephone: +49 6151 705-633 · michael.koch@lbf.fraunhofer.de



Ein gutes Instandhaltungsmanagement im Schienengüterverkehr ist aus ökonomischer Sicht essenziell, um sich im Wettbewerb gegenüber anderen Verkehrsträgern langfristig zu behaupten. Eine ineffiziente Instandhaltung verursacht unnötige Standzeiten und eine vorzeitige technische Behandlung von Komponenten, die eigentlich noch verwendbar wären, und somit hohe wirtschaftliche Aufwendungen. Mit Sensoren, die den Zustand der Güterwagen während des Betriebs überwachen, lässt sich der Instandhaltungsprozess bedarfsgerechter gestalten.

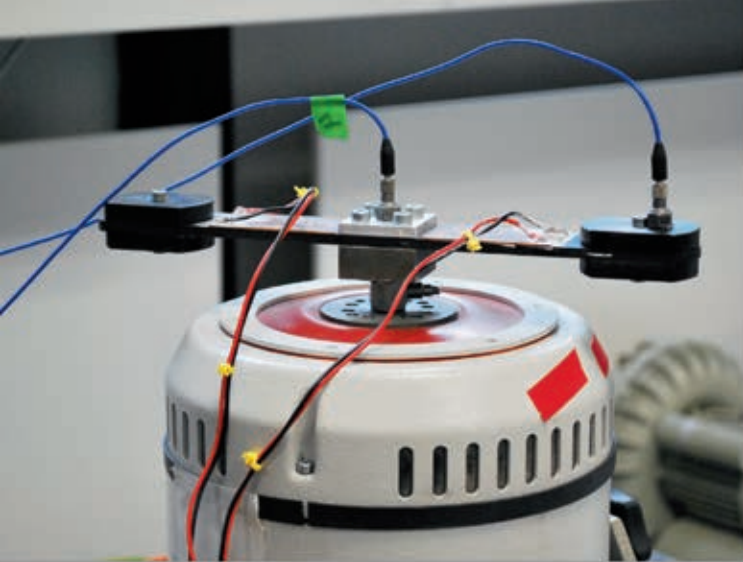
Energieautarke Sensoren zur Überwachung von Güterwagen

Die Entity in Charge of Maintenance (ECM) verantwortet die Instandhaltung von Güterwagen, die nach regelmäßigen Wartungsintervallen oder reaktiv durchgeführt wird. Der tatsächliche Wagenzustand wird dabei meist erst durch das Wartungspersonal in den Werkstätten festgestellt, was dem eigentlichen Instandsetzungsbedarf nur bedingt gerecht wird. Eine Verbesserung dieser Situation durch eine bedarfsgerechtere Instandhaltungsstrategie bringt hohe wirtschaftliche Vorteile für die ECM genauso wie für Wagenhalter, Disponenten und Nutzer. Im Rahmen des vom Bundesministerium für

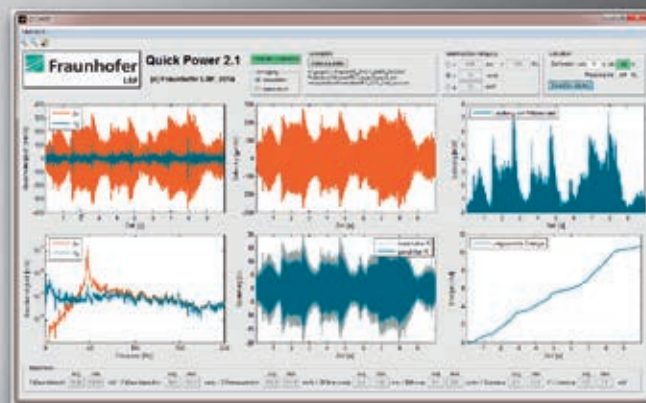
Bildung und Forschung geförderten Projekts „Energieautarke Sensorsysteme zur Zustandsüberwachung von Güterwagen (ESZüG)“ wird gemeinsam mit unterschiedlichen Partnern aus Wissenschaft und Industrie ein System zur automatisierten und energieautarken Instandhaltungsplanung realisiert.

Eines der Kernthemen im Jahr 2014 war die Entwicklung von energieautarken Sensoren, die unter anderem einen Schaden an der Radoberfläche während des Betriebs erkennen und die Messdaten an ein computergestütztes Instandhaltungs-Management-System weiterleiten.

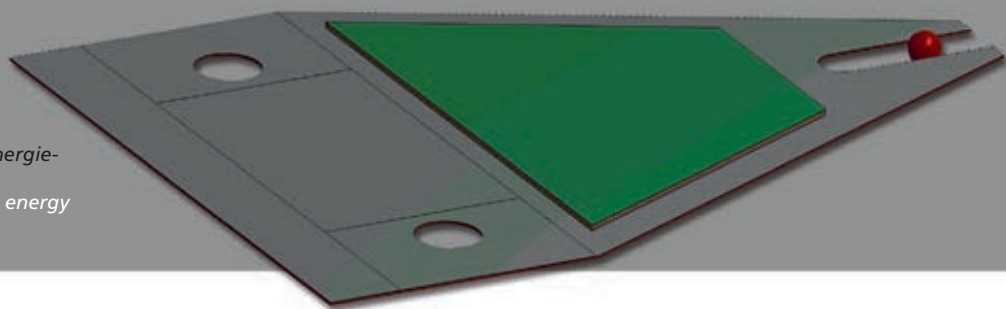
Am Fraunhofer LBF wurden dazu vibrationsbasierte Überwachungsalgorithmen zur Detektion von Radabflachungen entwickelt und anhand von gemessenen Vibrationsdaten sowie Simulationen des Schadensfortschritts verifiziert. Dabei stand die Energieeffizienz durch beispielsweise sensornaher Datenreduktion im Vordergrund. Güterwagen verfügen im Allgemeinen nicht über eine elektrische Energieversorgung. Deshalb erzeugen die energieautarken Systeme die benötigte elektrische Energie mit piezoelektrischen Generatoren aus den Vibrationen am Güterwagen.



*Prototyp eines energieautarken Sensors instrumentiert an einem Vibrationsshaker im Labor.
Prototype of an energy self-sufficient sensor instrumented on a vibration shaker in the laboratory.*



*Software tool zur anwendungsnahen Parametrierung von Generatoren.
Software tool for application-oriented parameterization of generators.*



*FE-Modell eines piezoelektrischen Generators zur Energiegewinnung aus den Vibrationen am Güterwagen.
FE model of a piezoelectric generator for producing energy from the vibrations on the freight car.*

Da das Schwingungsverhalten der Vibrationsquelle jedoch von den Betriebseigenschaften (Fahrgeschwindigkeit, Beladung, Streckenabschnitt, etc.) abhängt, wurden die Generatoren zusammen mit einem Generatorhersteller anwendungsspezifisch ausgelegt.

Anhand eines durch das Fraunhofer LBF entwickelten Softwaretools hat der Hersteller jetzt die Möglichkeit, seine Generatoren mit Hilfe von Simulationsmodellen zu parametrieren und die verfügbare Energie am entsprechenden Einsatzort abzuschätzen.

Customer Benefits Energy self-sufficient sensors which can be retrofitted without any major outlay, identify wear on system components and enable actual mileage and loads to be recorded. The Fraunhofer LBF offers companies the option to develop, test and trial sensors for use in different industries.

Summary Traditionally, the maintenance of freight cars is carried out at regular maintenance intervals or reactively by the Entity in Charge of Maintenance – ECM. In this case, the actual condition of the car is not discovered by the workshop staff until it is in the workshops. This does not satisfy the legitimate need for maintenance. Improving this situation by

following a more needs-based maintenance strategy brings excellent economic advantages for the ECM and equally for freight car owners, dispatchers and users.



*Martin Ernst,
Senior Project
Manager, BASF SE,
Rail and Site Services*

„Mit zuverlässiger energieautarker Sensorik ließe sich das Instandhaltungsprogramm unserer Güterwagenflotte stärker am tatsächlichen technischen Zustand des Fahrzeugs ausrichten. Gerade der Einsatz von Kesselwagen mit eher geringen Laufleistungen wird dadurch wirtschaftlicher – bei gleichbleibend hohem Sicherheitsniveau der Eisenbahn.“

“With reliable and energy-autonomous sensors we could align the maintenance programme of our fleet. Operation of rail tank cars usually results in low mileage. Therefore benefits in costs savings can be expected if maintenance orients on the actual technical condition of a wagon and simultaneously keeps the high safety level of rail logistics.”



AUTONOME LANGZEITDATENERFASSUNG UND -ANALYSE
STAND-ALONE LONG-TERM DATA ACQUISITION AND ANALYSIS

Smartes Sensornetzwerk zur Überwachung großer Bauwerke.

Smart sensor network for monitoring large structures.

Contact: Thomas Siebel · Telephone: +49 6151 705-8288 · thomas.siebel@lbf.fraunhofer.de



Moderne Windenergieanlagen sind mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet, die den Zustand einer Anlage insbesondere im Bereich von Antriebsstrang und Generator erfassen. Während sich kommerziell verfügbare Messsysteme hierfür etabliert haben, stellt die Überwachung von Turm, Fundament und Rotorblättern den Betreiber vor Herausforderungen. Gleichzeitig erfordert der verstärkte Ausbau der Windenergie hierfür zuverlässige, kostenwirksame Lösungen.

Überwachung des Turms einer Windenergieanlage

In dem vom Land Hessen geförderten Projekt ANÜBeS haben sich Wissenschaftler des Fraunhofer LBF gemeinsam mit der SWIFT Gesellschaft für Messwerterfassungssysteme mbH der Herausforderung der schwingungstechnischen Überwachung großer Bauwerke angenommen. Ziel war es, mit Hilfe des Sensornetzwerkes wiederholt und autonom modale Parameter zu ermitteln. Diese sollen später als Eingangsgrößen für Methoden der Strukturüberwachung herangezogen werden. Um das entwickelte System auch für einen nachträglichen Einbau interessant zu machen, sollte ein dezentraler Aufbau den Verkabelungsaufwand wesentlich verringern. Als „Versuchsobjekt“ diente der Turm einer Windenergieanlage mit einer Nennleistung von zwei Megawatt im nahegelegenen

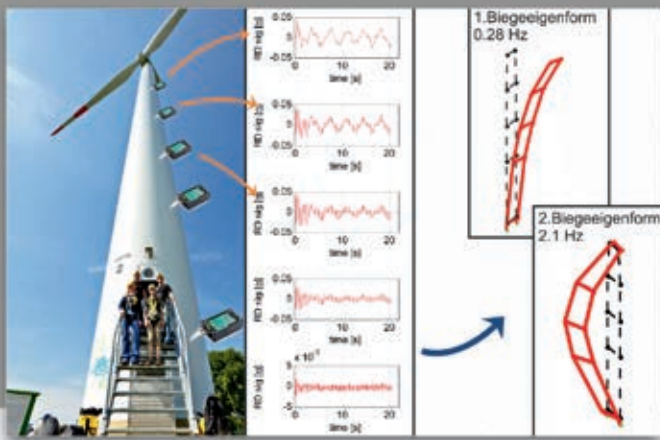
Odenwald. Hieran wurde ein System für die autonome Langzeitdatenerfassung und -analyse entwickelt und umgesetzt. Eine Besonderheit des Systems ist, dass der Zustand der Struktur nur auf Grundlage der durch Windanregung und Betrieb erregten Schwingungen bestimmt wird, d. h. es ist keine künstliche Anregung erforderlich.

Das im Projekt ANÜBeS entwickelte Netzwerk besteht aus fünf intelligenten Sensorknoten, die verteilt über die Turmhöhe auf verschiedenen Positionen installiert wurden. Jeder Sensorknoten erfasst dabei über zwei interne und einen externen Sensor Beschleunigungen am Umfang des Turms. Die Messdaten werden auf dem Sensorknoten vorverarbeitet und über eine Bus-Struktur – und daher mit sehr geringem Verkabelungsaufwand – kommuniziert. Die Schwingungen des Turms werden hinsichtlich Eigenfrequenzen, vor allem aber der Eigenschwingformen, ausgewertet. Anschließend werden die erfassten Daten mit Umwelt- und Prozessparametern aus der Anlagensteuerung verknüpft und es werden in Zehn-Minuten-Abständen die genannten modalen Parameter mit Methoden der Operational Model Analysis geschätzt. Diese Daten bilden die Grundlage für die Detektion von Anomalitäten wie z. B. Schäden am Turm.

Customer Benefits In cooperation with SWIFT GmbH, the Fraunhofer LBF offers intelligent sensor networks as measuring



Smartes Sensornetzwerk.
Smart sensor network.



Sensornetzwerk und Berechnung modaler Parameter.
Sensor network in use on a wind turbine (left) and calculation of modal parameters (right).

hardware for determining the vibration characteristics of large structures. Owners and operators of structures, such as wind turbines, bridges and industrial facilities, thus have an autonomous means of recording their condition during operation at short and regular intervals. In this case, only vibrations that exist during operation are evaluated and no artificial excitation is required. The sensor network can be adapted flexibly to different structures and is also suitable for retrofitting.

Summary As part of the ANÜBeS project – Autonomes Netzwerk zur Überwachung von Belastung und Schwingverhalten [Autonomous Network for Monitoring Loads and Vibration Behavior] – a sensor network was developed for autonomously monitoring the condition of large structures. The sensor network developed in cooperation with SWIFT GmbH records vibrations at different positions distributed over a structure. The modal parameters, based on which the structure's condition is assessed, are extracted at a central unit.

Recording the data for operational modal analyses usually requires considerable time and expense and can only be carried out by qualified staff. By comparison, the sensor network developed can be installed permanently with a minimum of effort. The structure can also be monitored autonomously

and continuously by evaluating the vibrations arising during operation, e.g. caused by wind.



Renate Dickler-Schütz,
Geschäftsführerin
SWIFT GmbH,
Reinheim

„Dank der engen und konstruktiven Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer LBF haben wir unser Produktportfolio um ein im Markt einzigartiges System zur Schwingungsuntersuchung erweitern können. Wesentlich war dabei die umfangreiche wissenschaftliche Unterstützung durch das Fraunhofer LBF. Ohne diese und ohne die finanzielle Förderung durch das Land Hessen wäre eine Realisierung kaum möglich gewesen.“

“Thanks to the close and constructive cooperation with the Fraunhofer LBF, we have expanded our product portfolio with a unique system for vibration analysis. Most important basis was the extensive scientific support by Fraunhofer LBF. The successful implementation would not have been possible without this support as well as the financial assistance from the state of Hessen for a small and medium-sized company like SWIFT.”



Leistungsstark: der neue Batterieprüfstand im Fraunhofer LBF.
High-powered: the new battery test bench in the Fraunhofer LBF.



FUNKTION, LEBENSDAUER, ZUVERLÄSSIGKEIT
FUNCTION, LIFE TIME, RELIABILITY

Prüfungen von HV-Batterien.

Tests on HV batteries.

Contact: Dr. Chalid el Dsoki · Telephone: +49 6151 705-8490 · chalid.el.dsoki@lbf.fraunhofer.de

Neue technische Systeme, wie beispielsweise HV-Batteriesysteme, zeichnen sich durch eine stetig zunehmende Komplexität aus. Um die aussagekräftige Prüfung von Funktion, Lebensdauer und Zuverlässigkeit solcher Systeme sicherzustellen, müssen neue Prüfstände diesen komplexen Anforderungen genügen. Nach drei Jahren Planung, Bau und Einrichtung mit Mess- und Prüfaufbauten konnte jetzt das neue Gebäude für dynamische Prüfung im Zentrum für Systemzuverlässigkeit in Darmstadt in Betrieb genommen werden. In diesem Gebäude können ab 2015 auch HV-Batterieprüfungen durchgeführt werden. Das Fraunhofer LBF hat insgesamt drei Mio. Euro investiert und einen einzigartigen Prüfstand aufgestellt.

Leistungsstarker Prüfstand

Das Fraunhofer LBF hat sich bei der Wahl des Prüfstandes für einen Schwingtisch der Fa. Moog mit 6-DOF entschieden, mit dem es möglich ist, eine Last von bis zu 1 Tonne und einer maximalen Frequenz von 200Hz zu testen (bei 600 kg u. 150Hz/300 kg u. 200Hz). Ergänzt wird dieser **Multi Achsiale SchwingTisch (MAST)** durch eine große Klimakammer der Fa. Weiß mit einem Temperaturbereich von -40°C bis +80°C und Temperaturgradienten von 4K/min (Aufheizen u. Abkühlen). Die Maße der Klimakammer betragen 4,4 x 4 x 3,5 m³ B x T x H.

Darin können außer HV-Batterien auch andere große Komponenten und Systeme mechanisch und unter Umweltbelastungen getestet werden. Vervollständigt wird dieser Prüfstand durch einen leistungsstarken Batterietester BT der Fa. Kratzer. Mit den Leistungsdaten von ± 800 A und 800V bei einer I/U-Anstiegszeit von $\leq 0,5$ ms ist das Fraunhofer LBF auch für die Prüfung zukünftiger HV-Batterien über 400V bestens ausgerüstet. Insbesondere das Zusammen- und Wechselspiel der verschiedenen produktabhängigen technischen Domänen – z. B. Mechanik, Elektrik, Software, Fluid- und Thermodynamik – stellt somit die Entwicklungsingenieure im Sinne der Systembewertung vor große Herausforderungen. Einen Schwerpunkt der Aktivitäten im neuen Zentrum für Systemzuverlässigkeit ZSZ-e wird deshalb die multi-disziplinäre Analyse und Optimierung von komplexen Systemen darstellen.

Auch bei den entwicklungsbegleitenden Hardware-Prüfungen ist der multi-disziplinäre Analyseansatz von besonderer Wichtigkeit. Nur durch die Aufstellung und Realisierung ganzheitlicher Prüfprogramme kann die zu bewertende Komplexität versuchs-technisch erfasst werden. Die Entwicklung einer Methode zur Bewertung von gleichzeitig wirkenden mechanischen, elektrischen, thermischen und Umweltbelastungen ist ein besonderer Schwerpunkt – jeweils abgestimmt auf das zu prüfende System



Wissenschaftler des Fraunhofer LBF haben ein 10 kWh Batteriesystem mit eigensicheren LFP-Zellen sowie integriertem Batterie-Managementsystem entwickelt und aufgebaut. Es dient unter anderem für die Inbetriebnahme des neuen Batterietesters in Darmstadt. Scientists of the Fraunhofer LBF have developed and constructed a 10 kWh battery system with intrinsically safe LFP cells and an integrated battery management system. Among other things, it will be used for commissioning the new battery tester in Darmstadt.

insbesondere für HV-Speicher. Das ZSZ-e wird zur Entwicklung geeigneter Prüfprozeduren auch unter der Ermittlung repräsentativer Lastkollektive die gezielte Verbindung von Numerik und Experiment zur Realisierung effizienter Funktions- und Zuverlässigkeitsprüfungen, vereinfachter Prüfungen und Prüfrichtlinien ableiten. Einen Fokus wird daher die ganzheitliche Prüfung der Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit von Batteriesystemen für Elektrofahrzeuge darstellen.

Customer Benefits The Fraunhofer LBF offers its customers and partners a wide range of attractive skills and services pertaining to "Safety and reliability of electric vehicles", including

- Determination and analysis of load data
- Design based on structural mechanics and operational stability
- Safety and reliability assessment by means of ASIL and FMEA and
- Functional and fatigue life testing of components and systems.

In future, safety and reliability issues in particular will be addressed in the "Center for System Reliability with Focus on Electromobility ZSZ-e". From then on, in addition to addressing many other topics, it will be possible to carry out operational stability and reliability testing of battery systems.

Summary The safety and reliability of electric vehicles carries the same weight in terms of customer acceptance as comfort and price factors. The Fraunhofer LBF is therefore working hand in hand with industrial and research partners on the development of design and testing methods for electric vehicles. From component to whole system. The new building for dynamic testing has been completed at the Fraunhofer LBF as part of the overall project "Center for System Reliability ZSZ-e". HV battery tests will be performed in this building as of 2015. Together the Center for System Reliability and the battery test bench create a sound basis for advancing "reliable electromobility" by employing customized R&D services.



Datenerfassung und Anzeige im Nissan Leaf.
Data acquisition and display in the Nissan Leaf.

FRAUNHOFER LBF FORSCHUNGSFLOTTE UNTERWEGS AUF REFERENZSTRECKEN
FRAUNHOFER LBF RESEARCH FLEET ON THE WAY ON REFERENCE ROUTES

Elektromobilität auf dem richtigen Weg.

Electromobility on the right track.

Contact: Christian Debes · Telephone: +49 6151 705-8382 · christian.debes@lbf.fraunhofer.de



Nach erfolgreicher Ausrüstung der Fraunhofer LBF-Forschungsflotte am Zentrum für Systemzuverlässigkeit zum Januar 2014 konnten im März weitere Fahrzeuge in die Testphase integriert werden. Neben Smarts (Elektro, Benzin) und einem Nissan Leaf werden für festgelegte Referenzstrecken und dynamische Testrouten zwei BMW i3 (1x elektrisch, 1x mit Range Extender) und vor allem ein Tesla Model S intensiv eingesetzt.

Elektromobilität im Einsatz

Den beeindruckenden Verbrauchswerten nach Angaben des Neuen Europäischen Fahrzyklus NEFZ stehen auch bei E-Fahrzeugen teilweise ernüchternde Zahlen der erfahrenen Realität gegenüber. Das Fraunhofer LBF hat an diesem Punkt angesetzt und basierend auf Statistiken zu Fahrstrecken auf Autobahnen sowie im Innerorts- und Außerortsverkehr sowie auf Basis eigener Erhebungen eine knapp 80 km lange Referenzstrecke durch Darmstadt und Umgebung entwickelt, die eine typische Fahrzeugnutzung in Ballungsräumen beschreibt. Gegenüber statistischen Durchschnittswerten wurde diese Referenzstrecke bewusst in Richtung größerer Fahrstreckenanteile innerorts verschoben sowie die in Metropolregionen vorhandene gute Anbindung an Bundesautobahnen berücksichtigt.

Typische Referenzstrecke

Um typische Energieverbräuche, Temperaturverläufe in E-Motor und Batteriesystem und zugleich Wirkungsgrade zu erfassen, wurden Streckenparameter wie Verbindungsfunktionsstufen, Höhenprofil und -differenz, Streckenanteil im Mischverkehr sowie Häufigkeit von Kreisbogenfahrten abgebildet, um die Beschleunigungswerte und belastungsseitig wechselnde Traktionsmomente anspruchsvoll zu gestalten.

Zur Aufnahme, Verarbeitung und Auswertung der Messdaten sind die Fahrzeuge mit individuellen, zu einem großen Teil in Eigenentwicklung entstandenen Messsystemen, ausgerüstet, die dem wissenschaftlichen Fokus des jeweiligen Fahrzeugs gerecht werden. Neben der Durchführung von Bewertungen zur Wärmeentwicklung in Permanentmagneten der Elektromotoren im Fraunhofer-Leitprojekt **Kritikalität seltener Erden**, werden Untersuchungen zu Batteriesystem und Nutzerverhalten im Rahmen der Forschungsprojekte **Well2Battery2Wheel** und **Well2Wheel** durchgeführt. Letzteres durchleuchtet den Einsatz von Elektrofahrzeugen als mobile Zwischenspeicher für elektrische Energie im Verteilnetz, um hier mögliche Potentiale für Nutzer und Energieversorger herauszustellen. Well2Battery2Wheel hingegen betrachtet die Integration der Elektrofahrzeuge ins Smart Grid ausgehend von der Batterie. Wie sehen typische



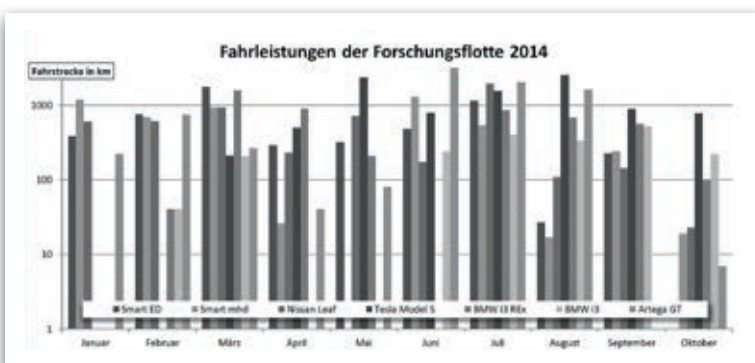
Typische Routenabschnitte der Fraunhofer LBF-Referenzstrecke: innerorts (links) und auf der Landstraße (rechts).
 Typical route sections of the Fraunhofer LBF reference route: in town (left) and on rural roads (right).

Lade- und Entladezyklen aus, und welche individuellen Einflüsse auf die Batterie sind z. B. von Umfeld und Nutzer erkennbar? Mit den erfassten Degradationserscheinungen werden Aussagen zur Lebensdauer des Energiespeichers getroffen und Purpose-Design-Grundsätze abgeleitet.

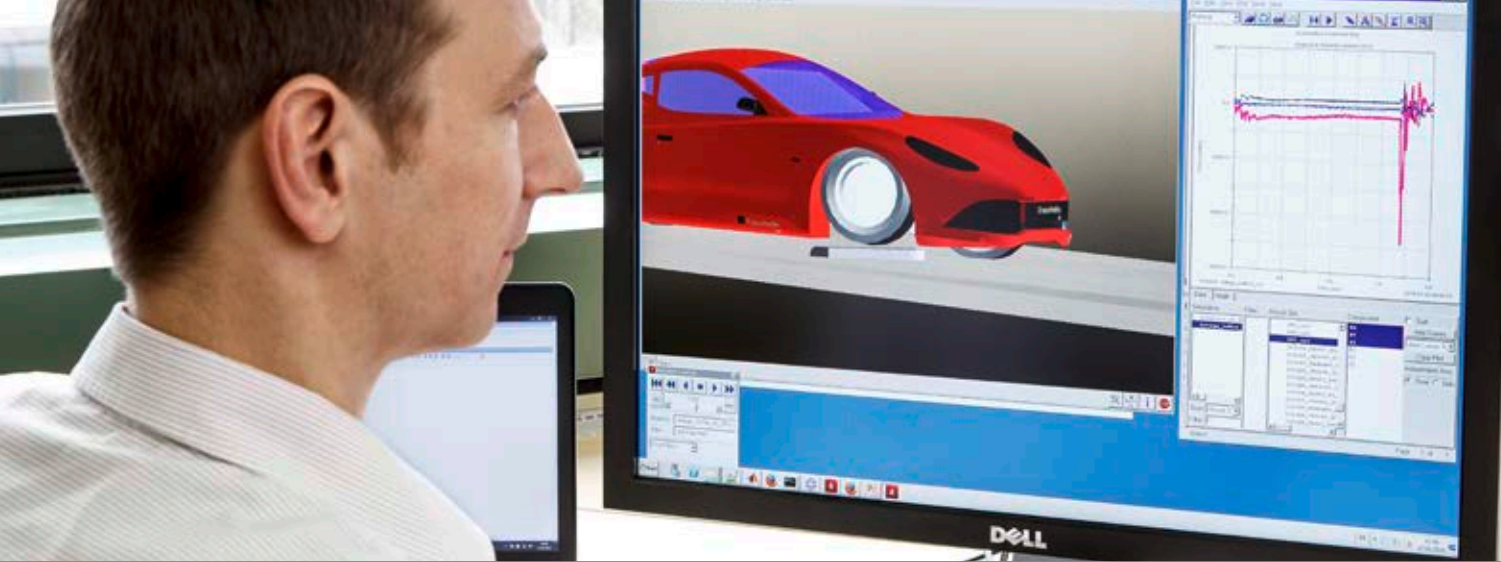
Customer Benefits During the necessary ascertainment of mechanical, thermal and electrical loads on the battery system, the Nissan Leaf alone was driven around 2,000 km on reference routes in July 2014. The front runner of the research fleet was the Tesla which traveled over 2,500 km in August, including business trips and trips to and from the workplace. Scientific assessments based on this enable targeted

development and optimization in the electromobility sector. A fast-charging station was added to the charging infrastructure in the Fraunhofer LBF to make these mileages possible.

Summary Additions were made to the Fraunhofer LBF research fleet with further electric vehicles of segments A to D which were equipped with measuring systems to represent the complete range and to take into account a maximum number of use cases. Integrated in various development projects, the focus among the electric vehicles is on temperature curves in the engine, electric loads on the battery and user behavior. The option of fast recharging for every vehicle meant that it was possible to drive many kilometers and obtain interesting results.



Fahrleistungen der Fraunhofer LBF-Forschungsflotte 2014.
 Mileages of the Fraunhofer LBF research fleet 2014.



ANWENDUNGSFALL FÜR ELASTOMERLAGERMODELLE
APPLICATION CASE OF ELASTOMERIC BEARING MODELL

Multiaxiales Elastomerlagermodell für dynamische Mehrkörpersimulationen.

Multi-axial elastomeric bearing model for dynamic multi-body simulations.

Contact: Riccardo Möller · Telephone: +49 6151 705-408 · riccardo.moeller@lbf.fraunhofer.de

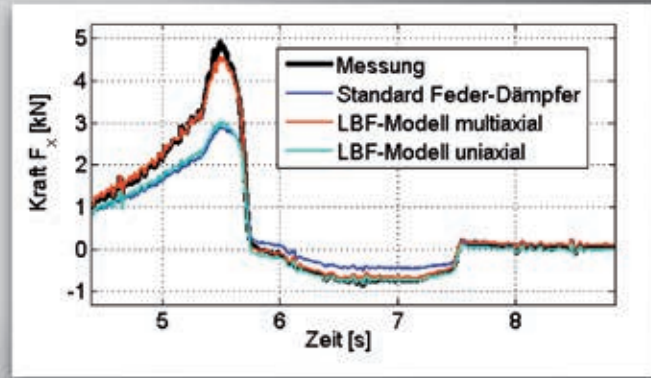
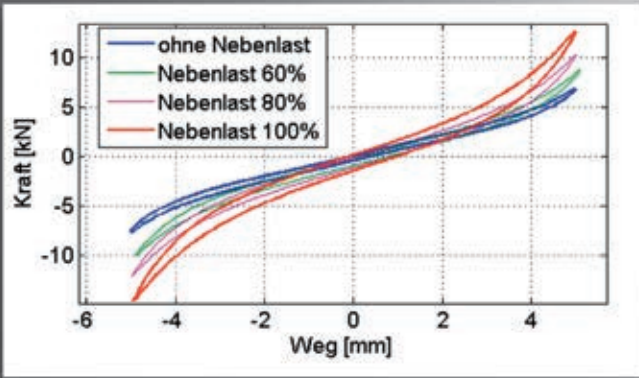


Dynamische Systeme werden hinsichtlich Schwingungsverhalten und Lastamplituden wesentlich durch das komplexe Übertragungsverhalten der Elastomerlager beeinflusst. In der Simulation stehen hierfür je nach Simulationsziel und verfügbarer Datenbasis Elastomerlagermodelle unterschiedlicher Detailierungsgrade zur Verfügung. Am Fraunhofer LBF wurde ein Modell für Elastomerlager zum Einsatz in dynamischen Mehrkörpersystemen entwickelt, welches über den Stand der Technik hinausgehend, mehraxiale Koppelleffekte berücksichtigt.

Koppelleffekte in Elastomerlagern

Elastomere weisen ein nichtlineares visko-elastisches Materialverhalten auf. Zur mathematischen Beschreibung können Feder- und Dämpferelemente je nach erforderlicher Simulationsgüte und verfügbarer Parameter kombiniert werden. In erster Näherung kann ein Kelvin-Voigt-Modell – eine parallele Schaltung je einer wegabhängigen und geschwindigkeitsabhängigen Kraftformulierung in linearer Form – ausreichend sein. Üblich für die wegabhängige Kraftformulierung ist jedoch eine nichtlineare Beschreibung. Durch Abbildung einer der Steifigkeitskennlinie

überlagerten Hysterese wird darüber hinaus eine weitaus höhere Simulationsgüte erzielt. Das Kelvin-Voigt-Modell hat eine beschränkte Gültigkeit auf einen Arbeitspunkt bzw. einen sehr schmalen Frequenzbereich. Durch die Kombination mit anderen Elementen (z. B. Maxwell-Elemente) kann die Erweiterung auf einen breiten Frequenzbereich erzielt werden. Das am Fraunhofer LBF entwickelte Elastomerlagermodell umfasst Modellansätze für die weg- und geschwindigkeitsabhängigen Terme entsprechend dem skizzierten Stand der Technik. Mit dieser Modellierung kann bereits eine hohe Ergebnisgüte erreicht werden. Derzeitig werden in der Produktentwicklung im Wesentlichen Lagermodelle mit vollständig entkoppelter Abbildung der sechs Bewegungsfreiheitsgrade eingesetzt. Experimentelle Untersuchungen am Fraunhofer LBF haben gezeigt, dass das Übertragungsverhalten von Elastomerlagern in einer Belastungsrichtung deutlich variieren kann, sofern mindestens in einer weiteren Richtung zeitsynchron eine signifikante Belastung auftritt. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn statische Vorlasten variieren oder Betriebslasten nicht dominant ausgeprägt in einer der Lagerachsen auftreten. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde das Simulati-



Bauteilkennlinien (Hauptlastichtung) unter multiaxialer Belastung.
 Bearing characteristic (main loading direction) under multi-axial loading.

Vergleich der gemessenen und simulierten Kraftverläufe im Elastomerlager unter multiaxialer Belastung.
 Comparison of measured and simulated force in elastomeric bearing under multi-axial loading.



Beispiel eines Fahrwerkklagers.
 Sample of suspension mount.

onsmodell für Elastomerlager am Fraunhofer LBF um die aus experimentellen Untersuchungen abgeleiteten Koppelterme erweitert. Besonders ausgeprägt konnten dabei Kuppel-effekte für die wegabhängigen Kraftanteile identifiziert werden. Die Erweiterung des Simulationsmodells geht einher mit der Anpassung der Bauteilcharakterisierung sowie der Parametrierung, da die Kuppel-effekte der Freiheitsgrade mit einem entsprechenden Prüfaufbau messtechnisch erfasst und in den Parametern verarbeitet werden müssen.

Customer Benefits Using the multi-axial elastomeric bearing model in dynamic multi-body simulation offers advantages for systems, whose elastomeric bearings are stressed multi-axially and synchronously. The bearing model can be used to achieve a significant improvement in the quality of results. Furthermore, integrating all the six degrees of freedom of an elastomeric bearing in one element results in simplified data handling and reduction of the modeling outlay.

Summary Elastomeric bearings are important parts of many technical systems. Simulation models of elastomeric bearings,

which are intended to reflect their behavior optimally, are used in the numerical design and validation process of these systems. A model of elastomeric bearings for dynamic multi-body simulation was developed at Fraunhofer LBF, in order to support this design and validation process. It was deduced from the experimental investigations, that coupling effects occur between the individual degrees of freedom in elastomeric bearings under multi-axial stress. The functionality of the elastomeric bearing model developed at Fraunhofer LBF was extended by including those coupling effects. This allows achieving a significant increase in the result quality in the simulation.

„Mit experimentellen Charakterisierungen parametrieren wir multiaxiale Elastomerlagermodelle für die MKS mit hoher Simulationsgüte.“

Riccardo Möller, Fraunhofer LBF



BESTIMMUNG DER STEIFIGKEITEN DETERMINING THE STIFFNESS

Mehradrige Kabel in der Verlegesimulation.

Laying simulation for multi-core cables.

Contact: Heiko Atzrodt · Telephone: +49 6151 705-349 · heiko.atzrodt@lbf.fraunhofer.de



In der Automobilindustrie hat das Thema Verkabelungen in der Produktentstehung einen hohen Stellenwert. Zur Simulation des Verlegeprozesses von Kabeln und Leitungssätzen sind Zug-, Torsions- und Biegesteifigkeiten relevante Parameter. Diese Werte können durch Experimente an jedem Kabel und an jedem Querschnitt eines Kabelbaumsegments bestimmt werden. Durch die große Anzahl notwendiger Versuche wird dieses Vorgehen bei Kabelbaumsegmenten nicht mehr wirtschaftlich tragbar und praktisch kaum umsetzbar. Daher wurde gemeinsam mit der Daimler AG ein numerisches Konzept zur Bestimmung der Steifigkeitswerte entwickelt, das zunächst für ein- und mehradrige Kabel umgesetzt wurde und zukünftig für Kabelbaumsegmente im Rahmen des ITEA3-Projekts „Idealism“ erweitert wird.

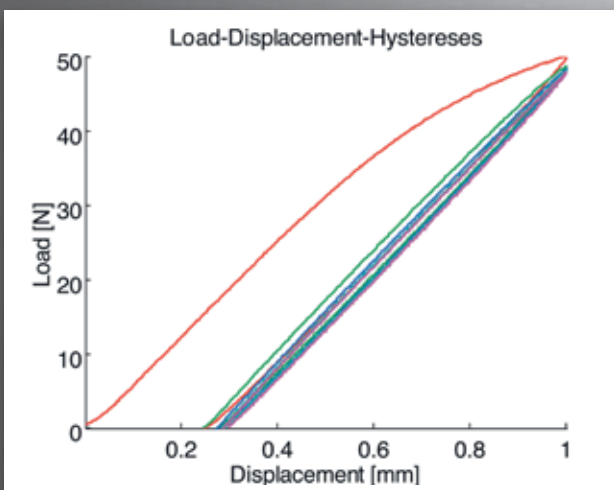
Numerische und experimentelle Ermittlung von Kabelsteifigkeiten

Da für die Berechnung der Steifigkeit von Kabeln verschiedene Effekte wie Plastizität, große Verformungen, Kontakte und nichtlineares Materialverhalten eine Rolle spielen, ist die Verwendung eines FEM-Tools sinnvoll. Bei der FEM-Modellierung der Kabel wurde besonderer Wert auf die Flexibilität und Parametrisierbarkeit der Geometrie und die Unterstützung

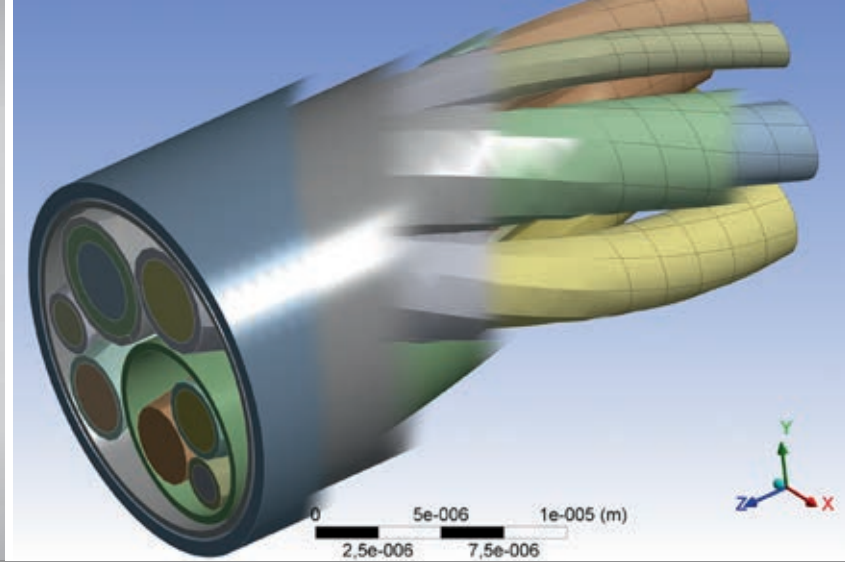
von verseilten und verdrehten Kabeladern gelegt. Weiterhin wurde die Modellierung und Analyse in einen automatisierten Prozess eingebettet, um ohne weitere Eingriffe eines Bedieners reproduzierbar Steifigkeitswerte zu erzeugen. In die FEM-Umgebung Ansys eingebundene Python, JScripts und XML Skripte ermöglichen die einfache und automatische Berechnung einer hohen Anzahl verschiedener Kabel.

Die berechneten Steifigkeiten sind abhängig von den Geometrie- und Materialeigenschaften. Da diese großen Toleranzen unterliegen, müssen in ausführlichen Untersuchungen die sensibelsten Parameter ermittelt werden. Mit diesem Wissen lassen sich dann die unteren und oberen Grenzwerte für die Steifigkeiten einfach berechnen.

Für die mechanische Prüfung von Kabeln sind keine Messvorschriften oder standardisierte Methoden bekannt, daher wurde ein neues Vorgehen definiert, welches die experimentellen und numerischen Belange berücksichtigt. Für den Abgleich der numerischen Simulationen wurden umfassende experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung von Kabelsteifigkeiten durchgeführt. Somit konnten Zug-, Biegung- und Torsionssteifigkeiten beliebiger mehradriger Kabel experimentell und numerisch ermittelt werden. Dieser Prozess soll in Zukunft auf ganze Kabelbaumsegmente erweitert werden.



*Experimentelle Ermittlung der Steifigkeit über das Kraft-Weg Diagramm.
Experimental determination of the stiffness using the load-displacement diagram.*



*Simulationsmodell eines mehradrigen Kabels.
Simulation model of a multi-core cable.*

Customer Benefits The Fraunhofer LBF has amassed skills in the modeling and measurement of multi-core cables. Using this expertise, it is possible to determine the input parameters for laying simulations of multi-core cables both numerically and experimentally. Automation of this complex calculation task has also been successfully achieved, making it possible to use it even without knowledge of FEM. This process can be transferred to a wide range of mechanical systems.

Summary The stiffnesses of cables and cable harness sections are required to simulate the laying of cables and cable harness. The Fraunhofer LBF jointly with Daimler AG has developed experimental and numerical methods for the determination of multi-core cables. In this case the modeling and analysis procedure supports stranded and twisted cable cores with friction-afflicted internal contacts, large deformations and plastically deformable components. The results for single and multi-core cables were compared with results from the experimental investigations. The methods developed will be extended to cable harness segments as the work continues.

*Guenter Schmidgall,
Production oriented
Product validation,
Daimler AG*

„Durch die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer LBF konnte die Daimler AG neues Wissen und Erkenntnisse über die mechanischen Eigenschaften von Kabeln erlangen. Das Fraunhofer LBF hat dabei die notwendigen Kompetenzen im experimentellen und numerischen Bereich eingebracht.“

“As a result of the cooperation with the Fraunhofer LBF, Daimler AG obtained new knowledge and understanding of the mechanical properties of cables. In this case, the Fraunhofer LBF contributed the necessary skills in the experimental and numerical field.”



METHODEN UND TECHNOLOGIEN
METHODS AND TECHNOLOGIES

Beherrschung von Unsicherheit in aktiven lasttragenden Systemen.

Control of uncertainty in active load-bearing systems.

Contact: Georg Enß · Telephone: +49 6151 705-8249 · georg.enss@lbf.fraunhofer.de
Dr. Roland Platz · Telephone: +49 6151 705-288 · roland.platz@lbf.fraunhofer.de



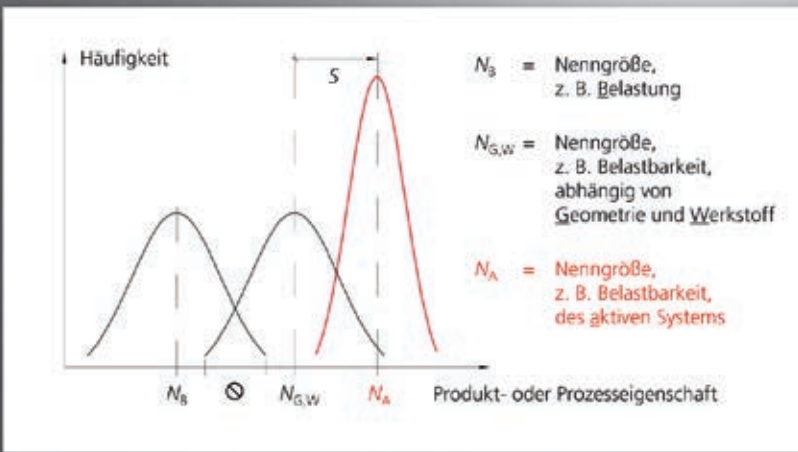
Unsicherheit tritt auf, wenn Produkt- oder Prozesseigenschaften eines Systems nicht oder nur eingeschränkt determiniert werden können. Wie kann Unsicherheit in zeitlich veränderlichen, lasttragenden Systemen beschrieben werden? Wie kann Unsicherheit in passiven und aktiven Systemen verglichen und bewertet werden? Kann Unsicherheit durch aktive Systeme erfolgreicher beherrscht werden als in passiven Systemen? Mit diesen Fragen beschäftigt sich u. a. der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG geförderte Sonderforschungsbereich SFB 805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“.

Bewertung von Unsicherheit in passiven und aktiven Systemen

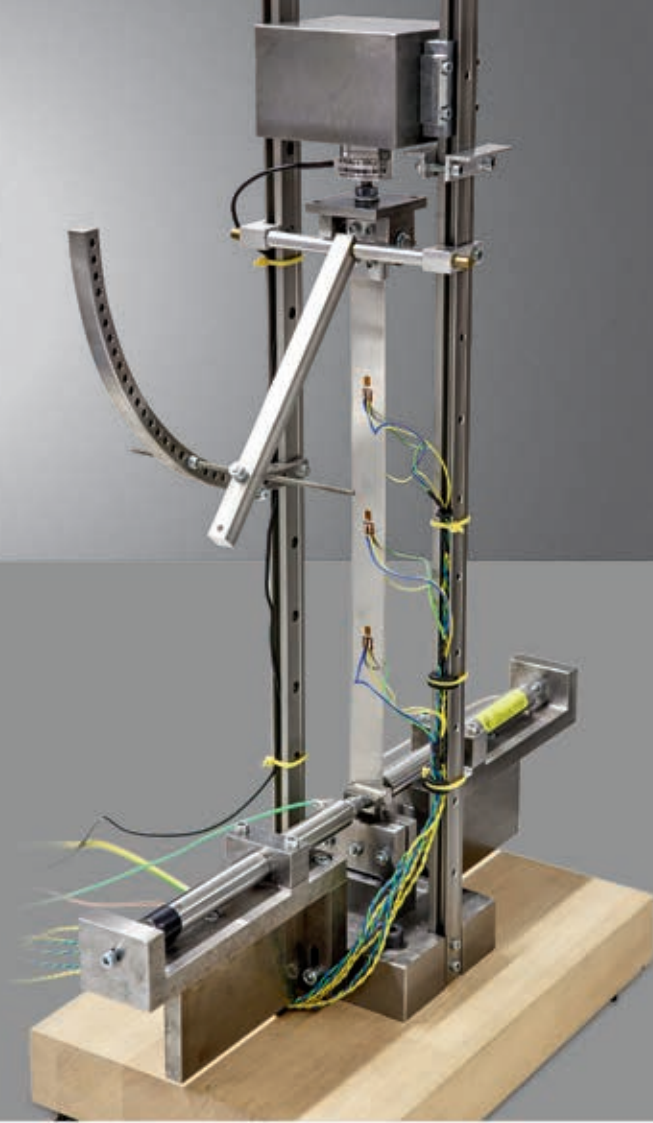
Jedes Produkt des Maschinenbaus durchläuft während seines Produktlebenslaufs verschiedene Phasen in der Entwicklung, Produktion und Nutzung. In der Entwicklung reichen die Phasen von der Idee bis hin zum Entwurf und der Konstruktion. In der Produktion reichen sie von der Werkstoff- bis zur Bauteilherstellung und in der Nutzung von der ersten Inbetriebnahme

bis zum Ende der Betriebsdauer. In Prozessen aller Phasen tritt Unsicherheit auf, die maßgeblich die Produkt- und Prozesseigenschaften beeinflusst. Im Rahmen des SFB 805 werden Methoden entwickelt, die zum einen lebensphasenübergreifend Unsicherheit beschreiben und bewerten und zum anderen Unsicherheit u. a. durch den Einsatz aktiver Technologien beherrschen. Diese Fragestellungen werden von einem interdisziplinären Team aus Mathematikern und Ingenieuren bearbeitet.

Die Häufigkeit sich ausprägender Produkt- und Prozesseigenschaften kann in Verteilungsdichtefunktionen, die aus der Zuverlässigkeitstechnik bekannt sind, dargestellt werden (Abb. 1). Unsicherheit in lasttragenden Systemen macht sich z. B. als Streuung in der Häufigkeit von Belastung und Belastbarkeit um die Erwartungswerte der Belastung N_B und Belastbarkeit $N_{G,W}$ bemerkbar. Ein Ziel ist es, durch aktive Technologien z. B. die Belastbarkeit N_A aktiv zu erhöhen und damit den Einsatzbereich bzw. Sicherheitsbeiwert S zu erweitern und ein Versagen im Bereich sich überschneidender Verteilungsdichtefunktionen zu verhindern.



Vergleich der Verteilungsdichtefunktion der Belastung sowie Belastbarkeit eines passiven und aktiven lasttragenden Systems. Comparison of frequency distribution density of loading as well as load capacity of a passive and active load-bearing system.



Prüfstand (Tischaufbau) zur Beherrschung von Unsicherheit in der aktiven Stabilisierung gegen Knicken. Test rig to control uncertainty with active buckling control.

Dieser Zusammenhang wird u. a. am Beispiel der aktiven Stabilisierung gegen Knicken einer axial belasteten Balkenstruktur an einem dafür entwickelten Prüfstand demonstriert (Abb. 2). Experimentell kann am Prüfstand die Erhöhung der ertragbaren Axiallast um 40 % oberhalb der kritischen Knicklast für einen geregelten flachen Balken reproduzierbar nachgewiesen werden. Darüber hinaus zeigt das Beispiel, dass die Streuung der ertragbaren Last im aktiven System ca. um den Faktor 4 kleiner ist als im vergleichbaren passiven System. Der Vergleich des passiven mit dem aktiven System zeigt, dass das aktive System sowohl einen erweiterten Einsatzbereich als auch eine Beherrschung bzw. Reduktion der Unsicherheit liefert.

Customer Benefits The developed methodology enables the analysis and comparison of uncertainty in passive and active load-bearing systems. By evaluating uncertainty during the development process, uncertainty may be controlled during operation of dynamic structures e. g. by means of active systems.

Summary The Collaborative Research Centre SFB 805 "Control of Uncertainty in Load-Carrying Systems in Mechanical Engineering" is publicly funded by the German Research Foundation DFG since 2009. The group System Reliability and Machine Acoustics SzM at TU Darmstadt is participating with three subprojects. Among others, they deal with the comparison of passive and active systems for vibration attenuation, load distribution and buckling control. Control of uncertainty in these fields is achieved by, first, description and evaluation of uncertainty and, second, solutions to control uncertainty, e. g. by means of active systems. The developed methods and technologies are tested numerically and experimentally.

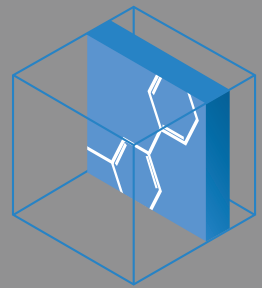
SFB 805



Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus

www.sfb805.tu-darmstadt.de





Polymertechnik mit System.

Systematic Polymer Technology.



Umweltfreundliche, kratzfeste Lacke.
Eco-friendly scratch resistant coatings.

82



Schnelle Bestimmung des Phasenverhaltens von Polymermischungen.
Rapid determination of phase behavior of polymer mixtures.

84



Emissionsreduzierte Kunststoffcompounds.
Low emission plastic materials.

86



Schwingfestigkeitsversuche und Materialcharakterisierung an Elastomeren.
Cyclic fatigue testing and material characterization of elastomers.

88



Abb. 1: Visuelle Transparenzprüfung des neuen und umweltfreundlichen Lacks
Fig. 1: Optical transparency check.

SILIKAMODIFIZIERTE, WÄSSRIGE POLYURETHANDISPERSION
WATER-BASED POLYURETHANE DISPERSION WITH MODIFIED SILICA PARTICLES

Umweltfreundliche, kratzfeste Lacke.

Eco-friendly scratch resistant coatings.

Contact: Dr. Roland Klein · Telephone: +49 6151 705-8611 · roland.klein@lbf.fraunhofer.de

Beschichtungen für Hölzer und Kunststoffe sind in unserem Leben allgegenwärtig. Das Design, die Funktion und die Lebensdauer von Produkten werden schon durch einen dünnen Lackfilm maßgeblich positiv beeinflusst. Kommerziell erhältliche Lacksysteme enthalten oftmals einen Anteil gesundheitlich bedenklicher flüchtiger Komponenten. Das Fraunhofer LBF erarbeitet daher Lösungsansätze zur Minimierung gesundheitlicher Risiken bei gleichzeitigem Erhalt des Eigenschaftsprofils der Lacke.

Maßgeschneiderte Silikapartikel als Füllstoffe in Lacken

Marktübliche Binder für emissionsarme Lacke, die vor Ort vom Kunden selbst mit einfacher Technik appliziert werden können, sind beispielsweise wässrige Dispersionen von Polyurethanpartikeln. Nach dem Anstrich verdunstet das Wasser und es verbleibt die eigentliche Lackschicht. Damit nach dem Eintrocknen der Dispersion ein homogener und geschlossener Film entsteht, muss das Polymer weich genug sein, um bei moderaten Temperaturen zusammenzufließen. Diese Filmbildungseigenschaft steht im direkten Widerspruch zu einer geforderten Kratzfestigkeit. Systembedingt stellt also die Verknüpfung von umweltfreund-

licheren Bindemitteln auf Wasserbasis mit einer verbesserten Kratzfestigkeit eine große Herausforderung dar. Erste Fortschritte werden durch das Einbringen von Silika-Partikeln erzielt. Hierbei werden oftmals in ihrer Form undefinierte pyrogene Kieselsäuren in den Lack eingearbeitet, was zwar die Kratzfestigkeit verbessert, jedoch massive Einbußen des Glanzes und der Transparenz mit sich bringt. Wasserbasierte Holzbeschichtungen mit hohem Silika-Anteil neigen außerdem zum Vergrauen, so dass die Optik der natürlichen Holzmaserung getrübt wird. Diese visuellen Nachteile können nun durch die im Fraunhofer LBF entwickelten Lackdispersionen auf ein Minimum reduziert werden. Hierzu werden sphärische, oberflächenmodifizierte Silika-Partikel hergestellt (Abb. 2). Zum Erhalt der Transparenz wird die Partikelgröße dabei unter 50nm gehalten, so dass das Licht beim Durchstrahlen des Films nicht an dem anorganischen Material gestreut wird. Die Oberfläche wird zusätzlich mit funktionellen Gruppen versehen, die eine chemische Anbindung an die Lackmatrix ermöglichen. Anders als in herkömmlichen Lacken, werden die Partikel nicht nachträglich in das System eingerührt, sondern während der Synthese der Lackdispersion direkt an die Polymerpartikel kovalent gebunden. Diese Methode stellt eine gleichmäßige

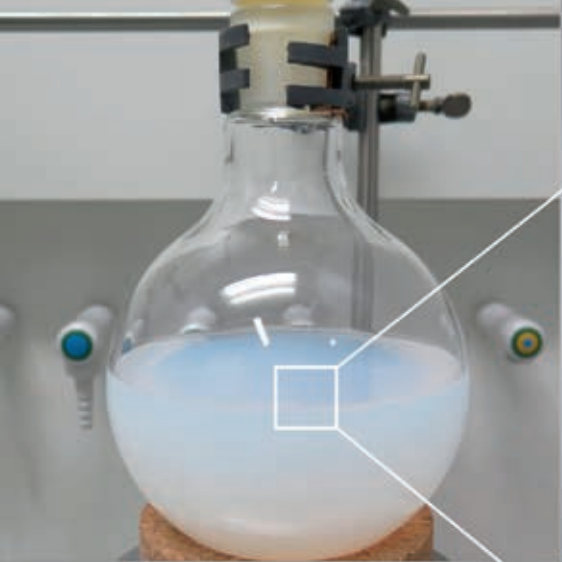


Abb. 2: Synthese von Silika-Nanopartikeln mit elektronenmikroskopischer Aufnahme und Größenverteilung.
 Fig. 2: Synthesis of silica nano particles with electron-microscopical picture and particle size distribution.

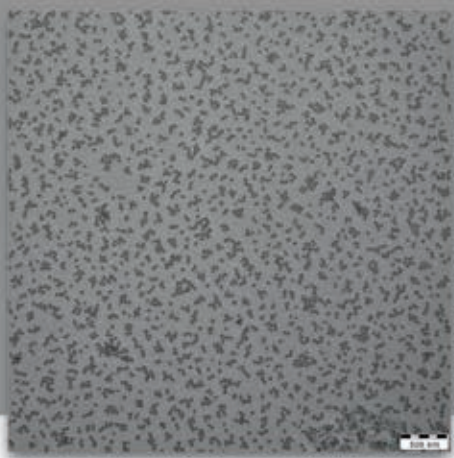
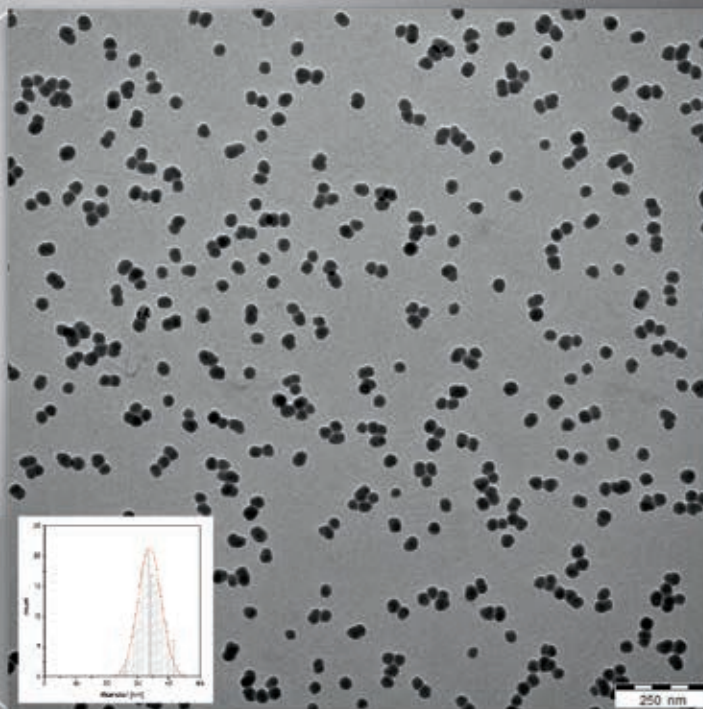


Abb. 3: 50 nm Ultramikrotomdünnchnitt einer synthetisierten Beschichtung im Transmissionselektronenmikroskop.
 Fig. 3: 50 nm ultramicrotom thincut of our synthesized coating under transmission electron microscope.

und agglomeratfreie Verteilung des anorganischen Materials im Bindemittel und im verfilmten Lack sicher (Abb. 1). Innerhalb der Beschichtung können so Silika-Gehalte von 20 Gew. % unter Erhalt der Transparenz und des Glanzes erzielt werden. Orientierende Untersuchungen bei den Projektpartnern (Institut für Lacke und Farben, ILF, Magdeburg; Institut für Holztechnologie, IHD, Dresden) demonstrieren eine verbesserte Kratzfestigkeit gegenüber unmodifizierten Lackdispersionen.

Customer Benefits Based on the project results, Fraunhofer LBF can create and modify different inorganic nano particles as fillers for aqueous polyurethane coating. This increases scratch resistance while at the same time preserving the transparency and gloss of the final coating.

Summary Private users such as SMEs are increasingly asking for environmentally compatible, water-based coatings. It is obvious that avoiding volatile organic compounds (VOC) takes priority. One of the main drawbacks of the aqueous coating systems currently on the market is their poor scratch-resistance. Silica particles are often added to increase this resistance but they in

turn compromise the optical properties. The Fraunhofer LBF is therefore developing leading edge water-based polyurethane dispersions with well-defined modified silica particles. As a result of the even distribution and binding to the organic material, the coatings exhibit hardly any loss of transparency and gloss.

Das IGF-Vorhaben (443 ZBG) der Forschungsgesellschaft Kunststoffe e. V. (FGK) zum Thema „Kratzfeste Holz- und Kunststoffbeschichtungen auf der Basis von silikamodifizierten, wässrigen Polyurethandispersionen“ wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Für diese Förderung sei gedankt. Auch für die Unterstützung der FGK sei gedankt. Weiterhin danken wir den im projektbegleitenden Ausschuss vertretenen Unternehmen für ihre fachliche Unterstützung.



HOCHDURCHSATZ KLEINWINKEL-LICHTSTREUUNG
HIGH-THROUGHPUT SMALL ANGLE LIGHT SCATTERING

Schnelle Bestimmung des Phasenverhaltens von Polymermischungen.

Rapid determination of phase behavior of polymer mixtures.

Contact: Dr. Bernd Steinhoff · Telephone: +49 6151 705-8747 · bernd.steinhoff@lbf.fraunhofer.de
Dr. Ingo Alig · Telephone: +49 6151 705-8659 · ingo.alig@lbf.fraunhofer.de



Für die Materialentwicklung mit mehrkomponentigen Systemen wie Polymermischungen ist häufig die Kenntnis des Phasenverhaltens in Abhängigkeit von der Temperatur erforderlich. Hierzu muss eine Vielzahl unterschiedlicher Mischungen präpariert und für jede dieser Mischungen die Phasenübergangstemperatur bestimmt werden. Somit ist die Ermittlung solcher Phasendiagramme sehr aufwändig. Deshalb initiierte der Reifenhersteller Michelin beim Dutch Polymer Institute (DPI) ein Projekt, welches die Entwicklung einer Hochdurchsatz-Methode zur Bestimmung von Phasendiagrammen zum Thema hatte. Zunächst ging es um Gummimischungen, die entwickelte Methode ist jedoch weit darüber hinaus anwendbar.

Hochdurchsatz-Methode zur Aufnahme von Phasendiagrammen

In dem Forschungsvorhaben wurde vom Bereich Kunststoffe des Fraunhofer LBF und der Universität Jena eine Hochdurchsatzmethode zur schnellen Bestimmung des Phasenverhaltens von Polymermischungen entwickelt. Die Universität Jena beschäftigte sich mit der Probenpräparation mittels Synthese- und Pipettierrobotern. Am Fraunhofer LBF wurde eine Hochdurchsatz-Lichtstreuanlage und die dazugehörige Mess- und Auswertesoftware zur parallelen Detektion der

Phasenübergangstemperaturen einer sehr großen Probenzahl entwickelt. Anlage und Messmethodik stehen für Kundenaufträge am LBF zur Verfügung. Die Proben befinden sich in einer Mikrotiterplatte mit bis zu 96 Nöpfchen oder werden auf einem flachen Glaträger appliziert. In einem Ofen mit Inertgasspülung können auf- und absteigende Temperaturrampen mit den Proben gefahren werden. Phasenumwandlungen wie Mischen und Entmischen aber auch Kristallisationsvorgänge werden sehr sensitiv mittels Kleinwinkellichtstreuung detektiert. Hierfür sind in den Ofenwänden Quarzglasfenster gegenüber der Unter- und Oberseite der Titerplatte eingelassen. Als Lichtquelle dient ein Laser. Das Streumuster wird durch eine spezielle Detektionsoptik erfasst. Durch Verfahren von Laser und Detektionsoptik werden die Nöpfchen der Titerplatte kontinuierlich nacheinander abgerastert. Abb. 1 zeigt ein Schema des Gesamtaufbaus. Das Lichtstreuungssystem kann Kunden angeboten und für deren Erfordernisse konfiguriert werden.

Aufnahme von Phasendiagrammen durch Kleinwinkel-Lichtstreuung

Abb. 2 zeigt als Beispiel Streumuster von Polymermischungen unterschiedlicher Zusammensetzung bei derselben Temperatur. Das Streumuster in der obersten Zeile links ist kaum ausgeprägt und entspricht dem einer homogen gemischten Probe. Das stark

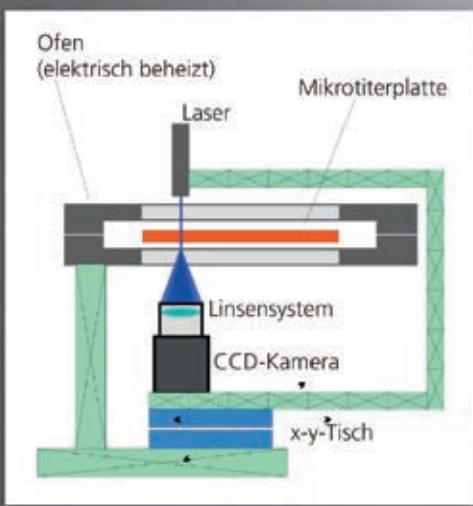


Abb. 1: Messaufbau (schematisch).
Fig. 1: Schema of measurement system.

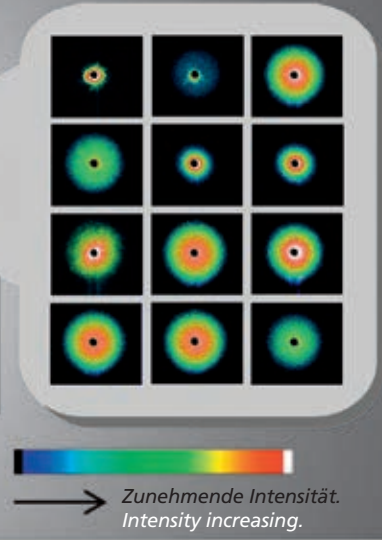


Abb. 2: Streumuster von unterschiedlichen Mischungen bei identischer Temperatur.
Fig. 2: Scattering patterns of different mixtures at the same temperature.

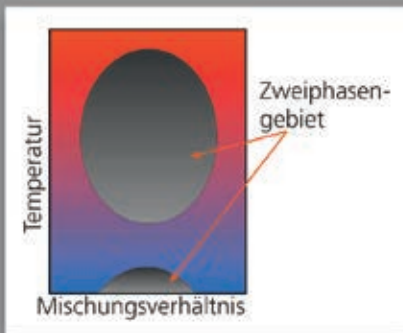


Abb. 3: Beispiel eines Phasendiagramms (Schema).
Fig. 3: Example of phase diagram (schema).

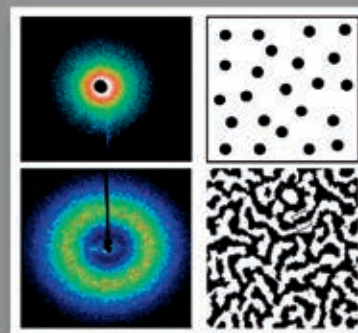


Abb. 4: Zusammenhang von Streumuster und Domänenmorphologie.
Fig. 4: Relationship between scattering pattern and domain morphology.

ausgeprägte Streumuster in der obersten Zeile rechts ist typisch für eine entmischte Probe. Das mittlere Streumuster weist eine nur geringe Intensität auf: Die dazugehörige Probe ist noch nahezu homogen und beginnt sich gerade zu entmischen. Die zugehörige Temperatur kann als Phasenseparationstemperatur dieser Probe identifiziert werden. Aus den während einer Temperaturrampe für Mischungen verschiedener Zusammensetzungen aufgenommenen Lichtstreubildern lässt sich schließlich ein Phasendiagramm erstellen. In Abb. 3 ist schematisch ein Beispiel für ein solches Phasendiagramm dargestellt.

Aus der Intensitätsverteilung im Streumuster lässt sich darüber hinaus auf die Phasenstruktur schließen: Ein Streumuster mit radialer Intensitätsverteilung mit vom Zentrum aus abfallender Intensität weist auf einzelne runde Tropfen hin, während eine ringförmige Intensitätsverteilung eine co-kontinuierliche Struktur widerspiegelt (Abb. 4).

Anwendungsmöglichkeiten

Temperatur- und zusammensetzungsabhängiges Mischungsverhalten zeigt sich bei vielen unterschiedlichen Materialklassen bzw. Formulierungen. Dazu gehören Klebstoffe oder Rezepturen für Lacke oder Beschichtungen. Die Anwendbarkeit der Methode ist dabei nicht auf Polymersysteme beschränkt. Mögliche weitere

Anwendungen sind die Bestimmung des Phasenverhaltens bei der Entwicklung von Wirkstoffformulierungen im pharmazeutischen Bereich oder von Mischungen in der Kosmetik- und Lebensmittelindustrie. Neben Phasendiagrammen lässt sich die Ausbildung von festen Phasen aus einem anfänglich flüssigen System beobachten. Dies findet z. B. während des Trocknungsvorgangs von Lacken statt aber auch während der Kristallisation aus der flüssigen Phase oder Schmelze.

Customer Benefits For development of formulations where phase separation or the formation of a solid phase (e. g. curing or crystallization) is an issue, large numbers of samples have to be tested. LBF offers high-throughput measurements for the customers. The high-throughput small angle light scattering system has been developed for use in industrial laboratories and can be configured to the special needs of the customers.

Summary In many fields of formulation development it is necessary to understand the phase behavior. A method for high-throughput testing large numbers of samples has been developed and established at the plastics division of Fraunhofer LBF.



OPTIMIERUNG DER ENTGASUNGSLEISTUNG
OPTIMISING DEGASING EFFICIENCY

Emissionsreduzierte Kunststoffcompounds.

Low emission plastic materials.

Contact: Dr. Christian Beinert · Telephone: +49 6151 705-8735 · christian.beinert@lbf.fraunhofer.de



Getrieben durch strenge Grenzwerte, vorgegeben beispielsweise durch die Automobilindustrie, wächst der Druck der Kunststoffindustrie emissionsreduzierte Kunststoffrezepturen zu entwickeln. Gleichzeitig stehen die Hersteller dabei jedoch unter einem hohen Kostendruck. Diese Teilaspekte korrespondieren gegensätzlich zueinander und liefern DIE Herausforderung für die Prozessentwicklung emissionsoptimierter Kunststoffcompounds.

Weniger Emissionen bei stabiler Wirtschaftlichkeit

Die durchgeführten Arbeiten beschäftigen sich mit der Optimierung der Entgasungsleistung bei der Compoundierung mit Hochleistungs-Doppelschneckenextrudern. Die Untersuchungen wurden an einem für die Industrie interessanten Compound PP-Talkum (30 Gew. % Talkum) unter industrienahen Verarbeitungsbedingungen durchgeführt. Ziel war es, die Emissionen im Vergleich zum Stand der Technik, ohne Einbußen der Wirtschaftlichkeit, signifikant zu reduzieren.

In einem ersten Schritt wurde der Ist-Zustand dokumentiert. Dazu wurden im Fraunhofer LBF das Basispolymer (Sackware), zwei unterschiedliche, kommerzielle Industriecompounds und ein auf dem Doppelschneckenextruder ZSK32MC der Firma Coperion GmbH nach aktuellem Stand der Technik hergestelltes

PP-Talkum-Compound charakterisiert. Aufbauend auf der Hypothese, dass der Polymerabbau während der Verarbeitung einen signifikanten Einfluss auf die Emissionen hat, wurde in einem zweiten Versuchsblock bewusst ein sehr materialschonender Schnecken Aufbau gewählt. Es konnte gezeigt werden, dass durch diese Maßnahmen der Polymerabbau und gleichzeitig der Anteil der Restfluchte im Compound reduziert werden konnten. Die Compoundqualität war dabei jedoch nicht ausreichend. Mit den Erkenntnissen aus den durchgeführten systematischen Versuchsblöcken sowie den Empfehlungen aus dem Stand der Technik, wurde eine neuartige modulare Entgasungszone entwickelt und aufgebaut. Durch diese modulare Entgasungszone konnten systematisch, für die Entgasung wesentliche Parameter variiert und deren Einfluss auf die Gesamtemissionen dokumentiert werden.

Es konnte so gezeigt werden, dass für eine effektive Entgasung bei hohen Schneckendrehzahlen und Maschinenauslastungen auch eine, im Vergleich zum Stand der Technik, deutlich längere Entgasungszone notwendig ist. Um die notwendige Verfahrenslänge dabei nicht zu erhöhen wurde der Verfahrensabbau, bei weiterhin ausreichender Dispergierung der Füllstoffe, angepasst. Für zwei untersuchte Schneckendrehzahlen (600 min⁻¹; 1200 min⁻¹) konnte durch eine Optimierung des Gesamtpro-



*Hochleistungsdoppelschneckenextruder ZSK32MC mit modularer Entgasungseinheit im Fraunhofer LBF.
High-Speed-Twinscrew-Extruder with adapted modular degassing unit at Fraunhofer LBF.*

zesses die Restflüchte signifikant gesenkt werden. Verglichen mit dem Compound nach aktuellem Stand der Technik, konnte die Gesamtkohlenstoffkonzentration um über 70 % gesenkt werden und lag damit sogar unterhalb des Ausgangswertes des unverarbeiteten Basispolymers.

Durch die erfolgreichen Arbeiten wurde anschaulich gezeigt, dass durch eine optimierte Entgasungszone, auch ohne den Einsatz von Schlepplmittel und Hochvakuum, eine deutliche Minderung von Emissionen aus Kunststoffcompounds, auch bei hohen Maschinenauslastungen, möglich ist. Die Projektergebnisse stellen so einen weiteren wichtigen Schritt in Richtung „low-emission-plastics“ dar.

Customer Benefits With the help of the findings of above stated work the recommendations regarding process setup could be given to the plastic processing industry. The degassing efficiency of high speed twin screw extruder can be optimized with the minor capital investment even for high throughputs. The recommendations were prepared for the modification of existing degassing equipment to optimize degassing zone. Even the recommendations regarding the further reduction of VOCs could be given for stages during the compounding process. The systematic study of the degassing

process allows the estimation of utility of changes in the process and also the calculation of the cost-benefit ratio. Due to practical approach followed in the project work the direct implementation of obtained results in the current industrial practice is possible. The processing industry can take the challenges of consumer industry producing the low emission plastics without losing the cost effectiveness of the process and thus this advantage contributes directly to the economic success.

Summary The degassing process during compounding with co-rotating twin screw extruder was optimized efficiently through the experiments conducted at LBF. By means of varying the process parameters systematically the VOC-contents in compounds could be reduced down to 70 % approx. as compared to the compounds according to the state of art, without using any stripping agent or applying high vacuum. The process parameters were set in such a way that the extruders could run on higher loads and thus the cost effectiveness of the process could be maintained. In further steps the low emission plastic materials will be analyzed along the value added chain considering the injection molding process.



ABLEITUNG VON ANGEPASSTEN ALTERUNGS- UND PRÜFPROZEDUREN FÜR ELASTOMERE
DEVELOPMENT OF CUSTOMIZED AGING AND TEST PROCEDURES FOR ELASTOMERS

Schwingfestigkeitsversuche und Materialcharakterisierung an Elastomeren.

Cyclic fatigue testing and material characterization of elastomers.

Contact: Dr. Ingo Alig · Telephone: +49 6151 705-8659 · ingo.alig@lbf.fraunhofer.de
Marc Wallmichrath · Telephone: +49 6151 705-467 · marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de



Bauteile mit Elastomerkomponenten wie Dämpfer, Dichtungen, Förderbänder oder Reifen sind während des Gebrauchs mechanischen Belastungen und wechselnden Umwelteinflüssen ausgesetzt. Thermomechanische Beanspruchungen, Strahlung, Feuchte oder chemische Substanzen wirken dabei zumeist in Kombination und verändern die Materialeigenschaften der Elastomere. Für Produktentwicklung und Lebensdauervorhersage ist es erforderlich, die zugrundeliegenden Alterungs- und Versagensmechanismen besser zu verstehen. Hierzu werden die langjährigen Erfahrungen des Fraunhofer LBF bei Betriebsfestigkeitsprüfungen an Elastomerbauteilen mit der physikalischen und chemischen Elastomercharakterisierung im Bereich Kunststoffe kombiniert.

Kopplung von Schwingfestigkeitsversuchen mit Untersuchungen alterungsbedingter Werkstoffveränderungen

In der Praxis ist die thermo-oxidative Alterung eine der häufigsten Versagensursachen für Elastomerbauteile. Die thermische Alterung von Elastomeren führt zu Festigkeits- und Moduländerungen, die mit alterungsbedingten Änderungen der Netzwerkdicke erklärt werden. Um praxisrelevante Alterungs- und Prüfprozeduren für Elastomere abzuleiten, wurden kraft- und wegeregelte Schwingfestigkeitsversuche mit Untersuchungen

der alterungsbedingten Materialveränderungen verknüpft. Hierzu wurde ein rußhaltiges Gummimaterial bei verschiedenen Temperaturen in Luft oder unter Stickstoff gealtert. Nach definierten Auslagerungszeiten wurden die Proben entnommen und vermessen.

Abbildung 1 zeigt exemplarisch weggeregelte Wöhlerkurven nach verschiedenen Alterungszeiten bei 100°C unter Luft. Mit zunehmender Alterungsdauer verkürzt sich die Lebensdauer. Zur Bewertung der Wirkungen der thermischen Alterung auf Struktur und Eigenschaften werden dynamisch-mechanische Analyse, Zugversuche, Messungen des Druckverformungsrestes, Quellungsmessungen, Festkörper-NMR und chemische Analytik eingesetzt. Abbildung 2 zeigt exemplarisch den Schubmodul im Bereich des Gummiplateaus nach verschiedenen langen Auslagerungszeiten bei 100°C unter Luft. Die anfängliche Zunahme des Moduls durch Versprödung oder Verringerung der Plastifizierung wird durch den thermo-oxidativen Netzwerkabbau überlagert.

Neben der diskontinuierlichen Erfassung alterungsbedingter Materialveränderungen wurden kontinuierliche Messungen der Spannungsrelaxation durchgeführt. Abbildung 3 zeigt die zeitliche Abnahme der Rückstellkraft für eine rußgefüllte

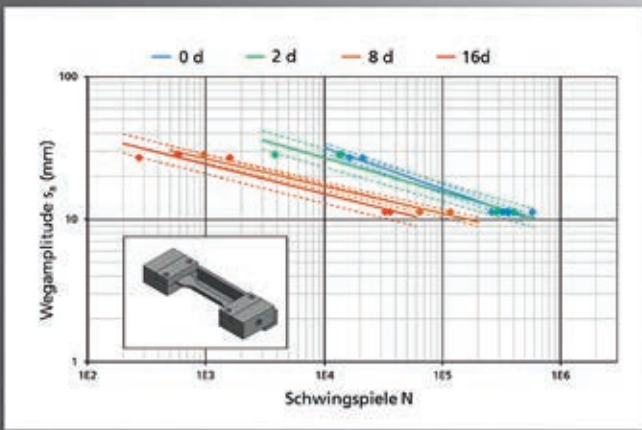


Abb. 1: Weggeregelte Wöhlerkurven eines rußgefüllten Gummimaterials nach unterschiedlichen Auslagerungszeiten bei 100°C in Luft.
Fig. 1: Strain controlled Wöhler curves of a carbon black filled rubber after different aging times at 100°C in air.

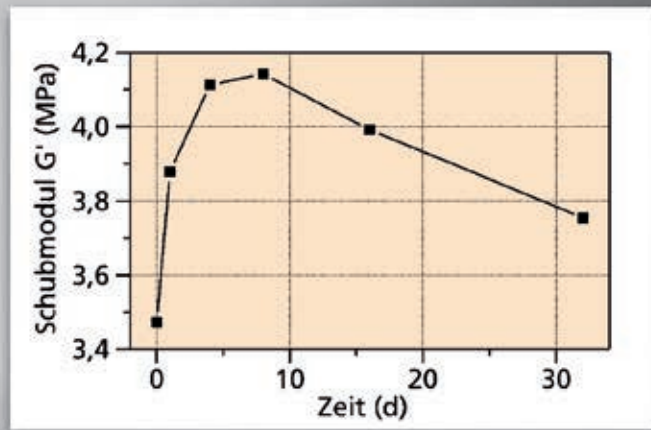
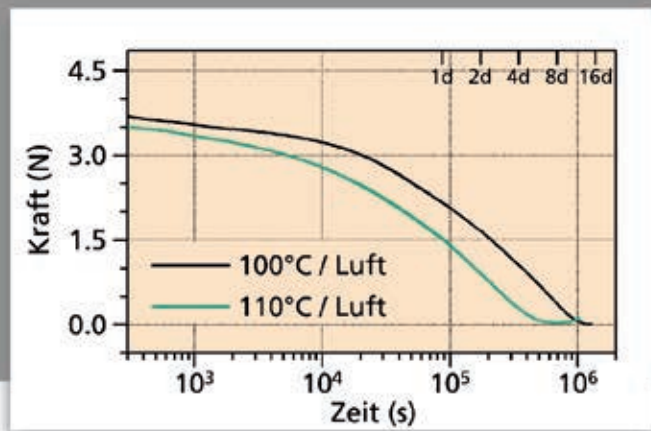


Abb. 2: Änderung des Schubmoduls eines rußgefüllten Gummis (Mess-temperatur: 50°C) während der thermischen Alterung bei 100°C in Luft.
Fig. 2: Changes in shear modulus of a carbon black filled rubber compound (measurement temperature: 50°C) during thermal ageing at 100°C in air.

Abb. 3: Spannungsrelaxation einer Gummimischung bei 100°C und 110°C in Luft.
Fig. 3: Stress relaxation of a rubber compound at 100°C and 110°C in air.



Elastomerprobe in Luft bei Ofentemperaturen von 100°C und 110°C. Die Beschleunigung der Spannungsrelaxation mit zunehmender Temperatur beruht auf der thermischen Aktivierung des oxidativen Netzwerkabbaus und der molekularen Prozesse. Aus dem Plateaumodul, dem Quellgrad oder der Relaxationskurve der kernmagnetischen Resonanzspektroskopie können weitere Informationen zu alterungsbedingten Änderungen der Netzwerkstruktur gewonnen werden.

Während der Alterung können thermo-oxidativer Abbau und die Bildung neuer Vernetzungsstellen gleichzeitig erfolgen. Der Vergleich der Alterung in Luft und unter Stickstoff erlaubt, zwischen thermo-oxidativen und anderen Mechanismen zu unterscheiden. Neben chemischen Vernetzungen sind Veränderungen im Füllstoffnetzwerk oder das Austragen von Hilfsstoffen zu berücksichtigen. Durch Vergleich mit den Ergebnissen der Schwingfestigkeitsversuche werden die Auswirkungen der Alterung auf die gemessenen Parameter bewertet.

Customer Benefits In addition to the established fatigue tests, a broad spectrum of methods for elastomer characterization is available in department plastics. This allows a better evaluation of aging-related material changes in elastomers. Based on this, customer-related strategies for accelerated thermal aging and tailored load programs can be derived.

In combination with material development or material selection and design of elastomeric components, this allows expanded offers for our customers.

„Wir koppeln zyklische Ermüdungstests mit der Elastomercharakterisierung, um angepasste Alterungsprozeduren zu entwickeln.“

Dr. Ingo Alig, Fraunhofer LBF


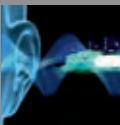
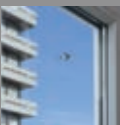

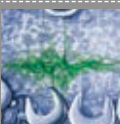


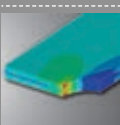
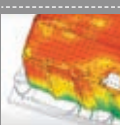
Summary Coupling of thermal aging, characterization and fatigue tests on elastomers allow deriving optimized aging procedures for accelerated fatigue testing. The detection of changes in the material properties by tensile tests, stress relaxation experiments, dynamic mechanical analysis, measurements of compression setting and swelling measurements as well as solid-state NMR and chemical analysis on extracts allows a better understanding of the underlying aging mechanisms and to derive conclusions for improved test procedures and material development.





Neue Perspektiven

New prospects.

	Portfolio Elastomerwerkstoffe und Elastomerbauteile. Portfolio elastomeric materials and elastomeric components.	92
	Mehr Ruhe an Deck – Prognosewerkzeug für akustische Eigenschaften von Schiffen. More silence on deck – Software tool to predict the vibro-acoustic behavior of vessels.	94
	EAP-Spacer für aktive Fenster – vollintegriert und kostengünstig. EAP-spacer for active windows – fully integrated, low-cost solution.	96
	Spart Kosten: Miniatur Parallelroboter in Leichtbauweise. Saves on cost: miniature parallel robot in Lightweight Construction.	97
	Mechanische Modelle leicht erstellt: unser Werkzeugkoffer. Mechanical models easily implemented: with our Toolbox.	98
	Kunststoffe mit integrierten Funktionalitäten und Verrippungen. Plastics with integrated functionalities and ribbing for mass production.	99
	Variabel verkleben für einen betriebsfesten Leichtbau. Variable bonding for reliable Lightweight Construction.	100
	Integrative Simulation als Werkzeug zur Auslegung hochbelasteter Kunststoffbauteile. Integrative simulation as a design tool for highly stressed reinforced plastic components.	101
	Strukturintensität – Was steckt dahinter? Structural intensity – What is behind?	102

Portfolio Elastomerwerkstoffe und Elastomerbauteile.

Portfolio elastomeric materials and elastomeric components.



Contact: *Matthias Schmidt, Marc Wallmichrath, Dr. Ingo Alig*
matthias.schmidt@lbf.fraunhofer.de, marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de, ingo.alig@lbf.fraunhofer.de

Elastomer-Metall-Bauteile (Gummilager) sind als Elemente zur Entkopplung in schwingungsfähigen Systemen aus dem modernen Maschinenbau nicht wegzudenken. Sie sind Voraussetzung für Funktionalität und Zuverlässigkeit der Systeme. Aktuelle Entwicklungen ermöglichen schaltbare, adaptive Aggregatlager, welche sich auf unterschiedliche Systemschwingungen einstellen können.

Im Fraunhofer LBF haben sich in den letzten Jahren die Entwicklungsprojekte mit den Automobilherstellern und deren Zulieferern speziell in den Bereichen der Charakterisierung, Modellbildung und des multiaxialen Betriebslastennachfahrversuches von Elastomerbauteilen etabliert. Durch die übergreifende Zusammenarbeit der Institutsbereiche Adaptronik, Betriebsfestigkeit und Kunststoffe sind neue Leistungsangebote für unsere Kunden entstanden. So kann die experimentelle Charakterisierung des Übertragungsverhaltens von Elastomerbauteilen über den betriebsfestigkeitsrelevanten Frequenzbereich (typischerweise 50–100 Hz) für NVH relevante Baugruppen bis hin zu 2000 Hz ausgedehnt werden. In der Numerik unterstützen geeignete Modelle die Systemsimulationen im NVH Bereich. Für die Simulation der fahrdynamischen Eigenschaften und der Betriebsfestigkeit hat das Fraunhofer LBF multiaxiale und rechenzeitoptimierte Modelle für Elastomerbauteile im

Einsatz. Neben der Charakterisierung der Bauteileigenschaften werden auch die verwendeten Elastomerwerkstoffe im Institut analysiert. Hierfür steht ein breites Spektrum physikalischer und chemischer Charakterisierungsmethoden zur Verfügung. Aktuelle Forschungsprojekte verknüpfen das thermische Alterungsverhalten mit Änderungen der Materialeigenschaften und der Lebensdauer unter zyklischer Belastung. Erweitert wird das Angebotsspektrum durch Hilfestellung bei der Materialauswahl und Rezepturenentwicklung.

Das Fraunhofer LBF bietet ein umfassendes Leistungsspektrum zu der Thematik Elastomerbauteile und -werkstoffe.

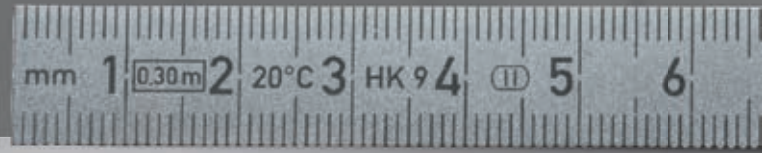
1) Charakterisierung, Modellbildung, Betriebslastennachfahrversuche und Lebensdaueranalyse (s. Seite 74)

- Kennwertermittlung und Charakterisierung des Übertragungsverhaltens von Elastomerbauteilen im Frequenzbereich bis 100 Hz
- Schwingfestigkeitsversuche an Materialproben
- Untersuchung der temperaturabhängigen Bauteileigenschaften
- Uni- und multiaxiale Betriebsfestigkeitsversuche an Elastomerbauteilen (speziell Aggregatlager und Fahrwerkslager)
- Uni- und multiaxiale Modellbildung von Elastomerbauteilen für die dynamische Systemsimulation (Betriebsfestigkeit/ Fahrdynamik) einschließlich Modellparametrierung

Contact: Marc Wallmichrath · Telephone: +49 6151 705-467



*Quellungsexperimente und Lösungsmittelextraktion an Elastomerproben.
Swelling experiments and solvent extraction on elastomeric samples.*



*Elastomerprüfkörper nach verschiedenen Zeiten der thermischen Alterung.
Elastomeric specimen after different times of thermal aging.*

2) Charakterisierung von Materialverhalten und Netzwerkstruktur, Medieneinwirkung und Alterung (s. Seite 88)

- Temperatur-, Frequenz und Amplitudenabhängigkeit der Materialeigenschaften (Spannungs-Dehnungsverhalten, mechanische Relaxation, Kriechen, Druckverformungsrest, elektrische, dielektrische und elektromechanische Eigenschaften)
- Charakterisierung des Elastomer- und Füllstoffnetzwerkes (dynamisch-mechanische Analyse, Kernresonanzspektroskopie, Quellungsexperimente)
- Untersuchung von Alterung und Medienbeständigkeit sowie Langzeitvorhersage (thermo-oxidative Alterung, Abbau von Antioxidantien, Diffusion von Weichmachern usw.)
- Bereitstellung und Validierung von Materialmodellen für die FEM (viskoelastische Eigenschaften, Temperatur-Frequenz-Superposition, nichtlineares Verhalten)

Contact: Dr. Ingo Alig · Telephone: +49 6151 705-8659

3) Neue Entwicklungsmöglichkeiten für Automotive sowie Maschinen- und Anlagenbau (s. Jahresbericht 2013)

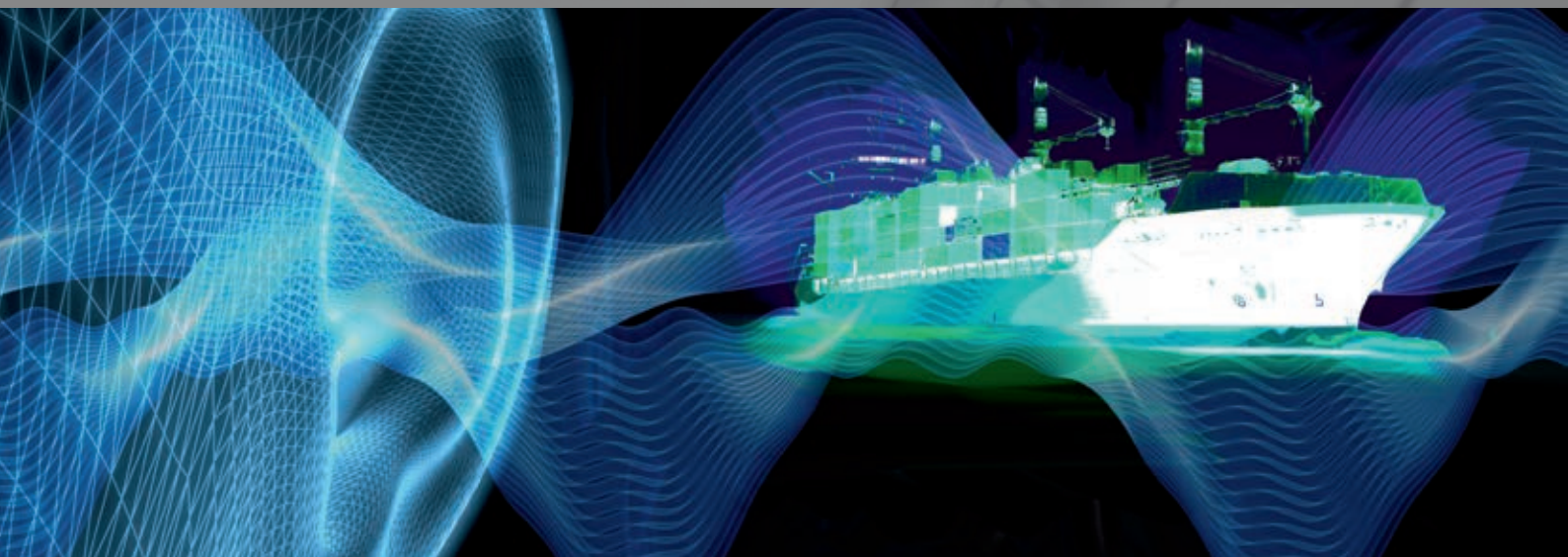
- Hochfrequente Charakterisierung von Elastomerbauteilen sowie von passiven und aktiven Lagern bis 2000Hz

- Erforschung und Entwicklung neuer Lagerungskomponenten (z. B. aktive Aggregatlager, Polymerwerkstoffe und elektroaktive Polymere)
 - Parametrierung und Validierung numerischer Modelle
 - Transferpfadanalyse im Rahmen von NVH Tests im Fahrzeug
 - Nachfahren von Betriebsmessungen am Prüfstand zur Erprobung und zum Test von aktiven Lagern und deren Regelung
- Contact: Matthias Schmidt · Telephone: +49 6151 705-452

Customer Benefits The Fraunhofer LBF's range of services in the field of elastomeric materials and components has been extended significantly over the past two years. Interdisciplinary research projects, e.g. on the topic of elastomer aging, have additionally stimulated and accelerated the development of system-based services. The Fraunhofer LBF is therefore a development partner for material characterization, the development of active bearings, experimental and numerical fatigue life analysis of components and modeling in the disciplines of fatigue strength, system dynamics and NVH. The institute still continues to offer its comprehensive range of established research services.

Mehr Ruhe an Deck – Prognosewerkzeug für akustische Eigenschaften von Schiffen.

More silence on deck – Software tool to predict the vibro-acoustic behavior of vessels.



Contact: Christoph Tamm · Telephone: +49 6151 705-8431 · christoph.tamm@lbf.fraunhofer.de

Das Thema Komfort ist in den letzten Jahren für Schiffspassagiere als Qualitätskriterium immer wichtiger geworden. Störende Geräusche und ungewollte Schwingungen können sich zudem negativ auf die Sicherheit an Bord auswirken. Eigentümer und Werften folgen daher dem Trend und setzen niedrige Grenzwerte für Lärm und Vibrationen an, die während des Schiffsbetriebes zu beachten sind.

Effiziente Vorhersage von Schwingungen

Werften stellen überwiegend Unikate her, weshalb ihnen die Möglichkeit fehlt, ihre Produkte an physikalischen Prototypen zu verfeinern. Eine frühzeitige und effiziente rechnergestützte Vorhersage des vibroakustischen Verhaltens von Schiffsentwürfen kann daher helfen, akustische Auffälligkeiten zu identifizieren, das Schiffsdesign zu optimieren und kostspielige Nacharbeit im Anschluss an Probefahrten zu vermeiden.

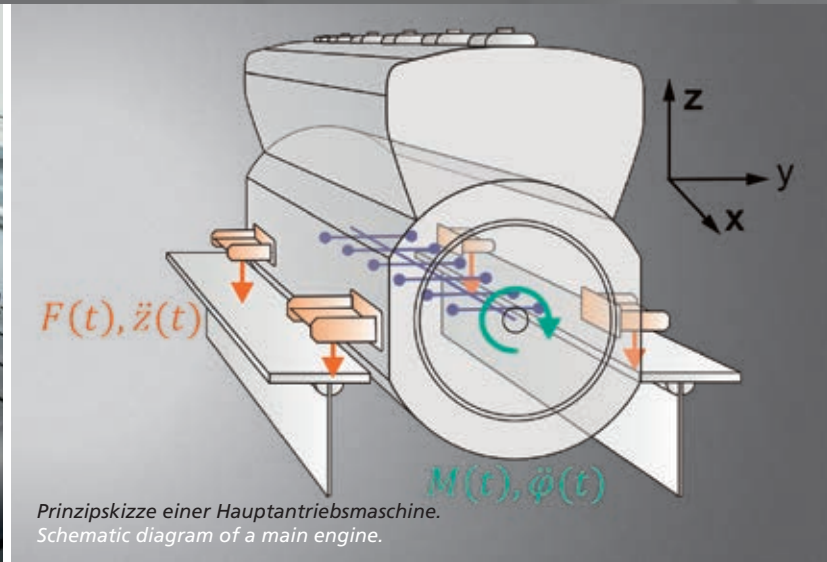
Am Fraunhofer LBF wurde ein methodisches Vorgehen basierend auf parametrischer, modularer und hierarchischer Modellbildung entwickelt. Der Fokus lag auf der einfachen

Austauschbarkeit sowie einer schnellen und unkomplizierten Initialisierung der einzelnen Teilmodelle. Durch den gewählten Ansatz kann das Gesamtmodell während des gesamten Entwurfsprozesses verwendet werden, da die zunächst sehr einfachen Teilmodelle im Laufe des Entwurfs durch detailliertere Beschreibungen ersetzt oder Machbarkeitsuntersuchungen unter Verwendung unterschiedlicher Komponenten durchgeführt werden können. Weiterhin ist es möglich, durch Parametervariationen den Einfluss sensitiver Parameter einer Komponente zu bestimmen.

Um die Übertragung von Geräuschen und Vibrationen in die Schiffsstrukturen zu simulieren, haben die Wissenschaftler des Fraunhofer LBF die relevanten Körperschallquellen numerisch modelliert. Als Anwendungsbeispiele wurden Hauptmaschinen und Pumpen untersucht, Modelle aufgebaut und mit Messdaten validiert. Der vorgeschlagene Simulationsansatz wurde an einem skalierten Drehschwingungsversuchsstand, welcher aus einem Verbrennungsmotor, einem Rotor und einer Wirbelstrombremse aufgebaut ist, überprüft. Es wurden hinsichtlich



Skaliertes Antriebsstrangversuchsstand zur Validierung der Simulationsergebnisse.
Scaled torsional vibration test stand for the validation of simulation results.



Prinzipskizze einer Hauptantriebsmaschine.
Schematic diagram of a main engine.

der Quellmodellierung umfangreiche Vergleichsmessungen zur Kalibrierung der Antriebsstrang-Modelle durchgeführt. Daraufhin wurde ein numerisches Modell für den Verbrennungsmotor entwickelt und stationäre Betriebsbedingungen sowie transiente Ereignisse wie beispielsweise Zündaussetzer und Hochläufe des Motors auf Systemebene mit Matlab/Simulink simuliert.

Customer Benefits The proposed numerical models are a part of a software toolbox to predict the vibro-acoustic behavior of a vessel efficiently. One of the aims of this toolbox is the identification of acoustic excitation mechanisms in an early phase of design and also in parallel to the development process. The modular and hierarchic modeling scheme enables the user to easily replace submodels to assess the impact of noise and vibration reduction measures. Furthermore, the research and development activities at Fraunhofer LBF continue so that the methodologies can be transferred and applied on tasks in the automotive, aviation or any other engineering industry.

Summary In an early phase of design, accurate and efficient analysis methods for predicting the vibro-acoustic behavior of vessels are of central importance. Owners and shipyards define low limits for noise and vibration that must be met during operation of the ship. A newly developed simulation tool supports shipyards in complying with legal limits and evaluating the feasibility of noise reduction measures during the development process. Noise and vibration on board occurs due to a wide variety of structure-borne noise exciters. Researcher at Fraunhofer LBF developed methods for the prediction of powertrain components, which are one of the main noise and vibration excitation sources on board.

EAP-Spacer für aktive Fenster – vollintegriert und kostengünstig.

EAP-spacer for active windows – fully integrated, low-cost solution.



Contact: Oliver Heuss, Dr. William Kaal · Telephone: +49 6151 705-417 · oliver.heuss@lbf.fraunhofer.de

Im LOEWE-Zentrum AdRIA wurden verschiedene Möglichkeiten untersucht, um mit aktiven Methoden Lärmschutzfenster zu verbessern. Eine Herausforderung stellte stets die Aktorik dar: Piezoaktoren mussten bisher im Sichtfeld auf der Scheibe angebracht werden, um dort die Scheibenschwingungen und somit den Schalldurchgang zu mindern. Spezielle, am Fraunhofer LBF entwickelte, schlanke Lautsprecher auf Basis elektroaktiver Polymere (EAPs) können dagegen im Fenster-rahmen eingebaut werden, was zu einem kompakten Aufbau führt und keinerlei Sichteinschränkung mit sich bringt. Damit kann der Schalldruck zwischen den Scheiben aktiv geregelt und die Transmission reduziert werden.

EAP-Stapelaktoren bestehen aus einer Vielzahl abwechselnd angeordneter Elastomer- und Elektrodenschichten, über die ein hohes elektrisches Feld aufgeprägt wird. In dem neu entwickelten Designansatz sind die Elektroden metallisch ausgeführt und mit mikroskopisch feinen Löchern versehen. Dies erlaubt dem inkompressiblen Elastomer eine lokale Deformation im Betrieb. Sowohl Elastomer- als auch Elektrodenschichten können nahezu beliebig geformt sein, was große konstruktive Freiheiten gewährt.

Für den Prototyp des aktiven Doppelglasfensters wurden schmale Elektroden- und Elastomerschichten gefertigt und in einem Kunststoffgehäuse übereinander gestapelt. Dessen Abmessungen entsprechen denen eines konventionellen Spacers, der die beiden Glasscheiben auf Abstand hält. Der Lautsprecher selbst ist also vollständig in den Spacer integriert, das Gehäuse übernimmt die lasttragende Aufgabe des Originalbauteils. Über Löcher im Deckel wird der Schall in den Innenraum des Doppelglasfensters abgestrahlt.

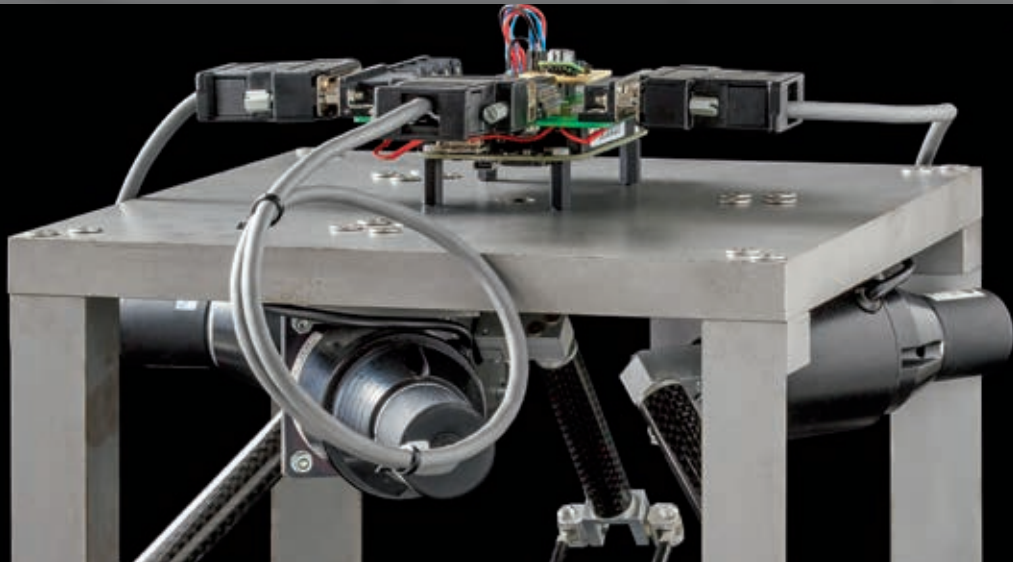
Bereits mit nur einem 20 cm langen Lautsprecher (ca. 7 % des Fensterrahmens) konnte im Labor eine Reduktion der abgestrahlten Schallleistung von 3,3 dB im Summenpegel bis 500 Hz erreicht werden. Eine Vergrößerung der aktiven Fläche verspricht weiteres Potential.

Die Anwendung im aktiven Fenster verdeutlicht zum einen den steigenden Technologiereifegrad der EAPs für dynamische Anwendungen, zum anderen deren flexible Einsatzmöglichkeit in zukünftigen Produkten.



Spart Kosten: Miniatur Parallelroboter in Leichtbauweise.

Saves on cost: miniature parallel robot in Lightweight Construction.



Contact: Mihail Lilov MBA · Telephone: +49 6151 705-336 · mihail.lilov@lbf.fraunhofer.de

Der Kostenfaktor bei Mikromontageaufgaben industrieller Aufbauten in manueller Handfertigung kann sehr hoch werden. Die Montagekosten können durch den Einsatz von Präzisionsrobotern stark reduziert werden. Piezobasierte Rotationsantriebe stellen eine innovative Lösung zur Umsetzung neuartiger, mechatronischer sowie adaptiver Systeme dar.

Diese Antriebsart zeichnet sich durch eine leichte Ansteuerung, hohe Beschleunigung und hohe Präzision aus und ist in der Benutzung nahezu verschleißfrei. Durch den Einsatz von Piezoantrieben statt konventioneller Elektroantriebe können bei Parallelrobotern die gewünschten hohen Dynamiken und Genauigkeiten leicht realisiert werden. Bei solchen hochdynamischen Systemen soll die Trägheit und somit die bewegte Masse möglichst niedrig gehalten werden. In einem Kooperationsprojekt zwischen Fraunhofer LBF und Technischer Hochschule Mittelhessen THM wurde ein portabler, piezobasierter Parallelroboter in Leichtbauweise mit einem Armgestell aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff und Gelenken aus Aluminium und Kunststoffgleitlagern entwickelt. Der Parallelroboter wird durch drei hochpräzise, piezobasierte Wanderwellenmotoren angetrieben, welche eine Genauigkeit von wenigen Mikrometern sicherstellen. Die Regelung des

Roboters wurde unter Linux auf einer Low-Cost Hardware (BeagleBone Black) umgesetzt, die sich durch ihre kompakte Bauweise, bei gleichzeitig hoher IO-Dichte und Leistungsfähigkeit auszeichnet.

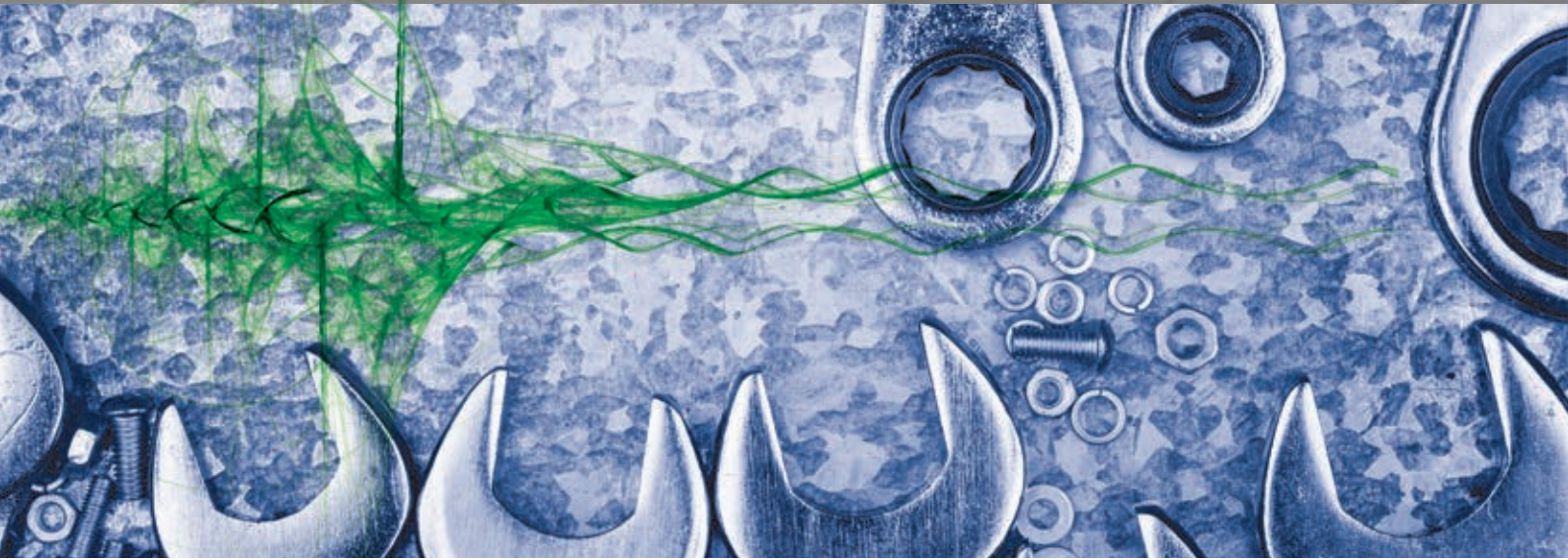
Der Parallelroboter steht nun als Demonstrator für die weitere Erprobung von Regelungs- und Steuerungskonzepten für unkonventionelle Antriebssysteme in der Automatisierung zur Verfügung. Ebenso kann das System als Testumgebung für aktive Schwingungsminderungsmaßnahmen in der Automatisierung zum Einsatz kommen. Neben der Anwendung als Versuchsträger kann der Parallelroboter im Bereich der Automatisierungstechnik zur Feinpositionierung und Handling im Mikrometerbereich eingesetzt werden.

„Durch die Bearbeitung des Projektes am Fraunhofer LBF habe ich gelernt, mit den eng gesteckten Zielen und den Anforderungen der Industrie umzugehen und praktikable Lösungen für diese Herausforderungen zu erarbeiten.“

Thomas Müller, Technische Hochschule Mittelhessen

Mechanische Modelle leicht erstellt: unser Werkzeugkoffer.

Mechanical models easily implemented: with our Toolbox.



Contact: Jennifer Thiel · Telephone: +49 6151 705-8273 · jennifer.thiel@lbf.fraunhofer.de

In der heutigen Zeit treten durch den gesteigerten Wunsch nach Komfort, Leichtbau und Langlebigkeit schwingungstechnische Fragen während und nach dem Entwicklungsprozess auf. Branchenunabhängig haben viele Hersteller weder Zeit, noch Budgetkapazitäten, um Hardwarelösungen zu finden. Numerische Simulationen schaffen an dieser Stelle Abhilfe und sparen durch gezielte vorherige Untersuchungen und Auslegungen bares Geld und wertvolle Zeit.

Am Fraunhofer LBF werden Toolboxen in Matlab/Simulink entwickelt, um Auslegungen simulativ durchführen zu können. Die Toolboxen unterstützen die Erstellung und Analyse von mechanischen und mechatronischen Systemen. Damit können Machbarkeitsstudien, wie die Untersuchung von Strukturen und deren Schwingungen, durchgeführt werden. Um das Systemverhalten von unerwünschten Schwingungen zu befreien, können verschiedene Maßnahmen und Methoden angewendet werden. Die „Structure and Vibration“ Toolbox erleichtert außerdem die Analyse und Auswertung der Konzeptvergleiche durch eine innovative, modulare Systemmodellierung. Die Toolbox „unabhängige Modellierungsstrategie“ umfasst die stufenweise Detaillierung der Komplexität der Modelle und erlaubt die Einbindung von analytischen, numerischen sowie messtechnisch erfassten Daten.

Als weiteres Werkzeug wurde die „Model Order Reduction“ Toolbox entwickelt. Damit können komplexe Systeme, die bereits numerisch mit Finiten Elementen untersucht wurden, nach Matlab/Simulink importiert werden. Diese Schnittstelle zwischen Matlab/Simulink und der FE-Simulationssoftware ANSYS bietet eine gleichzeitige Reduktion des Gesamtsystems an. Damit können sehr große Modelle ihr wesentliches Gesamtsystemverhalten beibehalten und auf Grund von reduzierten Freiheitsgraden eine zeitlich gute Performance leisten.

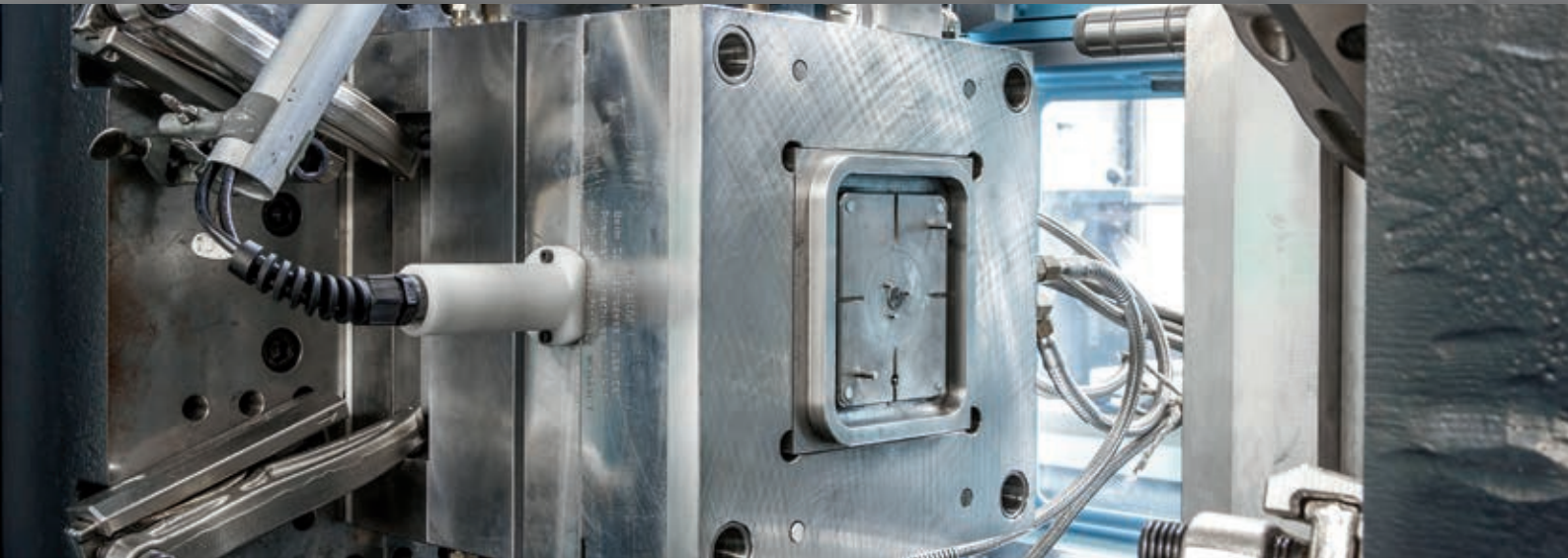
Am Fraunhofer LBF werden die Toolboxen entwickelt, implementiert, dokumentiert und getestet. Damit profitieren Kunden jeder Branche durch die effektive Lösung von strukturdynamischen Problemstellungen. Der numerische Werkzeugkoffer wird ab 2015 käuflich erhältlich sein. Wir beraten gerne bei der Verwendung der Toolbox und bei darüber hinausgehenden offenen Fragen.

Sie benötigen ein für Sie passendes extra Werkzeug? Gerne! – Sprechen Sie uns an!



Kunststoffe mit integrierten Funktionalitäten und Verrippungen.

Plastics with integrated functionalities and ribbing for mass production.



Contact: Felix Weidmann · Telephone: +49 6151 705-8843 · felix.weidmann@lbf.fraunhofer.de

Endlosfaserverstärkte Thermoplaste haben in den vergangenen Jahren eine Vielzahl neuer Anwendungsbereiche erschlossen, welche bisher durch isotrope metallische Werkstoffe oder duroplastische Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) abgedeckt wurden. Ursächlich für diese Entwicklung ist das breite Angebot hochqualitativer thermoplastischer Faser-Matrix-Halbzeuge, wie etwa Organobleche und UD-Tapes.

Bauteilhersteller machen sich dabei zum einen die hohen gewichtsspezifischen Eigenschaften zu Nutze. Zum anderen profitieren sie, abgesehen von Vorteilen hinsichtlich der Arbeitshygiene und der Lager- und Rezyklierfähigkeit, vor allem von den kurzen Taktzeiten und einfachen Weiterverarbeitungsmöglichkeiten, beispielsweise durch Schweißen oder Umspritzen. Seit einigen Jahren wird an neuen Verfahren gearbeitet, die Formgebung von Organoblechen durch Thermoformen mit der Aufbringung von Funktionalitäten und Verrippungen zu kombinieren. Dabei werden letztere auf das heiße Organoblech im Spritzgießwerkzeug einseitig aufgespritzt (Outsert-Technik). Nachteilig ist dabei, dass häufig dickwandige und damit kostenintensive Organobleche verwendet werden und weiterhin die aufgespritzten Strukturen eine Fügung darstellen, deren Anbindung an das Organoblech eine mögliche Schwachstelle darstellt.

Am Fraunhofer LBF ist eine Technologie in Entwicklung, die diese Nachteile vermeiden soll. Diese Technologie basiert auf dem Spritzgießprozess, bei welchem sehr dünnwandige Organobleche in die hochbelasteten Randlagen eines thermoplastischen Sandwich-FKV angeordnet werden. Der niedrig belastete Kern wird durch die Thermoplastschmelze ausgefüllt, welche ebenso in einem Prozessschritt vom Sandwich-Kern heraus homogene Funktionalitäten und Verrippungen an der Oberfläche des Sandwich-Bauteils ausformt, ohne dabei eine Fügstelle zu erzeugen.

Der Kunde profitiert dabei zum einen durch die niedrigen Werkstoffkosten bei gleicher Bauteilbelastbarkeit. Weiterhin stellt diese Technologie ein sehr kosteneffizientes Verfahren dar, da die nötigen Taktzeiten zur Herstellung eines solchen funktionalisierten Sandwich-Verbundes sehr gering sind. Damit eignet es sich hervorragend für die Fertigung von Großserienbauteilen.

Variabel verkleben für einen betriebsfesten Leichtbau.

Variable bonding for reliable Lightweight Construction.



Contact: Dr. Jan Spengler · Telephone: +49 6151 705-8851 · jan.spengler@lbf.fraunhofer.de
Dr. Jens Eufinger · Telephone: +49 6151 705-276 · jens.eufinger@lbf.fraunhofer.de

Die Verwendung von Klebstoffen ist ein fundamentaler Bestandteil moderner Produktkonzepte insbesondere beim Einsatz von Multimaterialbauweisen. Für einen effizienten Leichtbau ist das Verkleben verschiedenster Materialien unerlässlich. Unterschiedlichste Materialien lassen sich durch Verkleben miteinander verbinden, ohne dabei die Fügepartner zu schwächen, wie bei klassischen Fügeverfahren, etwa dem Schrauben oder dem Nieten. Auch kann meist auf einen hohen Wärmeeintrag, wie beispielsweise beim Schweißen, verzichtet werden.

Einfach überlappende Fügungen unterschiedlichster Fügepartner stellen im industriellen Maßstab die am häufigsten verwendete Klebtechnik dar. Unter Last treten in den kantennahen Bereichen der Klebstoffschicht jedoch Spannungsspitzen auf. Besonders im Falle schwingender Lasten führen diese Spannungsspitzen zu einem frühzeitigen Versagen der Klebefuge. Dem kann jedoch entgegengewirkt werden! Nimmt die Steifigkeit der Klebschicht von der Mitte hin zu den Randbereichen auf geeignete Art und Weise ab, können die Spannungsspitzen reduziert werden, und die Gesamtfestigkeit der Klebung wird somit erhöht. Die Lösung ist also ein Klebstoff mit lokal steuerbarer Steifigkeit.

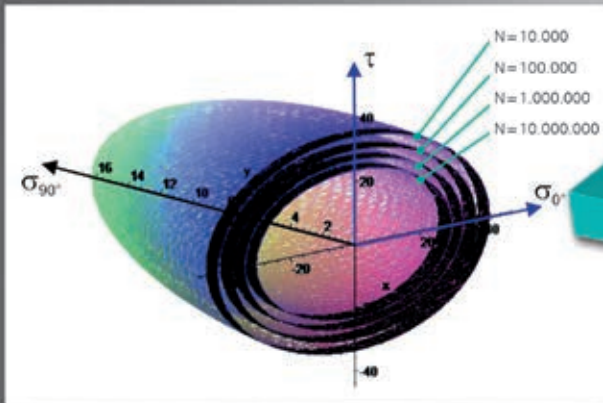
Ziel der aktuellen Forschung am LBF ist die Entwicklung eines Klebstoffsystems, mit dem ein solcher Gradient der Steifigkeit innerhalb einer Klebefuge erzeugt werden kann. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde ein Dual-Cure Klebstoff entwickelt, bei dem, anders als bei handelsüblichen Dual-Cure Formulierungen, nicht eine möglichst homogene Steifigkeit erreicht werden soll. Vielmehr wird einer der beiden Vernetzungsmechanismen dazu verwendet, die Netzwerkdichte lokal zu erhöhen und somit die Steifigkeit des Klebstoffs genau steuern zu können.

Bei der Entwicklung eines solchen Klebstoffsystems profitiert das LBF von der engen Vernetzung seiner unterschiedlichen Teilbereiche. Das notwendige Knowhow zur Entwicklung maßgeschneiderter polymerer Werkstoffe aus dem Bereich Kunststoffe sowie die rechnerische Auslegung und experimentellen Analysemöglichkeiten des Bereichs Betriebsfestigkeit ermöglichen einen effizienten und zielgerichteten Entwicklungsprozess.

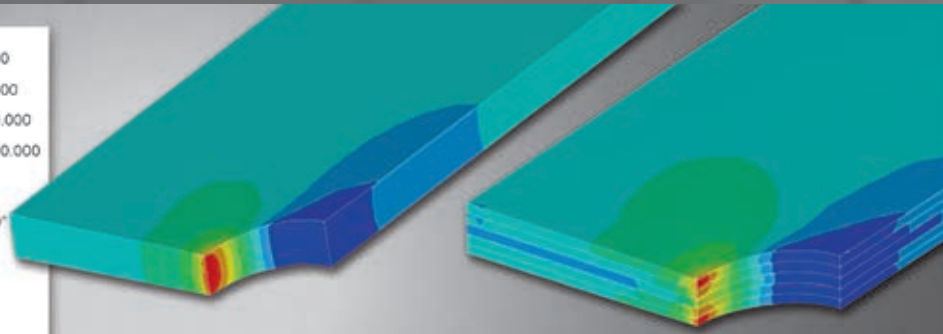


Integrative Simulation als Werkzeug zur Auslegung hochbelasteter Kunststoffbauteile.

Integrative simulation as a design tool for highly stressed reinforced plastic components.



Zyklischer Bruchkörper zur Bewertung multiaxialer Beanspruchungen.
Fracture body for assessing cyclic, multiaxial loading.



Spannungsverteilung (1. HS) an einer mildgekerbten Zugprobe. Homogenisierung der Schichteigenschaften für je 5 Schichten (rechts) bzw. gesamte Bauteildicke (links).
Stress distribution (1st principal) on mildly notched specimen. Homogenization of layer properties in 5 layers respectively (right) and total wall thickness (left).

Contact: Sebastian Mönnich · Telephone: +49 6151 705-8751 · sebastian.moennich@lbf.fraunhofer.de
Katharina Haydn · Telephone: +49 6151 705-411 · katharina.haydn@lbf.fraunhofer.de

Bei der Auslegung von Bauteilen aus kurzfaserverstärkten Thermoplasten gilt es, neben dem anisotropen Materialverhalten Einflussfaktoren wie mehraxiale Spannungszustände, hohe Spannungsgradienten oder Mittelspannungsempfindlichkeiten zu berücksichtigen. Um eine möglichst zuverlässige Aussage über die Beanspruchungen im Bauteil und die zu erwartende Lebensdauer zu erhalten, ist eine geschlossene numerische Prozesskette, die den Herstellungsprozess berücksichtigt, sinnvoll. Diese wird durch speziell abgestimmte, experimentelle Untersuchungen komplettiert.

Die entwickelte, sogenannte „Integrative Simulation“ begleitet den Projektingenieur von der Spritzgussimulation (Mikrostruktur der Fasern), über das „Faser-Mapping“ im Finite-Elemente-Modell bis hin zur Betriebsfestigkeitsbewertung durch angepasste Festigkeitshypothesen.

Insgesamt handelt es sich bei der simulativen Prozesskette um eine komplexe Analyse des Herstellungsprozesses und der strukturellen Beanspruchung. Daher wurden Methoden entwickelt, um Ergebnisse aus Einzelschritten experimentell zu validieren und so ihre Verwendung in weiteren Simulationsschritten abzusichern. So wird u. a. mithilfe der am Fraunhofer LBF entwickelten, μ CT-gestützten Einzelfaseranalyse die berechnete Faserorientierung überprüft und optimiert.

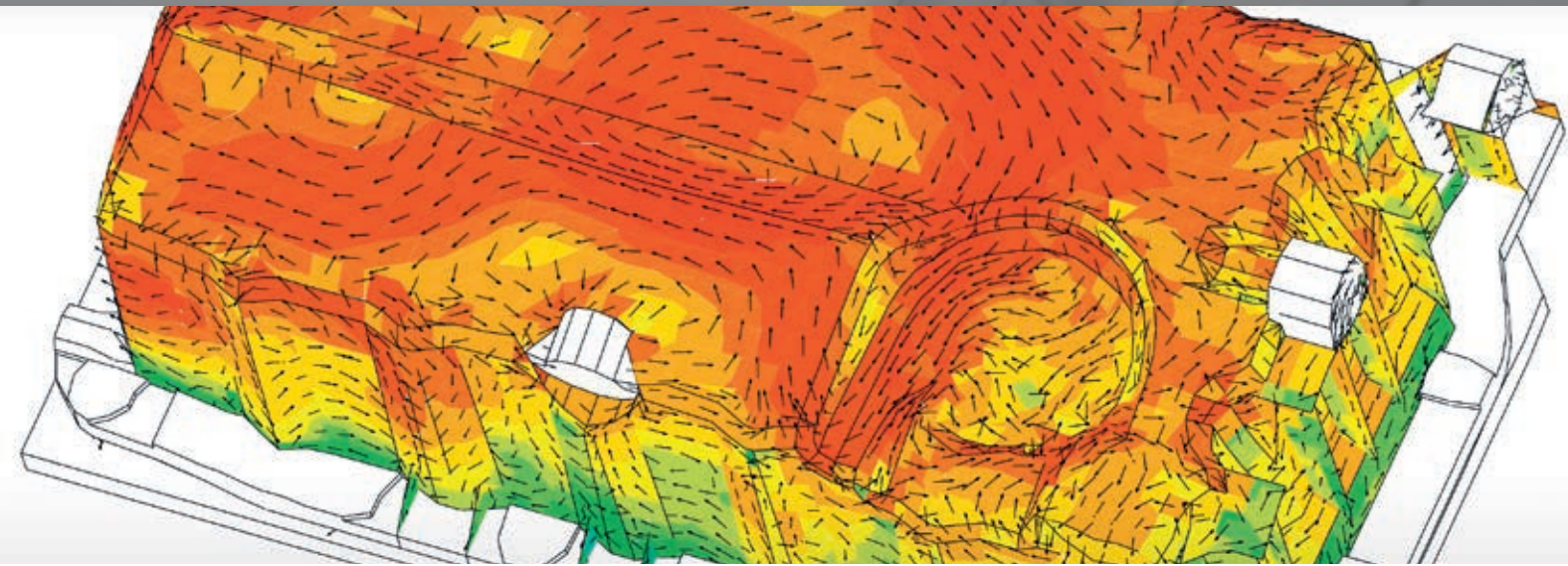
Für die betriebsfeste Bauteilauslegung sind beliebige mehrachsige Spannungszustände bei anisotropen Materialien besonders zu beachten, da nicht nur multiaxiale, sondern auch uniaxiale Schwingbelastungen örtlich zu multiaxialen Schwingbeanspruchungen führen, und zusätzlich die Materialfestigkeit richtungsabhängig ist. Bei der Wahl einer geeigneten Hypothese zur Lebensdauervorhersage ist dies zu berücksichtigen. D. h., die im isotropen Fall gängigen Verfahren der Festigkeitsbeurteilung mehrachsiger Beanspruchungszustände (z. B. klassische Vergleichsspannungshypothesen) sind für den anisotropen Fall ungeeignet. Vielmehr müssen Ansätze zur Anwendung kommen, die es ermöglichen, die wechselnde mehraxiale Beanspruchung in Abhängigkeit der Beanspruchungshöhe und -richtung zu beurteilen.

Im Fraunhofer LBF wurde die ursprünglich für den statischen Fall entwickelte quadratische Bruchhypothese nach Tsai-Wu dahingehend modifiziert, dass basierend auf experimentell ermittelten Schwingfestigkeiten unter uniaxialer Beanspruchung beliebige multiaxiale Beanspruchungen infolge zufallsartiger Belastungskollektive bewertet werden können. Das am LBF entwickelte Verfahren wurde experimentell erprobt und konnte am Beispiel kurzfaserverstärkten Polyamids unter harmonischer sowie zufallsartiger multiaxialer Belastung erfolgreich validiert werden.



Strukturintensität – Was steckt dahinter?

Structural intensity – What is behind?



Contact: M.Sc. Clarissa Schaal · Telephone: +49 6151 16-6923 · schaal@szm.tu-darmstadt.de

Geraten feste Strukturen in Schwingung, so breitet sich in ihnen Körperschall aus und es kann lokal zu unerwünscht starken Schwingungen oder zu einer nicht erwünschten Schallabstrahlung kommen. Entwicklungsziel ist es daher, Strukturen so zu gestalten oder aktiv zu beeinflussen, dass diese Effekte vermindert werden. Die Strukturintensität (STI), welche den Energiefluss der sich ausbreitenden Körperschallwellen beschreibt, ist eine vielversprechende Größe, die neue Ansätze zur gezielten Strukturoptimierung oder zur Schwingungskontrolle bietet.

Mit der STI kann für jeden Punkt eines Festkörpers bestimmt werden, wie viel Körperschallenergie in welche Richtung fließt. Sie liefert somit konkrete Informationen darüber, auf welchen Pfaden sich der Körperschall im Inneren einer Struktur von einer Anregungsstelle ausgehend verbreitet. Die Analyse der STI ermöglicht es dem Anwender daher zu verstehen, wieso sich ein spezielles Schwingverhalten in der Struktur einstellt und dient somit dem erweiterten Strukturverständnis. Oftmals ist ohne eine Analyse der STI nicht erklärbar, wieso es bei ähnlichen Strukturen dennoch zu einem unterschiedlichen Schwingungsverhalten kommt.

Anwendung findet die STI in verschiedenen Bereichen. Soll mittels einer aktiven Regelung die Schwingung in einem Strukturbereich gemindert werden, so stellt der Energiefluss in diesen Bereich eine robuste Regelgröße dar. Weiterhin wird in der Literatur gezeigt, dass mittels der STI Risse in Strukturen detektiert werden können, da sich der Energieverlauf bei Auftreten eines Risses stark ändert.

Aufbauend auf der Analyse der STI können auch Strukturbereiche identifiziert werden, in denen der Einsatz von Dämpfungsbelägen zur Energiedissipation oder konstruktive Änderungen zur Körperschalldämmung besonders aussichtsreich sind. Diese Anwendung der STI weist ein hohes Potenzial zur Kostenreduktion in der Produktentwicklung auf, sodass weitere Forschung in diesem Bereich zur Ableitung konkreter, allgemeingültiger Strukturmaßnahmen wichtig ist.





Die assoziierten Fachgebiete.

Associated Departments.



Kontakt

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

Dr.-Ing. J. Bös
Telefon: +49 6151 16-2903
boes@szm.tu-darmstadt.de

Das Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM der Technischen Universität Darmstadt ist

SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT UND MASCHINENAKUSTIK SYSTEM RELIABILITY AND MACHINE ACOUSTICS

personell und inhaltlich eng mit dem Fraunhofer LBF verbunden. Es verfolgt das Ziel, Grundlagen, Methoden und Verfahren zur Bewertung der Zuverlässigkeit komplexer technischer Systeme zu entwickeln. Diese Thematik stellt international ein neues Forschungsgebiet dar. Durch die Integration der Arbeitsgruppe Maschinenakustik im Jahr 2005 wurden die Kompetenzen im Hinblick auf die Entwicklung leiser und zuverlässiger Produkte konsequent ergänzt.

The research group System Reliability and Machine Acoustics at „Technische Universität Darmstadt“ is closely interlinked with Fraunhofer LBF both in terms of staff and research subjects. Its focus is on the development of fundamentals, methods, and procedures for the evaluation of the reliability of complex systems – a new research area on an international scale. The integration of the Machine Acoustics group in 2005 enhanced the unit's expertise in the area of the development of quieter and more reliable products.



Kontakt

Prof. Dr. rer. nat. M. Rehahn
Telefon: +49 6151 16-5278
m.rehahn@mc.tu-darmstadt.de

Die Arbeitsgruppe befasst sich mit funktionalen und kolloidalen Polymersystemen sowie Polymeren an Grenzflächen. Zu deren Aufbau werden neben Übergangsmetall-katalysierten Polykondensationsprozessen vor allem kontrollierte und lebende Polymerisationsverfahren genutzt. Besonders intensiv werden neue Polymere für die (Opto-) Elektronik bearbeitet, i. B. organische LEDs und organische Transistormaterialien

MAKROMOLEKULARE CHEMIE MACROMOLECULAR CHEMISTRY

unter der Prämisse, polymeren Funktionsmaterialien den Weg in eine praktische Nutzbarkeit zu ebnet. Weiterhin wird das Verhalten von Polymeren an Grenzflächen untersucht. So werden neuartige haft- und phasenvermittelnde Additive entwickelt, die für maßgeschneiderte Haftung zwischen verschiedenen Kunststoffen oder Kunststoffen mit anorganischen Komponenten sorgen. Die Entwicklung neuartiger Komposit- und Hybridmaterialien ist ein weiterer Forschungsschwerpunkt.

The research group Macromolecular Chemistry at the Technische Universität Darmstadt focuses on functional and

colloidal polymer systems as well as polymers at interfaces. For the development of these polymers methods like polycondensation, controlled and living radical polymerizations are used. A particular intensive researched field is the development of new polymers for organic LEDs and organic field effect transistors on the premise to open the way for functional polymer materials. In addition we study the behavior of polymers at interfaces. New innovative adhesion enhancing and phase transfer additives for the adhesion between different polymers or polymers with inorganic materials are developed to improve the properties of technical used materials. Moreover the search for the efficient use of composite- and hybrid materials is another topic our group is engaged with.



Weitere Labor- und Prüfeinrichtungen des Fraunhofer LBF
finden Sie auf unserer Internetseite:

www.lbf.fraunhofer.de/laborundversuch





Labor- und Prüfeinrichtungen für Ihre individuellen Anforderungen.

Laboratory equipment and testing facilities – the entire world of testing technology.

FORSCHUNG MIT SYSTEM

Von der Materialsynthese bis zum kompletten System, von der Konzeptidee bis zum fertigen Produkt, von der Auslegung bis zur Einsatzprüfung – das Fraunhofer LBF erstellt im engen Dialog mit Ihnen das passende Leistungspaket.

Das Institut steht für innovative Lösungen in der Schwingungstechnik, im Leichtbau, in der Zuverlässigkeit und in der Polymertechnik. Schwerpunkte liegen auf sicherheitsrelevanten Bauteilen und Systemen, auf Material- und Komponentenfunktionen sowie auf strukturmechanischen Eigenschaften.

In allen Phasen der Systementwicklung und -bewertung werden numerische wie experimentelle Methoden eingesetzt um technisch und wirtschaftlich vorteilhafte Lösungen zu erzielen.

Als Projektpartner profitieren Sie von der interdisziplinären Zusammensetzung unserer Projektteams, insbesondere bei komplexen systemischen Fragestellungen.

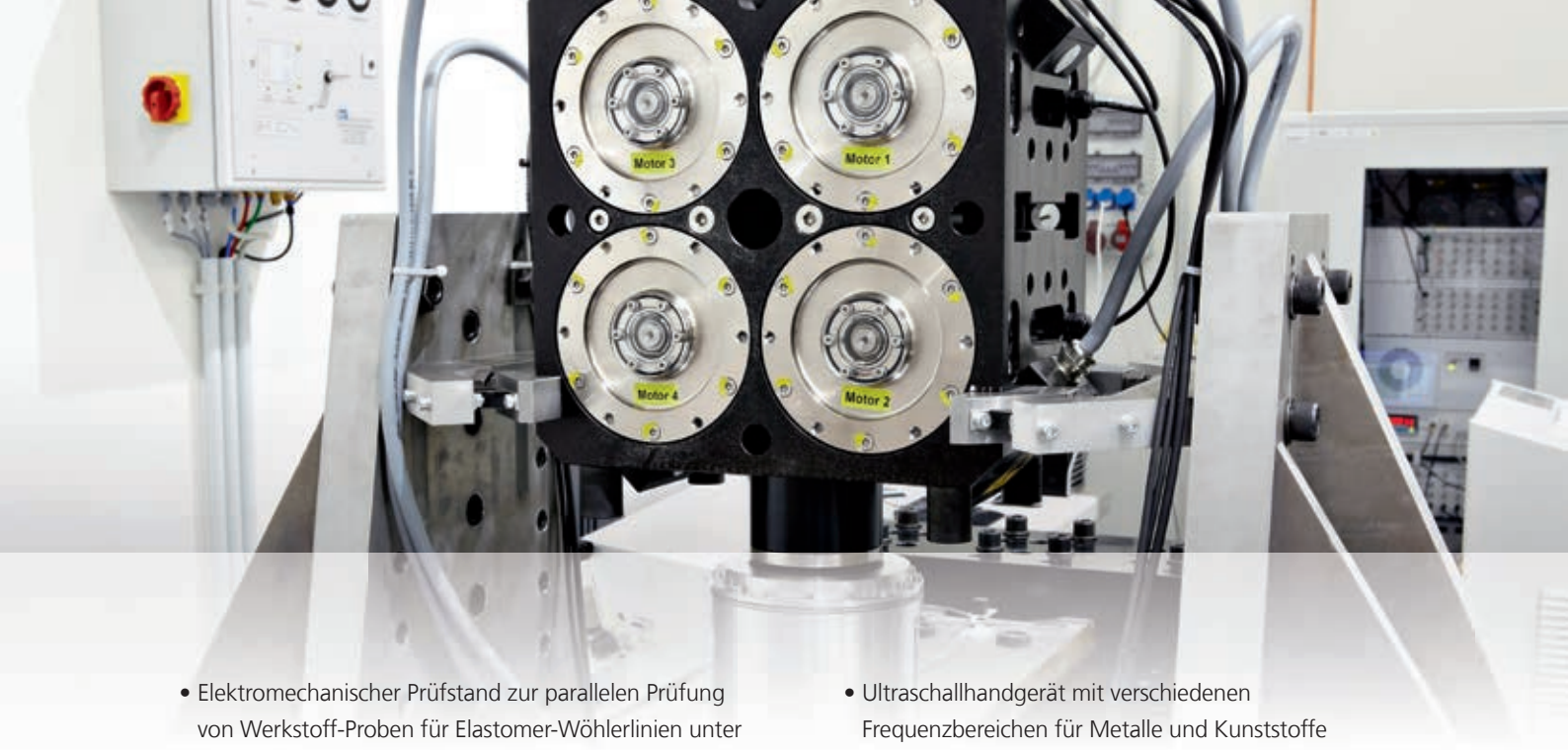
Experimentelle Versuchstechniken

Variable Versuchsaufbauten:

- Elektrodynamische rotatorische Prüfungen
- Servohydraulische Prüfzylinder für Kräfte zwischen 5 und 2500 kN und Torsionsmomente bis 64 kNm (> 200 hydraulische Prüfzylinder, 330 Kraftsensoren, Dehnungsaufnehmer)
- Diverse elektrodynamische Schwingerreger (Shaker) für Lastbereich von 20 N bis 27 kN (RKV) und einem Frequenzbereich bis 15 kHz und Beschleunigungen bis 100 g
- Innendruckversuchseinrichtungen bis 750 bar
- Versuchseinrichtung für aktive Systeme im Antriebsstrang (VaSA)
- Integration von Verbrennungsantrieben in komplexe Prüfaufbauten
- Prüfstandsdesign, Spannzeugkonstruktion und Probenherstellung nach Kundenanforderung

Stationäre Versuchsaufbauten:

- 8 Zweiaxiale Rad-/Naben-Versuchsstände für Pkw, Nutzfahrzeuge und Sonderfahrzeuge sowie Motorräder einschließlich Bremssimulation und Antriebssimulation
- Vollkinematischer Rad-Straßensimulator W/ALT (Wheel Accelerated Life Testing)
- 25-Kanal Ganzfahrzeugprüfstand für Pkw, Transporter, Elektro- und Hybridfahrzeuge
- 12-Kanal-Achsprüfstand für Betriebsfestigkeitsuntersuchungen komplexer Systeme von Pkw- und Nutzfahrzeugachsen
- Flexibel einsetzbarer 8-Kanal-Prüfstand (Nutzfahrzeuge, Militärfahrzeuge, Schienenfahrzeuge)
- Versuchsaufbau zur 2- oder 3-kanaligen Prüfung von Sattelkupplungen
- Getriebeprüfstand für Komponenten im Antriebsstrang (Antriebswellen, Gelenke, Kupplungen und Komplettgetriebe), Nenndrehmoment max. 2000 Nm, Drehzahl max. 7500 U/min
- Lagerprüfstand zur praxisnahen Prüfung von Pkw-Radlagern in der Originalbaugruppe
- Dreiaxialer Versuchsstand zur Prüfung von Pkw-Anhängerkupplungen
- Servohydraulische Säulenprüfmaschinen von 5 bis 2500 kN
- Resonanzprüfmaschinen für Prüfkräfte von 20 bis 600 kN
- Kleinlastprüfstände ab 1 N
- 3 Tension-Torsion Prüfstände
- 2 Elastomerprüfstände (1- und 3-Kanal)
- Fallgewichtsanlage bis 11000 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)
- Prüfstand zur Simulation der Performance von Motorlagern
- Prüfstand zur Charakterisierung von Piezoaktoren
- Batterieprüfzentrum mit großer Klimakammer und leistungsstarkem mehraxialen Schwingungstisch (MAST)
- Hochdynamische Prüfmaschine bis ca. 2000 Hz zur Charakterisierung von passiven und aktiven Lagern



- Elektromechanischer Prüfstand zur parallelen Prüfung von Werkstoff-Proben für Elastomer-Wöhlerlinien unter Temperaturbeanspruchung

Messtechnik:

- Kundenspezifische analoge Signalaufbereitung (Filter, Messbereichsanpassung, Temperatur- und Frequenzmessung)
- Kostengünstige, flexibel auf einen Anwendungsfall anpassbare Beschleunigungsaufnehmer
- Messdatenerfassung physikalischer Größen, Telemetrieanlagen zur Erfassung an rotierenden Systemen, Hochfrequenzanalyse
- Modulare, freiprogrammierbare Messdatenerfassung für Langzeituntersuchungen an Kundenfahrzeugen mit Abfrage per Modem
- Wärmebildkamera, z. B. zur Thermischen Spannungsanalyse (TSA) oder Lock-in Thermographie
- Bildkorrelationssystem (optische Dehnungs- und Verformungsmessung)
- Entwicklung von Sensorik, speziell an Messaufgaben des Kunden angepasst
- Abrollprüfstand für Fahrzeugräder
- Rapid Control Prototyping Systeme als Entwicklungs-umgebung für Algorithmen der Regelungstechnik und Signalverarbeitung
- 4 Pkw/Lieferwagen-Messräder RoaDyn® S650 der Firma Kistler anpassbar an verschiedene Felgengrößen und statische Radlasten
- 4 Nfz-Messräder der Firma KistlerIGel RoaDyn® S6HT mit Vertikal- und Longitudinalkraft maximal 200kN, Seitenkraft maximal 100kN, und entsprechenden Brems-/Antriebs-, Hoch- und Längsmomente an verschiedene Fahrzeuge und Konfigurationen anpassbar
- System zur Ortung von Schäden in Großstrukturen (Acoustic Emission)
- Farbeindringprüfung
- Faseroptische Dehnungsmesstechnik mit Spleissgerät und mehreren Interrogatoren

- Ultraschallhandgerät mit verschiedenen Frequenzbereichen für Metalle und Kunststoffe
- Berührungslose Messung der Dehnungsverteilung mit 3D-Kamerasystem bis 400Hz
- Optische Dehnungsregelung von Wöhlerversuchen mit Kunststoffen
- Computertomographie und Röntgenlaminographie, z. B. für große flächige Faserverbundstrukturen
- Unwuchterreger für die Simulation von Aggregaten
- Digital Video Mikroskop
- Mobiles Auswuchtsystem
- Messplatz TF-Analyzer
- Rotations-Laservibrometer für ein exzellentes Signal-Rausch-Verhältnis und einen bis zu 20000 U/min erweiterten Drehzahlbereich

Strukturschwingungen und Akustik:

- Reflexionsarmer Akustik-Messraum
- Schallpegelmesser, Messmikrofone (20kHz), 2 Mikrofonarrays
- Mehr als 50 ein- bzw. dreiachsige Beschleunigungsaufnehmer (Messbereich: 0Hz bis 20kHz)
- Impulshämmer, elektrodynamische Shaker
- Laser Scanning Vibrometer (ein- und dreidimensionale, berührungslose Schwinggeschwindigkeitsmessung)
- Ein 16-, 40- und ein 64-kanaliges System zur Erfassung und Analyse vibroakustischer Messgrößen
- Datenlogger
- LMS Test Lab und LMS Test Xpress
- Akustische Kamera zur Lokalisierung akustischer Emissionen
- Kunstkopf Messsystem für hörgerechtes erfassen akustischer Messgrößen
- Bauakustik Messsystem nach DIN Standard
- Schallintensitäts-Sonde
- Schallquellenortung mittels akustischer Holographie
- Experimentelle (EMA) und operationelle (OMA) Modalanalyse, Betriebsschwingformanalyse (ODS)
- Transferpfadanalyse



- Analyse im Zeit- und Frequenzbereich (z. B. Transferverhalten, Fourier Analyse , Terzanalyse, Torsionsschwingungen, Psychoakustik)
- Bewegungs- und Verformungsanalyse inkl. Visualisierung mit Hochgeschwindigkeitskameras

Umweltsimulation unter zyklischer Belastung:

- Klimakammern zur Trocknung; Konditionierung von Proben und Bauteilen sowie zur Simulation von Umweltbedingungen für Temperaturbereiche von -70°C bis + 350°C
- Hochtemperaturversuchseinrichtungen bis 1100°C
- Einrichtungen zur Simulation von Medieneinflüssen, wie z. B. Salz, Bremsflüssigkeit, Kraftstoffe mit Temperaturregelung bis 100°C, Wasserstoff
- Mechanische Vibrationsbelastung (Sinus, Rauschen, Schock) mit überlagerter thermischer Beanspruchung
- Simulierte Bewitterung (Ci4000 Weather-Ometer)
- Prüfkörper für Umwelteinflüsse an Kunststoffen (MultiTester und MultiWeldTester)

Sonderversuchsstände:

- Kombiniert elektrisch, mechanische Prüfung von Sensoren (z. B. DMS, FOBG) und strukturintegrierten Komponenten (z. B. Faserverbund-Sensor-Wechselwirkungen)
- Belastungseinrichtungen zur Qualifizierung multifunktionaler Materialien
- Hochdynamische Prüfanlagen für Anwendungen bis zu 1000Hz (z. B. zur Prüfung von Mikrosystemen, Charakterisierung von Elastomeren, etc.)
- Elektrische und mechanische Zuverlässigkeitsprüfung von Akkus und Elektronik-Bauteilen

Prototypen Fertigung:

- Kunststoff-Lasersinter-System EOSINTP3
- Drahterodiermaschine
- Startlochbohrmaschine
- Wasserstrahlschneidanlage
- 3D-Drucker
- Fräsmaschine Datron M8
- Reflow Ofen

Material- und Bauteilentwicklung von Kunststoffen:

Für die Entwicklung neuer und die kundenspezifische Anpassung etablierter Materialien, Werkstoffe und Bauteile verfügt das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF über flexibel nutzbare Syntheselabore, analytische Charakterisierungsmethoden und Verarbeitungstechnika.

Polymersynthese und Additiventwicklung:

- Synthesen unter verschiedensten Bedingungen vom Gramm bis zum Kilogramm-Maßstab
- Moderne Syntheseverfahren z. B. kontrollierte Polymerisation
- Oberflächenmodifizierung
- Formulierungsentwicklung

Kunststoffverarbeitung:

- Compoundierung mit Doppelschneckenextrudern von 11 bis 34 mm
- Flachfolienextrusion
- Spritzguss
- Beschichtung von Folien im Rolle-zu-Rolle-Verfahren
- Inline-Prozesskontrolle verschiedener Kunststoffverarbeitungsverfahren



Faserverbundlabor:

- Formenbau unter Nutzung von z. B. Rapid-Prototyping
- Prototypen-Fertigung
- Herstellung von Faserverbundproben mit Prepreg, Vakuuminfusion, VAP, RTM

Polymeranalytik:

- Bestimmung der chemischen Identität von Kunststoffen und Additiven
- Molekulargewichtsbestimmung- und Verteilung von Polymeren durch Größenausschlusschromatographie (GPC, SEC)
- Chemische Zusammensetzung und Funktionalitätsanalyse von Polymeren
- Mehrdimensionale Trennverfahren und Methodenkopplungen

Materialeigenschaften:

- Thermische Eigenschaften: z. B. Schmelztemperatur/ Glasübergangstemperatur durch DSC oder DMA
- Thermische Stabilität und Füllstoffgehalte von Kunststoffen durch Thermogravimetrie (TGA)
- Morphologie/Kristallinität mit Streumethoden
- Bestimmung elektrischer Eigenschaften, triboelektrische Aufladung
- Rheologie
- Brandeigenschaften von Kunststoffe

Für verschiedene, standardisierte Prüfungen (z. B. die Radprüfung im zweiaxialen Rad-/Naben-Versuchsstand) ist unser Institut akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005.

Realitätsnah simulieren

Komplementär zu unseren experimentellen Entwicklungsdienstleistungen finden Sie im Fraunhofer LBF ein umfangreiches Angebot an Simulationslösungen. Wir bieten die numerische Analyse von Systemen, ihre Optimierung und auch die Neuentwicklung von passiven und aktiven Teil- oder Gesamtsystemen.

Systemanalyse und Bewertung:

Wir beurteilen Ihre Komponenten und Systeme nach statischen, dynamischen, zyklischen und multiphysikalischen Gesichtspunkten:

- Numerische Bauteilbewertung unter Berücksichtigung der Fertigung (Urformen, Umformen, Fügen, Kerben, Eigenspannungen)
- Rechnerische Betriebslastensimulation und Lebensdauerabschätzung auf Basis simulierter und gemessener Belastungen
- Simulation inhomogener Werkstoffsysteme, z. B. Verbundwerkstoffe
- Berücksichtigung des nichtlinearen Werkstoffverhaltens
- Analyse mechanischer, elektromechanischer, thermomechanischer und vibroakustischer Systeme
- Schwingungstechnische Bewertung und Optimierung technischer Systeme Fertigungssimulation optimiert Bauteileigenschaften





Unser Know-how verbessert Ihren Entwicklungsprozess:

Wir dimensionieren Ihre Komponenten und Bauteile bedarfsgerecht:

- Topologie- und Gestaltoptimierung im Hinblick auf Funktionalität, Betriebsfestigkeit, Leichtbau und Fertigungsrestriktionen
- Lastdatenableitung, z. B. durch Mehrkörpersimulation, auch unter Verwendung domänenübergreifender Simulationen
- Entwicklung mechatronischer und adaptiver Systeme

Wir entwickeln Modelle zur realistischen Beschreibung des Werkstoff-, Bauteil- und Systemverhaltens:

- Modellierung von Komponenten (Aktoren und Sensoren) auf Basis von Funktionswerkstoffen mit elektromechanischer Kopplung (piezoelektrische Wandler, elektroaktive Elastomere, magnetorheologische Fluide, Formgedächtnislegierungen)
- Entwicklung nichtlinearer Werkstoff- und Strukturmodelle (z. B. Elastomermodelle, Verbundwerkstoffe)
- Multidisziplinäre Simulation – Kopplung von Simulationscodes
- Ordnungsreduktion von FE-Modellen für die Systemsimulation
- Identifikation von Simulationsmodellen aus Messdaten
- Überführen von Modellen in Echtzeitanwendungen
- Anpassung und Optimierung von dynamischen Simulationsmodellen zur Lastdatenbestimmung
- Auslegung von faserverstärkten Kunststoffbauteilen unter Berücksichtigung des Herstellungsprozesses
- Materialkartenentwicklung für die Kunststoffsimulation
- Aufstellen von anisotropen Steifigkeitsmatrizen über Homogenisierungsmethoden

Die Umsetzung von Vorschriften, Normen und Zulassungsbedingungen in effiziente und auf den Entwicklungsprozess abgestimmte Nachweisverfahren der Systemeigenschaften ist eine unserer Stärken. Beispiele:

- Erarbeitung kombinierter Nachweisverfahren (Versuch/ Simulation) für die Sicherheit von Bauteilen
- Ableitung von Ersatzversuchen
- Entwicklung von Methoden zur Bewertung der Betriebsfestigkeit von Metall- und Keramikbauteilen sowie von Bauteilen aus verstärkten und unverstärkten Kunststoffen

Entwicklung von Neusystemen:

Ergebnisse unserer Marktvorlauftforschung können Ihre Produkte voranbringen. Die enge Verknüpfung zur Technischen Universität Darmstadt und Beteiligung an Sonderforschungsbereichen der DFG und anderer wissenschaftlicher Großprojekte vernetzen uns mit der Grundlagenforschung auch im Bereich der numerischen Methoden. An der Schnittstelle zwischen Forschung und Umsetzung nutzen wir diese Erkenntnisse zur Unterstützung Ihrer Entwicklungsaufgaben.

Profitieren Sie auch von unseren starken Netzwerken und unserer Expertise bei der Akquisition von Fördermöglichkeiten durch EU, Bund und Land.

Mehr über unsere Angebote erfahren Sie auf den Fraunhofer LBF-Internetseiten: www.lbf.fraunhofer.de

Nehmen Sie Kontakt zu uns auf!

info@lbf.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Gesellschaft.

The 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 66 Institute und Forschungseinrichtungen. Knapp 24.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2 Milliarden Euro. Davon fallen rund 1,7 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen. Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses

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

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

www.fraunhofer.de



Fraunhofer-Verbund MATERIALS.

The Fraunhofer Materials Group.

Der Fraunhofer-Verbund MATERIALS bündelt die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft.

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik umfasst bei Fraunhofer die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Fertigungsverfahren im quasi-industriellen 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, dies über alle Skalen, vom Molekül bis zum Bauteil und zur Prozesssimulation. Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund MATERIALS den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe sowie Halbleitermaterialien ab.

Der Verbund setzt sein Know-how vor allem in den Geschäftsfeldern Energie & Umwelt, Mobilität, Gesundheit, Maschinen- & Anlagenbau, Bauen & Wohnen, Mikrosystemtechnik und Sicherheit ein. Über maßgeschneiderte Werkstoff- und Bauteilentwicklungen sowie die Bewertung des kundenspezifischen Einsatzverhaltens werden Systeminnovationen realisiert. Mit strategischen Vorschauen unterstützt der Verbund die Entwicklung von Materialien und Technologien für die Zukunft.

Ziele des Verbundes sind:

- Erhöhung von Sicherheit und Komfort sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in den Bereichen Verkehrstechnik, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen & Wohnen.
- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energieerzeugung, Energiewandlung, Energiespeicherung und -verteilung.
- 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, Recyclingkonzepte

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
- Windenergie und Energiesystemtechnik IWES

sowie als ständige Gäste die Institute für:

- Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM
- Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
- Integrierte Schaltungen IIS.

Verbundvorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner
 Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
 Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7 · 76327 Pfinztal

Stellv. Verbundvorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Peter Gumbsch, Fraunhofer IWM

Geschäftsführung:

Dr. phil. nat. Ursula Eul
 Telephone: +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.materials.fraunhofer.de



Ausgründungen und Beteiligungen des Fraunhofer LBF.

Fraunhofer LBF spin-offs.

ISYS Adaptive Solutions GmbH – Reliable tests for reliable products



Die ISYS Adaptive Solutions GmbH ist ein Spin-Off des Fraunhofer LBF aus dem Bereich Adaptronik mit Sitz in Darmstadt-Kranichstein. Kerngeschäft ist die Entwicklung und der Vertrieb von Sonderprüfmaschinen, insbesondere prüftechnische Lösungen zur höherfrequenten und hochpräzisen mechanischen Charakterisierung und Dauerprüfung von Materialproben, Klein- und Kleinstbauteilen. Unter Verwendung piezokeramischer Aktoren wurden in den letzten Jahren standardisierte Prüfmaschinen entwickelt, die auf kundenspezifische Anforderungen angepasst werden können. In Kooperation mit dem Fraunhofer LBF konnten diese Prüfmaschinen unter anderem für Untersuchungen des VHCF- (Very High Cycle Fatigue) Verhaltens optimiert werden und liefern seitdem Bauteil- und Materialkennwerte äußerster Präzision und Zuverlässigkeit. Ein neuer Geschäftszweig der ISYS Adaptive Solutions ist die Applikation von Spezial-Dehnungsmessstreifen. Auf die jeweiligen Kundenbedürfnisse angepasste Dehnungsmessstreifen werden auch in kleinster Auflage entwickelt, produziert und bei Bedarf fachgerecht appliziert. Darüber hinaus bietet die ISYS in Kooperation mit Experten des Fraunhofer LBF strukturdynamische Analysen und daraus abgeleitete Optimierungen von Prüf- und Produktionsmaschinen an.

Ansprechpartner: Dipl.-Kfm. André Neu · Telephone: +49 6151 66920-0 · info@isys-as.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 Entwicklung und Vertrieb von Spezialsoftware für die Zeitreihen- und Datenanalyse sowie den rechnerischen Betriebsfestigkeitsnachweis. Das Spin-Off befasst sich hauptsächlich mit der softwaretechnischen Umsetzung von im Fraunhofer LBF entwickelten numerischen Methoden und vertreibt diese Softwareprodukte. Als KMU ist die S&S auch erfolgreich als Projektpartner für Förder- und Forschungsprojekte in den oben genannten Kompetenzbereichen eingebunden. Ziel des Unternehmens ist es, als Partner mit breit gefächelter Kompetenz für Software und Algorithmen in der Betriebsfestigkeit die Industrie, vor allem in den Branchen Automobil-, Bahn-, Luft- und Raumfahrtindustrie, Medizintechnik, Optik und des Maschinenbaus bei Forschung und Entwicklung zu unterstützen. Unter anderem zählen folgende Unternehmen zu ihren Kunden: Accuride Wheel End Solutions (USA) | Alcoa Wheel Products Europe Ltd (Ungarn) | Audi AG | Hyundai Motor Group (Südkorea) | MAN Nutzfahrzeuge AG | Otto Fuchs Metallwerke | Dr. Ing. h. c. F. Porsche Aktiengesellschaft | Uniwheels Automotive (Germany) GmbH | Wheels India Ltd. (Indien).

Ansprechpartner: Dipl.-Kfm. André Neu · Dipl.-Ing. Rüdiger Heim · Telephone: +49 6151 96731-0 · info@s-and-s.de · www.s-and-s.de

Fluid Digital Control



Die Fludicon GmbH ist 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. Fludicon wurde 2001 als Spin-Off der Schenck AG in Darmstadt gegründet. Heute sind das Fraunhofer LBF und sein Würzburger Schwesterinstitut, das Fraunhofer ISC, an der Fludicon GmbH beteiligt. 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. Heinz Ulrich Hensgen · Telephone: +49 6151 2798-6 · kontakt@fludicon.de · www.fludicon.de

Rhein-Main Adaptronik: Eine Partnerschaft, viele Vorteile.

One partnership – many advantages.

Das Technologiennetzwerk Rhein-Main Adaptronik e.V. wurde 2007 auf Initiative des Fraunhofer LBF als eingetragener Verein in Darmstadt gegründet. Hier ist auch die Geschäftsstelle angesiedelt.

Zu den Mitgliedern gehören kleine und mittlere Betriebe sowie große Industrieunternehmen, hinzu kommen Universitäten, Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen. Der Verein bietet damit ein breites Kompetenzspektrum rund um die Adaptronik, von Materialien und Werkstofftechnik über Sensorik und Aktorik bis hin zu Prototyping und Prüftechnik, von der Grundlagenuntersuchung bis zur Anwendung.

Ziel des Rhein-Main Adaptronik e.V. ist es, Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft, die an unterschiedlichen Stellen der Wertschöpfungskette forschen, entwickeln oder anwenden, zu vernetzen und weitere Potenziale der Technologie zu erarbeiten und auszuschöpfen.

Der Verein bietet seinen Mitgliedern eine Plattform zum offenen Dialog, zum vertrauensvollen Erfahrungsaustausch und zur Initiierung und Umsetzung gemeinsamer Projekte. Darüber hinaus zählen u. a. Informationen zu Förderoptionen und Fachveranstaltungen, gemeinsame Marketingaktivitäten sowie Vermittlung von Kooperationspartnern zu den Zielen. Rhein-Main Adaptronik e.V. richtet sich vor allem an die Zielmärkte Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Aerospace und Automatisierungstechnik.

Das Zusammenführen von geeigneten Partnern wird fortgesetzt und erweitert. Perspektivisch ist eine bundesweite Ausweitung der Vereinsaktivitäten vorgesehen. Im Zuge dieser auch geografischen Ausweitung wird sich der Verein 2015 in „Kompetenznetz Adaptronik e.V.“ umbenennen.

Vorstand:

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz (Vorsitzender), Fraunhofer LBF
 Dr. Hartmut Baumgart, Adam Opel AG
 Dr. phil. nat. Ursula Eul (stv. Vorsitzende und Geschäftsführung), Fraunhofer LBF
 Telephone: +49 6151 705-262
 eul@rhein-main-adaptronik.com
www.rhein-main-adaptronik.com

Mitglieder im Netzwerk sind (Stand Dezember 2014):

- Adam Opel AG
- ContiTech Vibration Control GmbH
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
- FLUDICON GmbH
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Freudenberg Forschungsdienste KG
- Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik des DLR e.V.
- Hochschule Darmstadt
- ISYS Adaptive Solutions GmbH
- KSB Aktiengesellschaft
- LORD Germany GmbH
- Mecatronix AG
- Sparkasse Darmstadt (Fördermitglied)
- Schenck RoTec GmbH
- Technische Universität Darmstadt
- ts3 – the smart system solution gmbh



Save the Date!

6. und 7. April 2016 in Darmstadt



Allianzen und Netzwerke.

Alliances and networks.

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 hervorragende Voraussetzungen für den Aufbau von Systemleistungen und verstärkt unsere Innovationskraft für die Auslegung Ihrer Produktentwicklungen. Gleichzeitig können wir mit den Industriepartnern in den wirtschaftsnahen Netzwerken über die Prozesskette hinweg neue Entwicklungen wettbewerbsfähig und effizient gestalten. Nutzen Sie unsere umfangreichen Möglichkeiten in einem Netzwerk von Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und angewandter FuE.

Fraunhofer-Verbund
Werkstoffe, Bauteile

www.vwb.fraunhofer.de

Geschäftsführung: Dr. phil. nat. Ursula Eul

ursula.eul@lbf.fraunhofer.de

Verbandsprecher: Prof. Dr. Ing. Peter Elsner (Fraunhofer ICT)



Fraunhofer-Allianz
Hochleistungskeramik

www.hochleistungskeramik.fraunhofer.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Dr.-Ing. Klaus Lipp · klaus.lipp@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Allianz Leichtbau

www.leichtbau.fraunhofer.de

Sprecher (komm.): Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter

andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Allianz
Numerische Simulation
von Produkten und Prozessen

www.simulation.fraunhofer.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Björn Haffke · bjorn.haffke@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Allianz
Adaptronik

www.adaptronik.fraunhofer.de

Sprecher: Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

tobias.melz@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer Academy

www.academy.fraunhofer.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter

andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Allianz Verkehr

www.verkehr.fraunhofer.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

tobias.melz@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Allianz Batterien

www.batterien.fraunhofer.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Dr.-Ing. Chalid eDsoki

chalid.el.dsoki@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Allianz
autoMOBILproduktion

www.automobil.fraunhofer.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Dipl.-Ing. Ivo Krause

ivo.krause@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Innovationscluster
Technologien für den hybriden
Leichtbau »KITE hyLITE«, Karlsruhe

www.fahrzeugleichtbau.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter · andreas.bueter@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

Vorstandsvorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz
Geschäftsführung: Dr. phil. nat. U. Eul
eul@rhein-main-adaptronik.com



www.euceman.com

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz
tobias.melz@lbf.fraunhofer.de



www.materials-valley-rheinmain.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz
tobias.melz@lbf.fraunhofer.de



www.dvm-berlin.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
Dipl.-Ing. Rüdiger Heim
ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de



www.forum-elektromobilitaet.de

Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
Dipl.-Ing. Rüdiger Heim
ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de



www.earpa.org

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

Fraunhofer LBF – Zahlen und Fakten.

Fraunhofer LBF – further facts and figures.

62 x Mitarbeit in internationalen
Fachausschüssen und Gremien

Work in international expert committees and panels

96 x wissenschaftliche
Veröffentlichungen
scientific publications

29 x Vorlesungen
Lectures

67 x Akademische Abschlüsse
(Promotionen, Master, Diplomarbeiten)
Academic examinations

234 x Presseveröffentlichungen
Press releases



Detaillierte Informationen finden Sie unter:
www.lbf.fraunhofer.de/datenundfakten

Informationen zu wissenschaftlichen Veröffentlichungen 2014, Vorträgen, Vorlesungen, Promotionen, Patenten sowie unserem Engagement in Fachausschüssen bieten wir Ihnen in einem gesonderten PDF an. Sie finden es auf unserer Internetseite www.lbf.fraunhofer.de/datenundfakten. Darüber hinaus informieren wir Sie auf den Fraunhofer LBF-Webseiten auch stets über aktuelle Vorträge unserer Wissenschaftler sowie über Veranstaltungen und Messen, an denen das Fraunhofer LBF beteiligt ist.

Information regarding scientific publications released in 2014, papers, lectures, doctorates patents and our involvement in various technical committees has been consolidated in a separate pdf file, which you will find on our website www.lbf.fraunhofer.de/datenundfakten In addition, our website also provides information on the latest papers read by our scientists as well as information on ongoing events and trade shows attended by Fraunhofer LBF.



Impressum.

Imprint.



Herausgeber | Publisher

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

Telephone: +49 6151 705-0

Fax: +49 6151 705-214

info@lbf.fraunhofer.de

www.lbf.fraunhofer.de

Institutsleitung | Acting Director of Institute

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz (komm.)

Redaktion | Editor

Dr. phil. nat. Ursula Eul,
Abteilungsleiterin Strategisches Management

Koordination | Coordination

Anke Zeidler-Finsel,
Presse und Öffentlichkeitsarbeit



Koordinaten für GPS | GPS coordinates

49° 54' 13'' N

08° 40' 56'' E

Die Anfahrtsbeschreibung finden Sie im Internet unter:
www.lbf.fraunhofer.de/anfahrt

Konzeption | Conception

Dr. phil. nat. Ursula Eul, Fraunhofer LBF
innos – Sperlich GmbH, Göttingen, www.innos-sperlich.de

Design/Layout/PrePress

Gute Botschafter GmbH
Spezialisten für Positionierungsdesign
Haltern am See, Köln am Rhein, Wien an der Donau
www.gute-botschafter.de

Fotografie | Photography

Katrin Binner, Rüdiger Dunker, fotolia (Assmy, Clarini,
goodluz, Gunnar, Grafvision, kmiragaya, PictureArt),
istockphoto (koi88), LBF-Archiv, Jürgen Mai, MEV Verlag
GmbH, Felix Krumbholz, Roland Platz, Ursula Raapke

Druck | Printing

gutenberg beuys gesellschaft für digital-
und printmedien mbh, feindruckerei, Hannover
www.feindruckerei.de

ISSN

1864-0958

© Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und
Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt, März 2015

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

Kuratorium.

Board of Trustees.

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

Dr. Hartmut Baumgart (Vorsitzender)
Adam Opel AG, Rüsselsheim

Dr.-Ing. Peter Klose
Klose Engineering GbR, Hardthausen

Dr.-Ing. Gerold Bremer
Volkswagen AG, Wolfsburg

Dr. Ulrike Mattig
Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Wiesbaden

Dr.-Ing. Mathias Glasmacher
Diehl Stiftung & Co. KG, Nürnberg

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

Dr. Arbogast M. Grunau
Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Herzogenaurach

Prof. Dr.-Ing. Matthias Oechsner
Technische Universität Darmstadt, Darmstadt

Dr.-Ing. Frank Höller
Carl Zeiss AG, Oberkochen

Hermann Riehl
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn

Dr.-Ing. Ferdinand Hollmann
Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn

Dr.-Ing. Oliver Schlicht
Audi AG, Ingolstadt

Dr. Stefan Kienzle
Daimler AG, Ulm

Edgar Westermair
Bayerische Motorenwerke AG, München

Dr. Patrick Kim
Bayerische Motorenwerke 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.

