

 **SCHWINGUNGSTECHNIK**
VIBRATION TECHNOLOGY

 **LEICHTBAU**
LIGHTWEIGHT DESIGN

 **ZUVERLÄSSIGKEIT** **RELIABILITY**

 **POLYMERTECHNIK**
POLYMER TECHNOLOGY



In einer wissensbasierten Welt gewinnt die **additive Zusammenarbeit** in Expertennetzwerken entscheidend an Bedeutung. Deshalb setzt das Fraunhofer LBF auf einen **dialogbasierten, kooperativen Austausch mit starken Partnern**. Aus diesen Kooperationen entstanden auch 2016 wieder großartige Projekte.




LEICHTBAU
LIGHTWEIGHT DESIGN



ZUVERLÄSSIGKEIT
RELIABILITY



SCHWINGUNGSTECHNIK
VIBRATION TECHNOLOGY



POLYMERTECHNIK
POLYMER TECHNOLOGY



Inhalt

EINBLICKE

- 6 Vorwort der Institutsleitung.
- 10 Das Fraunhofer LBF in Zahlen.
- 12 Das Fraunhofer LBF im Profil.
- 16 Geschäftsfelder.
- 18 Forschung mit System.
- 20 Leistungen.
- 30 Forschungsbereiche.
- 36 Das LBF Management Team.
- 38 Kuratorium.
- 40 Partner 2016.

FORSCHUNG MIT SYSTEM!

Schwingungstechnik

- 46 Flexible mechanische Schnittstellen unterstützen den Entwicklungsprozess.
- 48 Hochfrequenzprüftechnik: Vibrationen und Lärm minimieren.
- 50 NVH-Optimierung eines innovativen generator-elektrischen Antriebs.
- 52 Aktive Elastomerlager sorgen für vibrationsarme Lagerung.
- 54 Innovative inäquidistante Verzahnung zur Geräuschminderung an Zahnradgetrieben.
- 56 Potenzial von In-the-Loop-Technologien lückenlos nutzen.
- 58 Rotational energy harvesting vibration absorber integrated in power sources.

Leichtbau

- 62 Strukturüberwachung eines Flugzeugsrumpfabschnitts aus Kohlenstofffaser.
- 64 Faserverbund-Hinterachse mit Leichtbaupotenzial.
- 66 Fahrwerkskomponenten aus Faserverbund – Querlenker mit Leichtbaupotenzial und Funktionsintegration.
- 68 CT-Analyse von Werkstoffen unter Last.
- 70 Makroskopische Anrissüberwachung.
- 72 Einfluss von Umweltbelastungen auf Sicherheitsbauteile.

Zuverlässigkeit

- 76 Innovatives Prüfkonzept zur Erprobung von Schneid-Klemmverbindungen.
- 78 Korrosionsermüdungsverhalten in biogenen Kraftstoffen.
- 80 Smarte Lebensdauerprüfung für Elastomerwerkstoffe.
- 82 Schwingfestigkeit EMPT gefügter Rohrstrukturen aus Al eines urbanen Elektrofahrzeugs.
- 84 Neue Methoden zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Leistungselektronik.
- 86 Elektromobilität – Wasserstoffantrieb in Fahrzeugen der nächsten Generation.
- 88 Elektrofahrzeuge: Multiphysikalisches Prüfverfahren senkt Entwicklungskosten für Batteriesysteme.
- 90 Höhere Qualität von numerisch ermittelten Fahrwerkslasten.
- 92 Numerische Bestimmung von Lasten und Spannungen an einer Achterbahn.

Polymertechnik

- 96 Analytische Charakterisierung von Haftvermittlern mittels Flüssigkeitschromatographie.
- 98 Eine Toolbox zur Verfolgung der Härtung von Reaktionsharzen.
- 100 Biobasierter Flammenschutz für Kunststoffe.
- 102 Intelligente Überwachung von Industrieprozessen 4.0
- 104 Seriennahe Fertigung adaptiver Systeme für anspruchsvolle Einsatzbedingungen.

PERSPEKTIVEN UND NETZWERKE

- 108 Erfolgreiche Evaluation des Bereichs »Kunststoffe«.
- 110 Projektbereich Systemzuverlässigkeit.
- 112 Das assoziierte Fachgebiet SAM.
- 113 Kompetenznetz Adaptronik.
- 114 4SMARTS – Symposium für Smarte Strukturen und Systeme.
- 116 Die Fraunhofer-Gesellschaft.
- 117 Fraunhofer-Verbund MATERIALS.
- 118 Allianzen und Netzwerke.

LABOREINRICHTUNG UND PRÜFLEISTUNGEN

Index

INSIGHTS

- 8 Directos preface.
- 10 Fraunhofer LBF in numbers.
- 14 Profile Fraunhofer LBF.
- 16 Business Areas.
- 19 Systematic Research.
- 20 Services.
- 30 Research Divisions.
- 36 LBF Management Team.
- 38 Board of Trustees.
- 40 Partner 2016.

SYSTEMATIC RESEARCH!

Vibration Technology

- 46 Flexible mechanical interfaces support the development process.
- 48 High frequency testing technology: Minimizing vibration and noise.
- 50 NVH-optimization of an innovative generator-electric drive.
- 52 Active elastomer mounts guarantee low vibrations.
- 54 Innovative inequidistant gearing used to reduce gear noise.
- 56 Exploit the full potential of In-the-Loop technologies.
- 58 Rotational energy harvesting vibration absorber integrated in power sources.

Lightweight Design

- 62 Structural health monitoring of a carbon fiber aircraft fuselage section.
- 64 Chassis components in fiber-reinforced composite – rear axle with potential for lightweight construction.
- 66 Fahrwerkskomponenten aus Faserverbund – Querlenker mit Leichtbaupotenzial und Funktionsintegration.
- 68 CT-analysis of materials under load.
- 70 Macroscopic incipient crack monitoring.
- 72 Impact of environmental pollution on safety components.

Reliability

- 76 Innovative test system for the fatigue analyse of insulation displacement connectors.
- 78 Corrosion fatigue of steel in contact with biofuel.
- 80 Smart fatigue life test for elastomeric materials.
- 82 Fatigue behavior of Al tubular joints for an electric urban vehicle applying the ElectroMagnetic Puls Technology.
- 84 Reliability and safety assessment of power electronics.
- 86 Electromobility – Hydrogen-power in vehicles of the next generation.
- 88 Electric vehicles: Multiphysical test procedure cuts development costs for battery systems.
- 90 Higher quality of numerically computed suspension loads.
- 92 Numerical determination of load and stress on a roller coaster.

Polymer Technology

- 96 Analytical characterization of compatibilizers by liquid chromatography.
- 98 A Toolbox for Cure Monitoring of Thermosets.
- 100 Bio-based flame retardants for polymers.
- 102 Smart monitoring of modern industrial processes 4.0
- 104 Near-series production of adaptiv systems for demanding operating conditions.

PROSPECTS AND NETWORKS

- 108 Successful evaluation of the »Plastics« Division.
- 110 System Reliability Project Area.
- 112 Associated research group SAM.
- 113 One partnership – many advantages.
- 114 4SMARTS-Conference.
- 116 The Fraunhofer Gesellschaft.
- 117 The Fraunhofer Group MATERIALS.
- 118 Alliances and networks.

LABORATORY EQUIPMENT AND TESTING FACILITIES

»Forschung mit Experten!«



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

die Mission der Fraunhofer-Gesellschaft ist die anwendungsorientierte Forschung. Wir richten unsere Kapazitäten auf die Lösung von heutigen und zukünftigen Bedürfnissen von Mensch, Umwelt und Gesellschaft. Schwerpunkte liegen in den Disziplinen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Mobilität, Energie und Umwelt. Auch das Fraunhofer LBF arbeitet, besonders industrienah, in diesen Feldern – insbesondere mit Fragestellungen der Zuverlässigkeit, der Schwingungstechnik, dem Leichtbau und auch der Polymertechnik. In seiner annähernd 80-jährigen Geschichte hat sich das LBF bis heute als eine in Qualität, Anwendungsorientierung und Methodenkompetenz weltweit führende Forschungsstelle für die lebensdauerorientierte, sichere Gestaltung von Leichtbaustrukturen etabliert. Wir erarbeiten marktorientierte Lösungen für unsere Kunden; schwerpunktmäßig in den Branchen Automotive und Verkehr, Maschinen- und Anlagenbau sowie Chemie.

Heute verändern die zunehmenden Möglichkeiten der Digitalisierung alle Produktphasen, von der Forschung, über die Entwicklung hin zur Realisierung und Nutzung. Dabei erlaubt die digitale Transformation völlig neue Lösungskonzepte und Geschäftsmodelle für den gesamten Produktlebenszyklus, die die reale, physikalische mit der virtuellen, digitalen Welt immer enger verknüpfen. Eine außerordentlich spannende Zeit! Gleichzeitig steigt die zu beherrschende Produktkomplexität sowie der Bedarf nach interdisziplinär und zunehmend verteilt zusammenarbeitenden Entwicklungsteams. Zudem verändert sich die Wettbewerbssituation durch drastisch günstigere oder neue Werkzeuge zur Entwicklung bis hin zur Fertigung. Dies bietet Chancen wie Risiken – auch für völlig neue Wettbewerber.

Um hier im internationalen Wettbewerb zu bestehen, ist ein neues Maß an Effizienz, Agilität und Kreativität erforderlich, um schnell qualitativ erstklassige Produkte erfolgreich an den Markt zu bringen. Dies setzt eine virtuelle Produktentwicklung voraus, die belastbare Entscheidungen schon in frühen

Entwicklungsphasen ermöglicht. Umfassende Kenntnisse über die Produktlebensphasen sind dafür erforderlich.

Am Fraunhofer LBF liegen mit seiner langjährigen Erfahrung intensiver, industrienaher Forschung entsprechende Kenntnisse vor. Zudem entwickeln wir bereits seit mehr als 15 Jahren mit Hilfe der virtuellen Produktentwicklung systematisch Lösungen zur Funktionsintegration, der Mechatronik und Adaptronik sowie zur Betriebsfestigkeitsbewertung.

Innovationen entstehen durch Vernetzung von Schnittstellen

Innovationen erfordern kreative Lösungen an den Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Disziplinen. Wir am Fraunhofer LBF greifen auf ein hoch interdisziplinäres Team zurück und haben daher ein sehr breites Wissen, um komplexe Probleme flexibel zu meistern.

Das haben wir zuletzt im großen Stil mit der erfolgreichen Integration des ehemaligen Deutschen Kunststoffinstituts DKI als nunmehr Forschungsbereich Kunststoffe bewiesen. Unsere Gutachter haben das, nach einer fünfjährigen Transformationsphase im letzten November, bei der abschließenden Evaluation uneingeschränkt bestätigt und die einzigartige Wertschöpfungskette vom Material bis zum System hervorgehoben: Das Innovations- und Wertschöpfungspotenzial des Instituts wurde um Inhalte der makromolekularen Chemie, der Polymeradditivierung und -synthese, der Materialanalytik sowie der Kunststoffverarbeitung gezielt erweitert. Erkenntnisse aus der Bauteilbewertung können nun auf den Werkstoff zurückgeführt werden.

Das Fraunhofer LBF arbeitet seit langem interdisziplinär und produziert sichere technische Innovationen. Hierbei hilft uns auch unsere enge Verbindung zur Technischen Universität Darmstadt, zu weiteren wissenschaftlichen Partnern sowie insbesondere zu unseren Kunden aus der Wirtschaft. Unsere eigene Innovationsfähigkeit werden wir zukünftig durch den systematischen Aufbau eines LBF-Innovationsmanagements für Sie ausbauen.

»Research with Experts!«

Zwei Beispiele, wie wir Sie beraten können

Im Themenumfeld »Elastomere« beschäftigen sich fachübergreifende LBF-Expertenteams mit der Produktoptimierung elastischer Lagerungen. Dabei erfolgt auf Basis technischer Anforderungen eine angepasste Materialformulierung. Die Materialeigenschaften werden experimentell verifiziert, daraus ein optimales Bauteil abgeleitet und dieses abschließend bezüglich der Eigenschaften und Sicherheit bewertet. Auf Seite 52 können Sie mehr dazu lesen.

In der »Additiven Fertigung« treffen wir bisher unbeantwortete Aussagen zu Eigenschaften und zur Zuverlässigkeit. Wesentliche Bedeutung hat hierbei die betriebsfeste Auslegung 3D-gefertigter Bauteile. Hier beantworten wir einen zunehmenden Marktbedarf, um neue Leichtbaupotenziale und wirtschaftliche Vorteile nutzen zu können.

Gemeinsam Lösungen finden – fordern Sie uns!

In diesem Jahresrückblick 2016 finden Sie erneut viele spannende Themen, die unsere gemeinsamen Erfolge mit unseren Auftraggebern und Geschäftspartnern belegen.

Ein wesentlicher Aspekt: Als neutraler Partner in der Entwicklung auch komplexer Systeme stehen wir Ihnen als FuE-Berater entlang einer nunmehr sehr breiten Entwicklungs- und Wertschöpfungskette zur Seite und beraten Sie bei einer kundenoptimalen Lösung. In unseren Projekten arbeiten wir mit einer Vielzahl von eigenen und externen Experten zusammen und managen häufig interdisziplinäre Expertenteams, die für einen erfolgreichen Fortschritt in Großprojekten immer wichtiger werden. Gerne bringen wir auch Sie mit Partnern zusammen und beraten Sie in Ihren Innovationsvorhaben – von der ersten Idee bis zur Marktreife.



Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

Ladies and Gentlemen,
Customers and Partners of Fraunhofer LBF,

The Fraunhofer-Gesellschaft's mission is applied research. We focus our resources on solving the current and future needs of people, the environment and society. We turn the spotlight on the disciplines of health, safety, communication, mobility, energy and the environment. Fraunhofer LBF's work in these fields is very industry-oriented, dealing in particular with issues of reliability, vibration technology, lightweight construction and polymer technology. So far in its almost 80-year history, the LBF has established itself as a world leading research center in quality, application orientation and method expertise for the lifetime-related, safe design of lightweight structures. We develop market-oriented solutions for our clients; mainly in the automotive and transport, machinery and plant construction, and chemical industries.

The increasing possibilities of digitization are currently bringing about change in all product phases from research and development to implementation and utilization. This digital transformation gives rise to completely new solutions and business models for the entire product life cycle, linking the real, physical world ever more closely with the virtual, digital world. Exciting times indeed! At the same time, the product complexity to be mastered is growing, as is the demand for development teams that are interdisciplinary and increasingly able to collaborate on a distributed basis. The competitive situation is also undergoing change due to dramatically less expensive new tools for everything from research to production. This opens up both risks and opportunities, even for completely new competitors.

A new level of efficiency, agility and creativity is required to bring top quality products successfully to the market and ensure survival in international competition. This requires

virtual product development which facilitates reliable decisions even in the early phases of development. It also necessitates extensive knowledge of the product life phases.

Such knowledge is readily available at Fraunhofer LBF with its many years of experience in intensive, industry-related research. With the help of virtual product development, we have already been systematically developing solutions for functional integration, mechatronics, adaptronics, and structural durability assessment for more than 15 years.

Innovations are generated by networking interfaces

Innovations demand creative solutions at the interfaces between different disciplines. We at Fraunhofer LBF rely on a highly interdisciplinary team and therefore have a very wide range of knowledge for flexibly mastering complex issues.

We recently demonstrated this in a big way by successfully integrating the former German Plastics Institute (DKI) to become our current Plastics Research Division. After a five-year transformation phase, our experts confirmed this unreservedly at the final evaluation last November, and highlighted the unique added value chain which extends from materials to systems. The Institute's potential for innovation and value creation has been boosted by content from macromolecular chemistry, polymer addition and synthesis, materials analysis and plastics processing. Knowledge gained from the fatigue life analysis of components can now be traced back to the material.

Fraunhofer LBF has been following an interdisciplinary approach to work for a long time and produces safe technical innovations. We are helped in this by our close connections with the Technische Universität Darmstadt, other scientific partners and particularly our commercial customers. In future we will expand our own ability to innovate for you by systematically developing an LBF innovation management system.

Two examples of how we can advise you

In the field of »Elastomers«, multidisciplinary teams of LBF experts are working on the product optimization of elastic bearings. Technical requirements are used as the basis for adapting a material formulation. The material properties are verified experimentally, an optimum component is derived as a result, and finally it is assessed with regard to these properties and safety. You can read more about this on page 52.

In »Additive Manufacturing«, we provide answers to previously unanswered questions regarding properties and reliability. The structurally durable design of components produced by 3D printing is hugely important. Here we are answering a growing market demand for using the potential of new lightweight construction and cost-efficiency advantages.

Finding solutions together – challenge us!

Once again this Annual Review 2016 is packed with exciting topics that showcase our joint successes with our clients and business associates.

One essential aspect is that as a neutral partner in the development of complex systems, we are by your side as R&D consultants along what is now a very broad chain of development and added value, and will advise you on customer-optimized solutions. In our projects, we collaborate with a large number of our own and external experts and frequently manage teams of interdisciplinary experts who are increasingly important to successful progress in large-scale projects. We are also very happy to match you with partners and advise you during your innovation project from initial idea to market maturity.



Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

Das Fraunhofer LBF in Zahlen.

Fraunhofer LBF in numbers.

Betriebshaushalt | Operational budget [T €] 2016

Aufwand Betriebshaushalt 27.738

Erträge Betrieb | Income of operation

Bearbeitung von Aufträgen aus der Industrie 15.285

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für Wirtschaftsverbände 1.535

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für die EU 1.660

Bearbeitung von Forschungsaufgaben für Bund/Länder 2.449

Institutionelle Förderung des BMBF und der Länder zum Betriebshaushalt 3.937

Anschubfinanzierung Land Hessen 1.287

Interne Programme 929

sowie sonstige Erträge 656

Summe | total 27.738

Investitionen | Investments

aus der institutionellen Förderung des BMBF und der Länder 830

aus Vertragsforschungsvorhaben 408

Summe | total 1.238

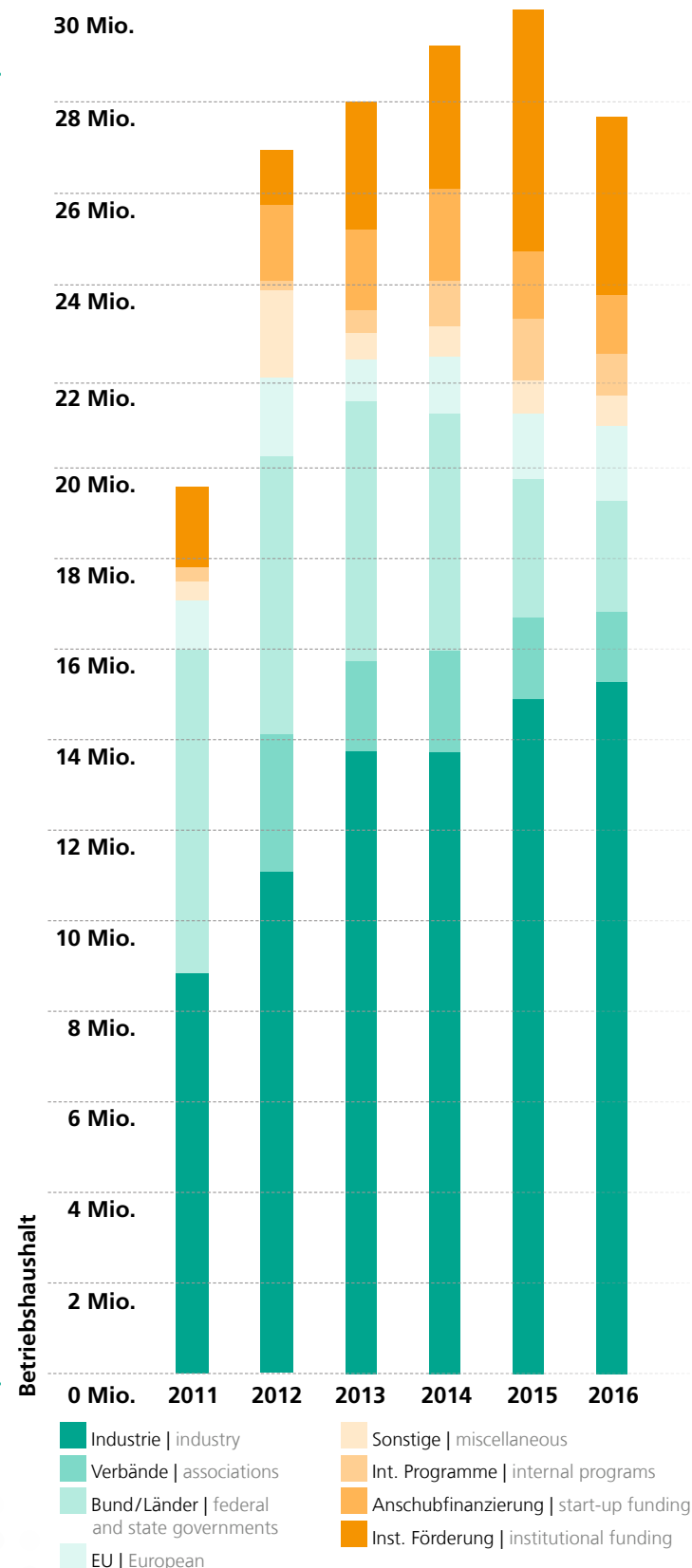
Personal

2016 waren am Institut insgesamt 385 Mitarbeiter beschäftigt (inkl. Hiwis, Azubis, Praktikanten, Diplomanden und Leiharbeiter). Zusätzlich waren 66 Mitarbeiter am assoziierten Lehrstuhl SAM der TU Darmstadt tätig.

Personnel

In 2016 the institute had 385 employees (including research assistants, apprentices, trainees, graduate students and borrowed workers). In addition 66 persons were employed by the Technical University Darmstadt (all numbers refer to persons).

Status: 30.03.2017



Informationen zu wissenschaftlichen Veröffentlichungen 2016, 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 2016, 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.

71 x Mitarbeit in internationalen Fachausschüssen und Gremien
Work in international expert committees and panels

26 x Vorlesungen
Lectures

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

441 x Presseerwähnungen
Media coverages

91 x Wissenschaftliche Veröffentlichungen
Scientific publications



Weitere Informationen unter:
www.lbf.fraunhofer.de/jahresberichte



Forschung mit Experten!

Etwa 400 Mitarbeiter, Experten und Fachkräfte unterschiedlicher Disziplinen bringen am Fraunhofer LBF und dem assoziierten Fachgebiet Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM an der TU Darmstadt gemeinschaftlich ihr Know-how in die interdisziplinäre Projektarbeit und fortschrittliche 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 ausgeprägte System- und Wertschöpfungsverständnis der LBF-Wissenschaftler.

Das Team des Fraunhofer LBF erbringt 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 Sie, für jeden einzelnen Kunden. Speziell im Leistungsfeld Polymertechnik kann das Institut mit der Polymersynthese und umfassender Materialcharakterisierung bereits in einer besonders frühen Stufe der Wertschöpfung unterstützen.

Für wen wir arbeiten

Über sein 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. 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 die Brücke zwischen Wissenschaft und industrieller Anwendung – regional, national und international.

Die operative Arbeit wird durch kontinuierliche Analysen zur Kundenzufriedenheit der kritischen Prüfung unterzogen. Das Managementsystem des Fraunhofer LBF ist nach DIN ISO EN 9001:2008 zertifiziert, das Prüflabor nach den Anforderungen der DIN ISO-IEC 17025:2005 akkreditiert. Auf der Basis einer immer wieder attestierten hohen Leistungsqualität erfreut sich das Institut einer außerordentlich hohen Kundentreue, über Jahrzehnte hinweg.

Wie wir die Zukunft gestalten

In enger Zusammenarbeit mit dem assoziierten Fachgebiet SAM 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,

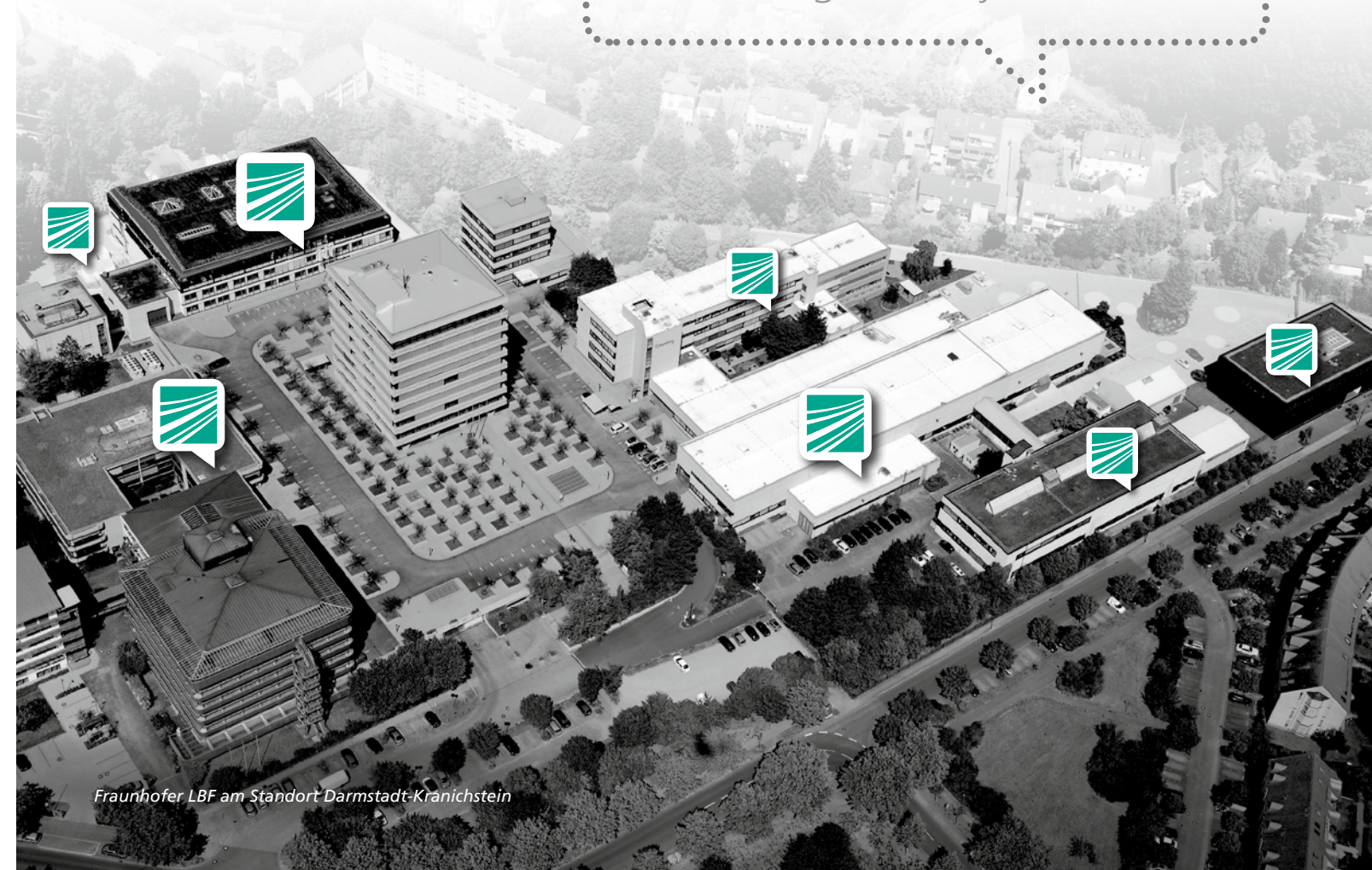
die Adaptronik und die Kunststofftechnik werden mit hoher Innovationskraft und großer Dynamik sowohl in der Tiefe als auch in der Breite weiter entwickelt. Das Institut fasst seinen Zukunftsplan in ein regelmäßig aktualisiertes Strategiedokument und lässt dieses durch externe Gutachter überprüfen und 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 unser 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.

»Schwingungstechnik, Leichtbau, Zuverlässigkeit, Polymertechnik«



Fraunhofer LBF am Standort Darmstadt-Kranichstein



Building Division Plastics
(Schlossgartenstr.)



Building Division
Smart Structures



Fraunhofer Transfer
Center for Adaptronics



Center for System Reliability/
Electric Mobility – ZSZ-e

Research with Experts

About 400 employees, experts and specialists from different disciplines put their collective expertise into interdisciplinary project work and advanced R&D services at the Fraunhofer LBF and the associated specialist field of System Reliability, Smart Structures 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 and SMEs, with partners from industry and from science. The LBF scientists have an excellent understanding of systems and value creation which is based not least on this pronounced experience.

The Institute's team provides services along the entire value 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 Design, Reliability and Polymer Technology** and includes solutions ranging from product design to verification – customized for you, 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.

For whom we work

The Fraunhofer LBF reaches a large number of different markets via its portfolio of skills and services. The institute's customers originate 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, construction, electronics and electrical engineering as well as other industries.

The institute's scientists and engineers see themselves as active participants who guide their customers' innovation process. They act as reliable partners in product development, analyze complex problems, develop, evaluate and implement customized solutions 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 active 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 the link between science and industrial application – regionally, nationally and globally.

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 9001:2008, the testing laboratory is accredited in accordance with the requirements of DIN ISO-IEC 17025:2005. Based on the frequently attested high level performance, the institute enjoys an extraordinary level of customer loyalty which extends over decades.

How we shaping the future

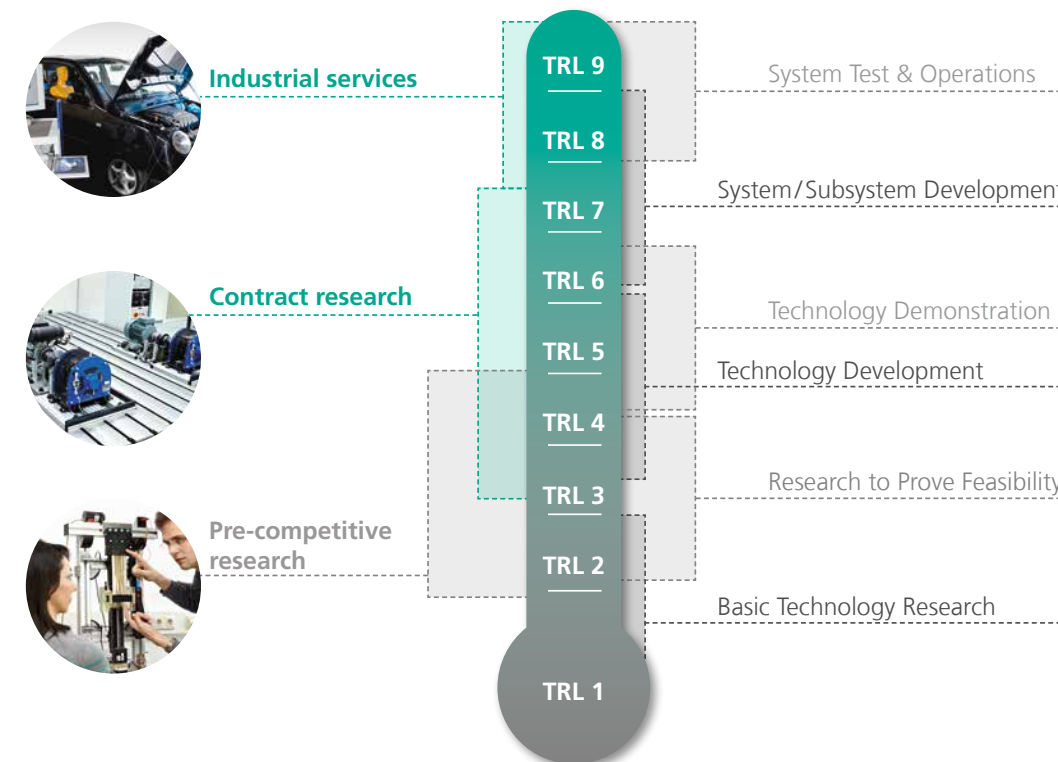
In close cooperation with the associated department at the TU Darmstadt, the Fraunhofer LBF picks up future-oriented

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. Numerical and experimental Structural Durability, System Reliability, Smart Structures and Plastics Technology have been further developed 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.



Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer LBF ist auf unterschiedlichen TRL-Niveaus möglich. Corporation with Fraunhofer LBF is feasible at different Technology Readiness Levels (TRL).

Mitten im Markt.

In the middle of the market.

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 auch mit spezieller Prüftechnik im Zentrum für Systemzuverlässigkeit/Elektromobilität ZSZ-e Rechnung.

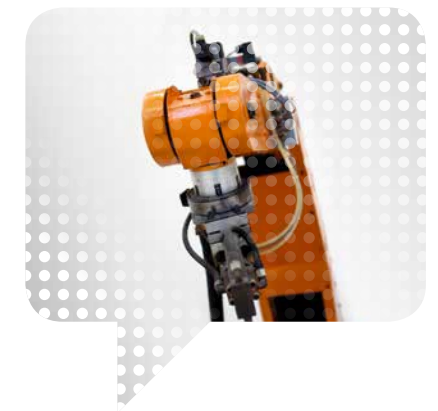
The Fraunhofer LBF supports the product development process among OEMs and suppliers with a range of integrated R&D services. They apply to both conventional and electrically driven vehicles. From the analysis of driving conditions and derivation of relevant requirements for the design of components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



AUTOMOTIVE – Pkw, Nfz und Sonderfahrzeuge
AUTOMOTIVE – Cars, commercial vehicles and special vehicles

Die Maschinentechnik 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.



MASCHINEN- UND ANLAGENBAU
MACHINE AND PLANT ENGINEERING



TRANSPORT – Luft- und Raumfahrt, Schiffbau, schienengebundene Fahrzeuge
TRANSPORT – Aviation and aerospace, shipbuilding, rail vehicles

Die Reduktion von Lärm- und Emissionsbelastungen für 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.



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.



»Forschung mit System,
Entwicklung mit Leidenschaft!«



Contact

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

Gemeinsam mit Ihnen, sehr geehrte Kunden, Partner und Freunde des Fraunhofer LBF, stehen wir mitten im Markt!

Dies zeigt sich nicht zuletzt in dem hohen Stellenwert, den Projekte aus der Wirtschaft in unserem Ertragsmix traditionell – und im zurückliegenden Geschäftsjahr besonders ausgeprägt – einnehmen. Unser Engagement gilt Ihrem Erfolg. Ihre Zufriedenheit gilt uns als Erfolgsindikator.

Daher freuen wir uns natürlich sehr, dass unsere Kunden uns im Jahr 2016 im Rahmen der turnusmäßigen Kundenzufriedenheitsanalyse hinsichtlich der Zusammenarbeit und Kommunikation Allzeit-Bestnoten geben konnten. Dieses Niveau zu halten und im Einzelfall weiter zu verbessern ist uns Ansporn und Herausforderung zugleich.

Dafür arbeiten die Naturwissenschaftler und Ingenieure des Fraunhofer LBF engagiert mit Ihnen in interdisziplinären Expertennetzwerken zusammen. Im Dialog mit Ihnen entstehen unmittelbar anwendungsnahe, fortschrittliche Strukturösungen in den Leistungsfeldern **Schwingungstechnik, Leichtbau, Zuverlässigkeit und Polymertechnik** für Sie. Es ist unser Anliegen, stets kompetenter Entwicklungspartner an Ihrer Seite zu sein. Die Projektbeispiele im vorliegenden Bericht mögen Ihnen einige Eindrücke geben und zur Diskussion anregen.

Damit wir durch unsere Arbeit auch in Zukunft den größtmöglichen Nutzen für Sie erreichen können, analysieren wir im Rahmen des **Technologiemarketings** aktuelle Entwicklungen und Zukunftstrends in unseren Zielmärkten. Im engen Schulterschluss mit unserem neu geschaffenen **Innovationsmanagement** entwickeln wir Prozesse und Instrumente, die es ermöglichen das Kreativpotenzial unserer Wissenschaftler noch besser zu fördern, es mit Blick auf künftige Technologie-

schwerpunkte zu heben und effizient für relevante Zukunftsthemen zu bündeln. Eng gekoppelt mit unserem langjährig etablierten **Wissenschaftsmanagement** gewinnen wir so von innen wie von außen kontinuierlich Impulse für unsere langfristige Forschungsplanung. Mit der direkten Verknüpfung von Wissenschaftsmanagement, Innovationsmanagement und Technologiemarketing wird die kooperative Portfolio-, Kompetenz- und Strategieentwicklung im Fraunhofer LBF systematisch unterstützt. – Damit Sie uns auch in Zukunft Bestnoten für unsere Leistungen geben können!

Nutzen Sie für Ihre Forschungsprojekte gemeinsam mit uns auch unsere nationalen und internationalen **Partnernetzwerke**. Gerne konzipieren und formulieren wir Forschungsförderanträge gemeinsam mit Ihnen und unterstützen beim Aufbau der passenden Forschungskonsortien.

Nennen Sie uns Ihr Arbeits- oder Interessensgebiet! Wir informieren und beraten Sie Ihren individuellen Bedarfen entsprechend und laden Sie zu vertiefenden Gesprächen gerne in unser Institut ein. Wir freuen uns auf den kooperativen Dialog mit Ihnen.

Darmstadt, im April 2017

Dr. Ursula Eul
Leiterin Strategisches Management

»Systematic research,
passionate development.«

Together with you, valued clients, partners and friends of Fraunhofer LBF, we are in the center of the marketplace!

This is reflected not least by the priority traditionally given in our earnings mix to projects with the business sector – a priority which was particularly marked in the past financial year. Our commitment is directed at your success. We see your satisfaction as an indicator of our success.

So of course, we are very pleased indeed that, as part of the regular customer satisfaction survey, our clients gave us the best ever marks for cooperation and communication in 2016. Maintaining this level, and even improving it in individual cases, is both an incentive and a challenge for us.

The scientists and engineers at Fraunhofer LBF are committed to working with you in interdisciplinary expert networks. By keeping up a continuous dialogue, we are able to create direct application-oriented, advanced structural solutions for you in the fields of **vibration technology, lightweight construction, reliability and polymer technology**. Our wish is to be at your side as a competent development partner at all times. Hopefully, the examples of projects illustrated in this report will provide you with some ideas and stimulate discussion.

As part of **technology marketing**, one of our tasks is to analyze current developments and future trends in our target markets so that we can achieve maximum benefit for you through our work in the future. In close collaboration with our recently launched **innovation management**,

we develop processes and tools which help to foster and encourage the creative potential of our scientists, to boost it with a view to future technology priorities and to pool it efficiently for relevant issues in the future. By linking it tightly to our long-established **knowledge management**, we thus obtain a constant stream of incentives for our long-term research planning from both inside and outside. The cooperative development of portfolio, skills and strategy is systematically supported at Fraunhofer LBF by directly linking knowledge management, innovation management and technology marketing so that you can give us top marks for our services in the future too.

Join us in utilizing our national and international **partner networks** for your research projects. We will be happy to design and formulate research funding applications with you and will also help you build the appropriate research consortia.

Simply tell us about your areas of work and interests. We will send you information and provide you with advice relevant to your requirements, and will also invite you to further detailed discussions at our Institute. We look forward to collaborating with you.

Darmstadt, April 2017

Dr. Ursula Eul
Head of Strategic Management



Schwingungstechnik mit System.

Systematic vibration technology.



Strukturdynamik und Schwingungstechnik

Dr.-Ing. S. Herold
sven.herold@lbf.fraunhofer.de

Zentrum für Systemzuverlässigkeit/ Elektromobilität ZSZ-e

Dipl.-Ing. R. Zinke
ruediger.zinke@lbf.fraunhofer.de

Baugruppen und Systeme

Dipl.-Ing. M. Wallmichrath
marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de

SCHWINGUNGSTECHNIK VIBRATION TECHNOLOGY

Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung

Dr.-Ing. C. Beinert
christian.beinert@lbf.fraunhofer.de

Experimentelle Analyse und Elektromechnik

Dipl.-Ing. M. Matthias
michael.matthias@lbf.fraunhofer.de

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 steht häufig die Sicherstellung von Funktion und Effizienz unter definierten Randbedingungen (**mehr dazu ab S. 45**).

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 45**).

Leichtbau mit System.

Systematic lightweight design.



Werkstoffe und Bauteile

Dr.-Ing. H. Kaufmann
heinz.kaufmann@lbf.fraunhofer.de

Strukturdynamik und Schwingungstechnik

Dr.-Ing. S. Herold
sven.herold@lbf.fraunhofer.de

Baugruppen und Systeme

Dipl.-Ing. M. Wallmichrath
marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de

LEICHTBAU LIGHTWEIGHT DESIGN

Polymersynthese

Prof. Dr. rer. nat. habil. M. Döring
manfred.doering@lbf.fraunhofer.de

Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau

Prof. Dr.-Ing. A. Büter
andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de

Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung

Dr.-Ing. C. Beinert
christian.beinert@lbf.fraunhofer.de

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. Für maschinenbauliche Produkte, insbesondere für sicherheitsrelevante Komponenten, ist Leichtbau nicht ohne Betriebsfestigkeit denkbar.

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. 61**).

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 design 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: Fraunhofer LBF scientists determine this load data using computational and measurement methods. For engineering products, particularly for safety-relevant components, lightweight design is not conceivable without structural durability.

Steel and cast iron, nonferrous metals and sintered materials, but above all polymer and fiber-reinforced composite materials are thoroughly investigated in Fraunhofer 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 design 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 61**).

Zuverlässigkeit mit System.

Systematic reliability.



Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung

Dr.-Ing. C. Beinert
christian.beinert@lbf.fraunhofer.de

Experimentelle Analyse und Elektromechanik

Dipl.-Ing. M. Matthias
michael.matthias@lbf.fraunhofer.de

Werkstoffe und Bauteile

Dr.-Ing. H. Kaufmann
heinz.kaufmann@lbf.fraunhofer.de

Baugruppen und Systeme

Dipl.-Ing. M. Wallmichrath
marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de

Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau

Prof. Dr.-Ing. A. Büter
andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de

Rezeptentwicklung und Dauerhaftigkeit

Dr. rer. nat. R. Pfaendner
rudolf.pfaendner@lbf.fraunhofer.de

ZUVERLÄSSIGKEIT
RELIABILITY



Zentrum für Systemzuverlässigkeit / Elektromobilität ZSZ-e

Dipl.-Ing. R. Zinke
ruediger.zinke@lbf.fraunhofer.de

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 Luftfahrtindustrie 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. machinable 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. 75**).

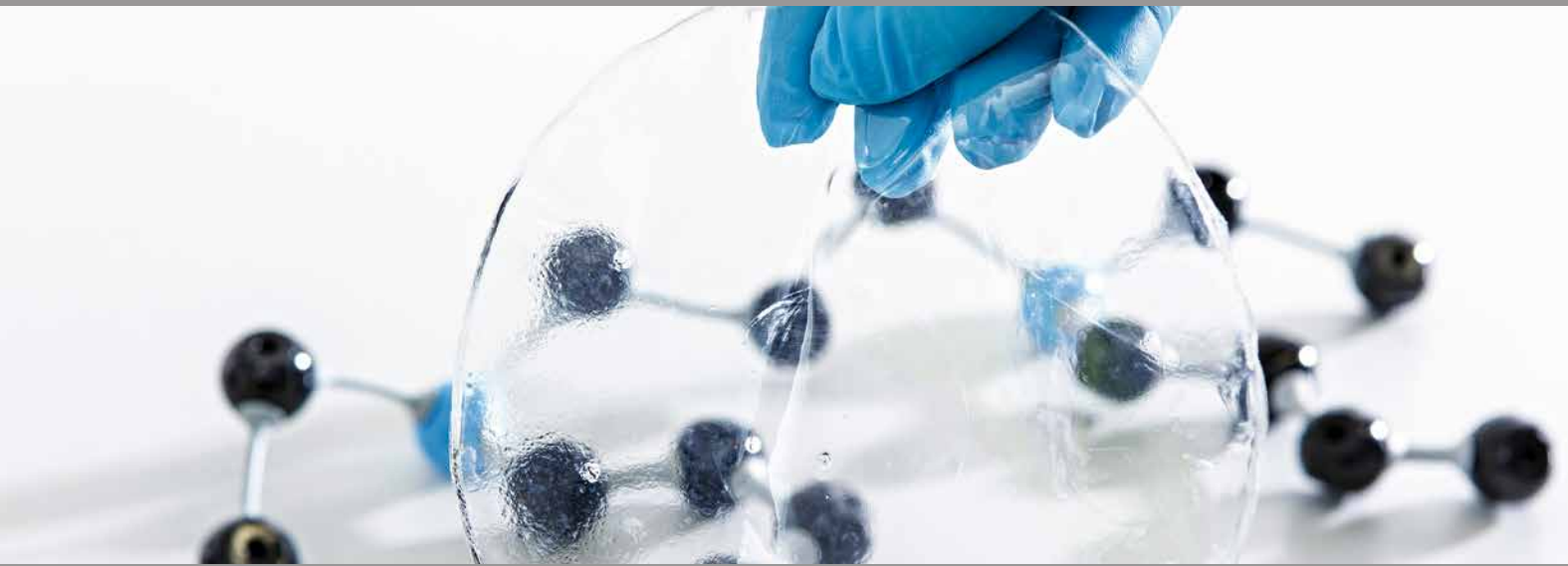
The reliability of technical products and systems is an attribute that is not directly measurable. It is not possible to completely rule out the failure of any component or system. However - because of the Fraunhofer LBF work and research results - many technical products are now highly developed, robust 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 machinable 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 75**).

Polymertechnik mit System.

Systematic polymer technology.



Polymersynthese

Prof. Dr. rer. nat. habil. M. Döring
manfred.doering@lbf.fraunhofer.de

Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung

Dr.-Ing. C. Beinert
christian.beinert@lbf.fraunhofer.de



POLYMERTECHNIK POLYMER TECHNOLOGY

Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau

Prof. Dr.-Ing. A. Büter
andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de

Rezeptentwicklung und Dauerhaftigkeit

Dr. rer. nat. R. Pfaendner
rudolf.pfaendner@lbf.fraunhofer.de

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, Flammenschutz 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 S. 95**).

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 Design. 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 95**).

Gemeinsam für Ihren Erfolg.

Together for your success.

Das Fraunhofer LBF steht für fortschrittliche Lösungen und innovative Konzepte. Dies vor allem in den Leistungsfeldern Schwingungstechnik, Leichtbau, Zuverlässigkeit und Polymertechnik.

Mitarbeiter aus acht Forschungsabteilungen sowie aus dem »Zentrum für Systemzuverlässigkeit/Elektromobilität ZSZ-e« und dem assoziierten Fachgebiet »Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik« an der TU Darmstadt setzen ihre Erfahrung, ihre spezifische Fachexpertise, ihre Kreativität und ihr ganz persönliches Engagement ein, um die besten Lösungen für Ihre Problemstellung zu erarbeiten.

Fraunhofer LBF is committed to forward-looking solutions and innovative concepts. This applies especially to the performance fields of Vibration Technology, Lightweight Design, Reliability and Polymer Technology.

Employees from eight research departments and from the »Center for System Reliability/Electric Mobility – ZSZ-e« and the associated department of »System Reliability, Smart Structures and Machine Acoustics« at the TU Darmstadt use their experience, their specific technical expertise, their creativity and their own personal commitment to work out the best solutions to your problems.



	SCHWINGUNGSTECHNIK VIBRATION TECHNOLOGY	LEICHTBAU LIGHTWEIGHT DESIGN	ZUVERLÄSSIGKEIT RELIABILITY	POLYMERTECHNIK POLYMER TECHNOLOGY
BEREICH BETRIEBSFESTIGKEIT STRUCTURAL DURABILITY DIVISION				
Werkstoffe und Bauteile Materials and Components		■	■	
Baugruppen und Systeme Assemblies and Systems	■	■	■	
BEREICH ADAPTRONIK SMART STRUCTURES DIVISION				
Strukturdynamik und Schwingungstechnik Structure Dynamics and Vibration Technology	■	■		
Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau Lightweight Structures		■	■	■
Experimentelle Analyse und Elektromechanik Experimental Analysis and Electromechanics	■		■	
BEREICH KUNSTSTOFFE PLASTICS DIVISION				
Polymersynthese Polymer Synthesis		■		■
Rezepturenentwicklung und Dauerhaftigkeit Formulation Development and Durability			■	■
Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung Polymer Processing and Component Design	■	■	■	■
PROJEKTBEREICH SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT SYSTEM RELIABILITY PROJECT AREA				
Zentrum für Systemzuverlässigkeit / Elektromobilität ZSZ-e Center for System Reliability/Electric Mobility – ZSZ-e	■		■	



Contact

Dipl.-Ing. R. Heim
Bereichsleiter Betriebsfestigkeit und
Systemzuverlässigkeit, stellv. Institutsleiter
Phone: +49 6151 705-283
ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de

»LBF: Leicht braucht Forschung –
die Betriebsfestigkeit
macht sichere Leichtbau-
komponenten möglich.«

Dipl.-Ing. R. Heim

BEREICH BETRIEBSFESTIGKEIT

Unser Ziel: Komponenten und Strukturen, die belastbar und besonders ressourceneffizient gestaltet sind und im geplanten Einsatzzeitraum zuverlässig funktionieren.

Unsere Leistungen:

Numerische, messtechnische und experimentelle Verfahren der Betriebsfestigkeit, die wir flexibel und angepasst auf den Charakter der Aufgabe einsetzen. Seit 80 Jahren steht das LBF für Exzellenz und Anwendungsorientierung in der Betriebsfestigkeit. Das ist eine Tradition, der wir uns bewußt sind und die wir beständig weiterentwickeln: Wir forschen und arbeiten für die lebensdauerorientierte Gestaltung von Bauteilen, Baugruppen und Systemen im Straßen- und Schienenfahrzeugbau, in der Schifffahrt, in der Luftfahrt, aber auch im Kranbau oder für Windenergieanlagen. Hierfür setzen wir innovative und leistungsfähige Prüftechnik ein, die wir immer dann selbst entwickeln, wenn spezielle Anforderungen dies notwendig machen. Von sehr kleinen Lasten bis zu einem Kraftbereich von 2 MN nutzen wir die jeweils optimalen Aktor- und Prüfsysteme: elektrische bzw. elektro-mechanische Antriebe, Resonanz- oder Ultraschallprüfmaschinen sowie servohydraulische Zylinder.

Mit Finite-Elemente- und Mehrkörper-Simulationsverfahren bearbeiten wir gezielt solche Aspekte, die prüf- oder messtechnische Verfahren ergänzen und erweitern. Damit behandeln wir die Betriebsfestigkeit ganzheitlich und mit den

für die jeweilige Phase der Produktentstehung am besten geeigneten Methoden.

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

- Prüfung und Bewertung der Betriebsfestigkeit von metallischen und keramischen Werkstoffen und Bauteilen unter zyklischer Schwingbelastung mit konstanten und variablen Lastamplituden.
- Entwicklung und Anwendung numerischer Methoden unter Berücksichtigung von Fertigungseigenschaften und Oberflächennachbehandlung.
- Effiziente Ermittlung von Bauteilschwingfestigkeiten von u. a. Kurbelwellen, Pleuel einschließlich der statistischen Merkmale von Wöhler- und Lebensdauerlinien (Gaßner-Versuche).
- Angepasste Prüftechnik für VHCF-Prüfungen auch mit variablen Amplituden sowie Kleinlastprüfungen mit hochgenauer, reproduzierbarer Kraft- und Wegvorgabe.
- Ermittlung der Schwingfestigkeit von Werkstoffen und Bauteilen unter der Einwirkung von aggressiven Medien wie z. B. Kraftstoffe, korrosive wässrige Lösungen oder Wasserstoff.

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

- Charakterisierung von Gummi-/Metallbauteilen, Ermittlung der Betriebsfestigkeit – auch unter erhöhten Temperaturen.
- Numerische Elastomermodelle und deren quantitative Belegung mit Daten aus dem Versuch.
- Beschreibung komplexer Kinematiken mittels Mehrkörpersimulation (MKS) sowie Aufbau und Verifikation entsprechender Modelle bis zum Gesamtfahrzeug.
- Ableitung von zeitgerafften Versuchsprogrammen für die Laborerprobung auf Basis von gemessenen Last-Zeitreihen.
- Multiaxiale Laborprüfungen für Baugruppen und Systeme – u. a. radführende und rotierende Fahrwerkssysteme sowie allgemein lasttragende Komponenten.
- Konzeption, Entwicklung und Durchführung angepasster Erprobungsumfänge einschließlich des Aufbaus ggf. notwendiger Spezialprüfstände.
- Betriebslastennachfahrversuche, Absicherung der Betriebsfestigkeit von Baugruppen und Systemen.

STRUCTURAL DURABILITY DIVISION

Our aim: components and structures designed to be resilient and particularly resource-efficient which function reliably during the planned period of use.

Our services:

numerical, metrological and experimental methods of structural durability which we use flexibly and adapt to the character of the task. For the past 80 years Fraunhofer LBF has stood for excellence and application orientation in structural durability. This is a tradition that we appreciate and that we are constantly evolving. We research into and work on the lifetime-oriented design of components, subassemblies and systems in road and rail-bound vehicle construction, in shipping, aviation and also in crane construction and wind turbines. For this we use innovative and efficient testing technology which we develop ourselves when specific requirements make this necessary. From very small loads up to a force range of 2 MN, in each case we use the optimum actuator and testing systems: electric and electromechanical drives, resonant or ultrasound test machines and servohydraulic cylinders.

We use finite element and multibody simulation methods to specifically process aspects that supplement and expand testing or metrological processes. We follow an integrated approach to structural durability, using the methods most appropriate to each phase of product design.

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

- Testing and assessment of the structural durability of metallic and ceramic materials and components under cyclic loading with constant and variable load amplitudes.
- Development and application of numerical methods allowing for production properties and surface post-treatment.
- Efficient determination of component fatigue strengths of, among other things, crankshafts and connecting rods, including the statistical characteristics of S/N and fatigue life curves (Gassner tests).

- Customized test technology for VHCF tests with variable amplitudes and low-load tests with highly accurate, reproducible force and path specification.
- Determination of the fatigue strength of materials and components under the influence of aggressive media such as fuels, corrosive aqueous solutions or hydrogen.

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

- Characterization of rubber/metal components, determination of the structural durability – also at elevated temperatures.
- Numerical elastomer models and assignment to them of quantitative data from the experiment.
- Description of complex kinematics using multi-body simulation (MBS) as well as construction and verification of such models up to the complete vehicle.
- Derivation of time-lapse test programs for laboratory testing based on measured load-time series.
- Multiaxial laboratory tests for assemblies and systems – among others wheel-guiding and rotating chassis systems and general load-bearing components.
- Design, development and implementation of customized testing scopes including the construction of any necessary special test rigs.
- Operational load simulation trials, ensuring the structural durability of assemblies and systems.

»LBF: Lightweight but frugal –
research into structural
durability makes safe
lightweight components
possible.«

Dipl.-Ing. R. Heim



Contact

Dr.-Ing. S. Herold
Bereichsleiter Adaptronik
Phone: +49 6151 705-259
sven.herold@lbf.fraunhofer.de

»Smarte Systeme und Methoden ermöglichen es,
Ihre Aufgaben und Prozesse optimal zu gestalten.«

Dr.-Ing. S. Herold

BEREICH ADAPTRONIK

Der Bereich Adaptronik entwickelt moderne, effiziente und zuverlässige Systeme mit optimierter Struktur- und Schwingungsdynamik sowie smarte Lösungen für deren Überwachung. Zur Verbesserung der Systemeigenschaften werden neben Leichtprinzipien neuartige passive und aktive Strukturmaßnahmen berücksichtigt. Dabei stehen das schwingungstechnische Verhalten, der funktionsintegrierte Leichtbau und die Steigerung der Zuverlässigkeit mechanischer Systeme im Vordergrund. Unser Adaptronik-Team unterstützt bei der Problem- und Machbarkeitsanalyse, konzipiert und setzt prototypisch kundentailorisierte Lösungen um, entwickelt angepasste Entwicklungstools für die Systemauslegung und begleitet beim Knowhow- und Technologietransfer für kommerzielle Implementierungen. Hierfür werden moderne Methoden der numerischen und experimentellen Struktur- und Zuverlässigkeitsanalyse, der Struktur- und Schwingungsdynamik und der Signalverarbeitung entwickelt und angewendet sowie Strukturbauteile in faserverstärkter Kunststoffleichtbauweise umgesetzt. Für die Realisierung zuverlässiger aktiver Strukturbauteile werden smarte Sensor- und Aktorsysteme und elektronische Subsysteme entwickelt und regelungstechnische Lösungen auf eingebetteten Systemen abgeleitet. Eine ganzheitliche Entwurfskette bestehend aus messtechnischer Analyse, numerischen Verfahren für Konzeptevaluation, Auslegung und Simulation, Fertigung von prototypischen mechanischen, elektromechanischen und elektronischen Funktionsmustern sowie Methoden und Werkzeuge zur Absicherung von Funktion und Zuverlässigkeit im Labor und im Feldversuch steht zur Verfügung.

Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau (Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter) Schwerpunkte:

- Experimentelle Charakterisierung neuer Leichtbaumaterialien.
- Bewertung und Optimierung der Betriebsfestigkeit von Leichtbaustrukturen, z.B. über Methoden der integrativen Simulation, auch unter Umweltbelastung.

- Auslegung und prototypische Fertigung konventioneller, faserverstärkter und funktionsintegrierter Kunststoffbauteile.
- Entwicklung angepasster Berechnungs- und Prüfverfahren für Kunststoffbauteile.
- Entwicklung und Bewertung angepasster SHM-Systeme
- Schadensfortschrittuntersuchungen mit Hilfe von 4d-CT (inSitu CT).

Struktur- und Schwingungstechnik (Dr.-Ing. Sven Herold) Schwerpunkte:

- Struktur- und Schwingungsdynamische Analyse, Auslegung und Bewertung von Systemen.
- Schwingungstechnische, rotordynamische und vibroakustische Systemoptimierung mit passiven und aktiven Maßnahmen.
- Signalverarbeitung und Regelungstechnik für aktive Systeme.
- Entwicklung und Anwendung moderner Methoden der numerischen Systemsimulation.
- Systementwicklung mit Rapid-Control-Prototyping und Hardware-in-the-Loop-Methoden.
- Analyse und Bewertung der Zuverlässigkeit komplexer mechatronischer Komponenten und Systeme.

Experimentelle Analyse und Elektromechanik (Dipl.-Ing. Michael Matthias) Schwerpunkte:

- Entwicklung und Anwendung moderner Methoden der Schwingungsmesstechnik.
- Planung und Durchführung messtechnischer Untersuchungen zur Ermittlung von Betriebslasten und Betriebsbeanspruchungen; Messdatenanalyse.
- Experimentelle Systemidentifikation (EMA, TPA, ...).
- Entwicklung, Umsetzung und Integration anwendungs-optimierter Aktor- und Antriebssysteme auf Basis konventioneller Wirkprinzipien und multifunktionaler Materialien.
- Applikation und Integration kundenspezifisch angepasster Sensoren und Entwicklung energieautarker intelligenter Sensorknoten und -systeme.
- Entwicklung elektronischer und eingebetteter Systeme zur autonomen Struktur- und Schadensdetektion.

SMART STRUCTURES DIVISION

The Smart Structures Division develops cutting edge, efficient and reliable solutions with optimized structural dynamics and smart solutions for monitoring them. To improve the system properties, novel passive and active structural measures are considered in addition to lightweight design principles. The focus is on vibrational behavior, functionally integrated lightweight design and increasing the reliability of mechanical systems. We provide support during the feasibility study, design and implement prototypical customer-optimized solutions, develop adapted tools for system design and assist during the transfer of expertise and technology for commercial implementations. To achieve this we develop and apply modern techniques of numerical and experimental structural and reliability analysis, structural dynamics and signal processing and implement structural components are implemented in fiber-reinforced lightweight plastic construction. Smart sensor and actuator systems and electronic subsystems are developed for realizing reliable active structural solutions and control technology solutions are derived on embedded systems. There exists a comprehensive design chain composed of metrological analysis, numerical methods for concept evaluation, design and simulation, production of prototype mechanical, electromechanical and electronic functional models in addition to methods and tools for safeguarding function and reliability in the laboratory and in field trials.

Lightweight Structures

(Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter) Key areas:

- Experimental characterization of new lightweight construction materials.
- Assessment and optimization of the structural durability of lightweight structures, e.g. via methods of integrative simulation, even under environmental load.
- Design and prototype production of conventional, fiber-reinforced and function-integrated plastic components.
- Development of adapted calculation and test procedures for plastic components.
- Development and assessment of adapted SHM systems.
- Damage progress investigations using 4d-CT (in-situ CT).

Structural Dynamics and Vibration Technology

(Dr.-Ing. Sven Herold) Key areas:

- Structural dynamic analysis, design and evaluation of systems.
- Vibration control, rotor dynamic and vibro-acoustic system optimization using passive and active measures.
- Signal processing and control technology for active systems.
- Development and application of modern methods of numerical system simulation.
- System development with rapid control prototyping and hardware-in-the-loop methods.
- Analysis and assessment of the reliability of complex mechatronic components and systems.

Experimental Analysis and Electromechanics

(Dipl.-Ing. Michael Matthias) Key areas:

- Development and application of modern methods of vibration measurement.
- Planning and performance of metrological investigations to determine operating loads and operating stresses; measured data analysis.
- Experimental system identification (EMA, TPA, etc.).
- Development, implementation and integration of application-optimized actuator and drive systems based on conventional principles of operation and multifunctional materials.
- Challenges and integration of custom-matched sensors and development of energy self-sufficient intelligent sensor nodes and systems.
- Development of electronic and embedded systems for autonomous structural analysis and damage detection.

»Smart Systems and methods
for optimal system design.«

Dr.-Ing. S. Herold



Contact

Dr. rer. nat. R. Pfaendner
Bereichsleiter Kunststoffe
Phone: +49 6151 705-8605
rudolf.pfaendner@lbf.fraunhofer.de

»Additive sind heute die Innovationstreiber bei Kunststoffen. Darauf setzen wir hier am LBF den Schwerpunkt für unsere Kunden.«

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 Analytik, Prüfung und Modellierung, sind auf hohem Niveau unter einem Dach vereint.

Dafür stehen drei fachlich und methodisch sich untereinander ergänzende Fachabteilungen.

Polymersynthese

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

Schwerpunkte:

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

Rezepturenentwicklung und Dauerhaftigkeit

(Dr. rer. nat. Rudolf Pfaendner)

Schwerpunkte:

- Entwicklung von Additiven zur gezielten Beeinflussung von Kunststoffeigenschaften z. B. hinsichtlich Materialstärke, Zuverlässigkeit, Versagenscharakteristik, Ressourceneffizienz.
- Materialanalytik, Polymeranalytik und Charakterisierung
- Methodenentwicklung bei analytischen Fragestellungen.
- Kinetik reaktiver Prozesse.

Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung

(Dr.-Ing. Christian Beinert)

Schwerpunkte:

- Kunststoffverarbeitung: Compoundierung, reaktive Extrusion und Spritzgießen.
- Verarbeitung des Werkstoffs zum Bauteil, Vorhersage der mechanischen Eigenschaften.
- Kopplung von Prozess- und Materialeigenschaften.
- Aufstellen von Werkstoffmodellen: Materialverhalten unter hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten und bei mehrachsigen Beanspruchungen.

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 design.

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 scope from basic natural-science disciplines such as chemistry and physics, material sciences and material technology in processing to expertise in analytics, testing and modeling are all united at a high level under one roof.

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

Polymer Synthesis

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

Focal Points:

- Development of chemical synthesis for monomers, polymers, additives, reactive modifiers.
- Technical synthesis optimization and upscaling.
- Development and screening of thermosets.
- Adjustment of interface and surface properties.

Formulation Development and Durability

(Dr. rer. nat. Rudolf Pfaendner)

Focal Points:

- Development of additives for tailor-made properties' modification e. g. with regard to material safety, reliability, failure characteristics, resource efficiency.
- Material analytics, polymer analytics and characterization.
- Development of analytical techniques.
- Kinetics of reactive processes.

Polymer Processing and Component Design

(Dr.-Ing. Christian Beinert)

Focal Points:















- Plastics processing: compounding, reactive extrusion and injection molding.
- Processing of the material, component design, prediction of mechanical properties.
- Interlinking of process- and material properties.
- Material modelling: material behavior under high speed rates and with multiaxial loading.

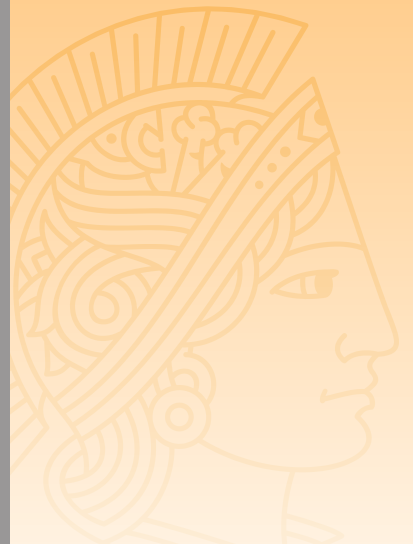
»Additives are the drivers of innovation in plastics today. This is what we at Fraunhofer LBF focus on for our customers.«

Dr. rer. nat. R. Pfaendner

Die Abteilungsleiter im Fraunhofer LBF.

Heads of departments.

ZENTRALE DIENSTE CENTRAL SERVICES	BEREICH BETRIEBSFESTIGKEIT STRUCTURAL DURABILITY DIVISION	BEREICH ADAPTRONIK SMART STRUCTURES DIVISION	BEREICH KUNSTSTOFFE PLASTICS DIVISION	ASSOZIIERTES FACHGEBIET ASSOCIATED DEPARTMENT
<p>ABTEILUNGEN:</p>	<p>ABTEILUNGEN:</p>	<p>ABTEILUNGEN:</p>	<p>ABTEILUNGEN:</p>	
 <p>Administration und strategisches Controlling Dipl.-Betriebswirt P. Betzholz Phone: +49 6151 705-233 peter.betzholz@lbf.fraunhofer.de</p>	 <p>Werkstoffe und Bauteile: Dr.-Ing. H. Kaufmann Phone: +49 6151 705-345 heinz.kaufmann@lbf.fraunhofer.de</p>	 <p>Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau: Prof. Dr.-Ing. A. Büter Phone: +49 6151 705-277 andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de</p>	 <p>Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung: Dr.-Ing. C. Beinert Phone: +49 6151 705-8735 christian.beinert@lbf.fraunhofer.de</p>	 <p>Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik: Prof. Dr.-Ing. T. Melz Phone: +49 6151 705-252 tobias.melz@lbf.fraunhofer.de</p>
 <p>Technisches Management Dr.-Ing. T. Hering Phone: +49 6151 705-8513 thorsten.hering@lbf.fraunhofer.de</p>	 <p>Baugruppen und Systeme: Dipl.-Ing. M. Wallmichrath Phone: +49 6151 705-467 marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de</p>	 <p>Strukturdynamik und Schwingungstechnik: Dr.-Ing. S. Herold Phone: +49 6151 705-259 sven.herold@lbf.fraunhofer.de</p>	 <p>Polymersynthese: Prof. Dr. rer. nat. habil. M. Döring Phone: +49 6151 705-8675 manfred.doering@lbf.fraunhofer.de</p>	
 <p>Wissenschaftsmanagement Prof. Dr.-Ing. T. Bein Phone: +49 6151 705-463 thilo.bein@lbf.fraunhofer.de</p>		 <p>Experimentelle Analyse und Elektromechanik: Dipl.-Ing. M. Matthias Phone: +49 6151 705-260 michael.matthias@lbf.fraunhofer.de</p>	 <p>Rezepturenentwicklung und Dauerhaftigkeit: Dr. rer. nat. R. Pfaendner Phone: +49 6151 705-8605 rudolf.pfaendner@lbf.fraunhofer.de</p>	
 <p>Innovationsmanagement Dr.-Ing. D. Mayer Phone: +49 6151 705-261 dirk.mayer@lbf.fraunhofer.de</p>				
 <p>Strategisches Management Dr. phil. nat. U. Eul Phone: +49 6151 705-262 ursula.eul@lbf.fraunhofer.de</p>				



Ein starkes Team.

A strong team.

Vielen Dank an:

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

Sven Hamann
Robert Bosch GmbH, Renningen

Dr.-Ing. Gerold Bremer
Volkswagen AG, Wolfsburg

Dr.-Ing. Ferdinand Hollmann
Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn

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

Dr. Stefan Kienzle
Daimler AG, Ulm

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

Dr. Patrick Kim
bridge-builder.de, München

Dr.-Ing. Peter Klose
GWP Technologies GmbH, Gesellschaft für
Werkstoffprüfung und neue Technologien, Zorneding

Dr.-Ing. Oliver Schlicht
Audi AG, Ingolstadt

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

Dr.-Ing. Hans-Joachim Wieland
FOSTA Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.,
Düsseldorf

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

MinR Norbert Weber
Bundesministerium der Verteidigung, Bonn

MinR Hermann Riehl
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn

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



Das Kuratorium setzt sich aus Vertretern der Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlichen Hand zusammen. Die Mitglieder stehen dem Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft und der Institutsleitung des Fraunhofer LBF beratend zur Seite. Dialogorientiert und vertrauensvoll haben alle gemeinsam die strategische Weiterentwicklung des Fraunhofer LBF im Blick.

Vielen Dank für Ihr Vertrauen!

Thank you for your trust!



Ausschnitt aus dem Kundenportfolio. Wir bedanken uns für die Zustimmung zur Verwendung der Logos!
 Excerpt from the customer portfolio. Thank you for your authorization to use the logos!

Forschung mit System, Entwicklung mit Leidenschaft!

Systematic research, passionate development.

Kooperation mit Experten

Unsere moderne Arbeitswelt fordert von uns in vielen Aspekten eine hohe Flexibilität: Arbeitsinhalte und –prozesse wechseln häufiger, Organisationsstrukturen sind zunehmend temporär angelegt und Produktion findet vielfach dezentral statt. Das wichtigste Produktionsmittel aber, das Wissen, befindet sich in der Hand der Experten. Teamarbeit wird noch wichtiger. Das Fraunhofer LBF setzt auf einen dialogbasierten, kooperativen Austausch mit starken Partnern.

Cooperation among experts

Our modern working environment demands a high degree of flexibility in many aspects. Work content and processes are changing more frequently, organizational structures are increasingly temporary and production is often decentralized. And the most important means of production, knowledge, is in the hands of the experts. Teamwork becomes even more important. Fraunhofer LBF relies on cooperative exchange with strong partners.

»If you are looking for advanced and absolutely reliable solutions for your structural components, do contact Fraunhofer LBF!«

»Mit dem Fraunhofer LBF erleben wir ein Institut, das die erstaunliche Fähigkeit besitzt, sich immer wieder neu zu definieren und Veränderungsprozesse am Markt selbst aktiv und dynamisch mitzuprägen.«

»Smarte Strukturen, smarte Methoden, smarte Menschen!«

»Wer fortschrittliche und unbedingt zuverlässige Struktur-lösungen für seine Produkte sucht, sollte das Fraunhofer LBF kontaktieren.«

»With Fraunhofer LBF, we have an experienced partner at our side.«

»Wir schätzen das Know-how und die vielfältigen Möglichkeiten des Fraunhofer LBF, mit modernster Messtechnik und auf Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse individuell und passgenau Methoden der Zustandsüberwachung zu entwickeln und zu validieren.«

»Smart structures, smart methods, smart people!«

»With Fraunhofer LBF, we are witnessing an institute that has the amazing ability to redefine itself constantly and that participates in the process of changing markets actively and dynamically.«

»Mit dem Fraunhofer LBF haben wir einen erfahrenen Partner an unserer Seite.«

»We appreciate the expertise of Fraunhofer LBF and the institute's wide range of possibilities to develop and validate customized condition monitoring methods using state-of-the-art measuring technology and latest scientific knowledge.«



Schwingungstechnik

Vibration Technology



Flexible mechanische Schnittstellen unterstützen den Entwicklungsprozess. 46
Flexible mechanical interfaces support the development process.



Hochfrequenzprüftechnik: Vibrationen und Lärm minimieren. 48
High frequency testing technology: Minimizing vibration and noise.



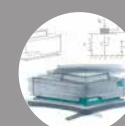
NVH-Optimierung eines innovativen generator-elektrischen Antriebs. 50
NVH-optimization of an innovative generator-electric drive.



Aktive Elastomerlager sorgen für vibrationsarme Lagerung. 52
Active elastomer mounts guarantee low vibrations.



Innovative inäquidistante Verzahnung zur Geräuschkürzung an Zahnradgetrieben. 54
Innovative inequidistant gearing used to reduce gear noise.



Potenzial von In-the-Loop-Technologien lückenlos nutzen. 56
Exploit the full potential of In-the-Loop technologies.



Rotational energy harvesting vibration absorber integrated in power sources. 58

Den Quellen von Lärm und Vibrationen auf den Grund zu gehen und effektive Gegenmaßnahmen zu entwickeln, gehört im Leistungsfeld Schwingungstechnik des Fraunhofer LBF zu den angestammten Forschungsschwerpunkten. Mit dem neuen Hochfrequenzprüfstand zur Ermittlung des dynamischen Transferverhaltens von Lagern erweitern wir unser bestehendes Portfolio und bewegen uns bezüglich der dynamischen Charakterisierung von Lagern im vibroakustischen Frequenzbereich.

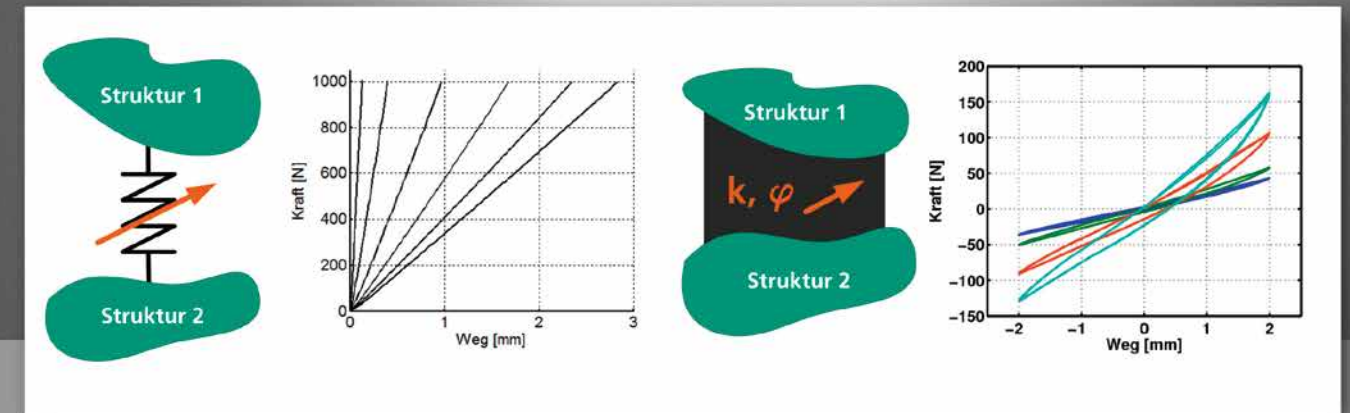


Abb. 1: Einstellung von Steifigkeiten und aktive Nachbildung elastomerer Eigenschaften.
Fig. 1: Adjustment of stiffnesses and active simulation of elastomeric properties.

SCHWINGUNGSTECHNISCHE OPTIMIERUNG, ADAPTRONIK, EFFIZIENTE PRÜFMETHODE

Flexible mechanische Schnittstellen unterstützen den Entwicklungsprozess.

Flexible mechanical interfaces support the development process.

Contact: Jan Hansmann · Phone: +49 6151 705-8366 · jan.hansmann@lbf.fraunhofer.de



Als Institut für angewandte Forschung stehen wir häufig vor der Herausforderung, neue Systeme zu entwickeln und deren Verhalten in Wechselwirkung mit anderen Systemen zu optimieren. Oft müssen in frühen Entwicklungsstadien Parametervariationen in Versuchsaufbauten durchgeführt werden. Um den Entwicklungsprozess zu beschleunigen und bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, haben wir verschiedene mechanische Schnittstellen mit einstellbaren und programmierbaren Eigenschaften entwickelt.

Stufenlos einstellen, mit geringem Aufwand testen

Eine mechanische Schnittstelle verbindet zwei Strukturen und überträgt statische und dynamische Kräfte. Im Fraunhofer LBF wurden verschiedene mechanische Schnittstellen mit einstellbaren und programmierbaren Eigenschaften entwickelt. Sie ermöglichen es beispielsweise, Steifigkeit und Dämpfung der Schnittstelle stufenlos zu verstellen oder das dynamische Verhalten der Schnittstelle zu programmieren. Zwei Beispiele aus der Praxis verdeutlichen das Potenzial solcher Lösungen:

Im Kundenauftrag wurde eine Vorrichtung umgesetzt, deren Steifigkeit stufenlos zwischen 700N/mm und 20kN/mm einstellbar ist. Diese ersetzte verschiedene, je Probe individuell

gefertigte Probenaufnahmen mit definierter Steifigkeit. Hierdurch konnten Zeit und Kosten für die Auslegung, die Herstellung und den Austausch der verschiedenen Probenaufnahmen eingespart werden.

In einem weiteren Entwicklungsprojekt galt es, das Schwingungsverhalten einer handgehaltenen Maschine zu optimieren. Zunächst wurde die Steifigkeit eines Maschinenteils mit Hilfe numerischer Methoden optimiert, die abschließende Abstimmung musste im Versuch stattfinden. Hierfür wurde ein Element mit einstellbarer Steifigkeit in die Maschine integriert. Dadurch war es möglich, mit geringem Aufwand und ohne Umbauten zwischen den Versuchen, die Auswirkungen verschiedener Steifigkeiten des Maschinenteils zu erleben und zu bewerten.

Bei den beiden vorgestellten Anwendungen handelt es sich um semiaktive Systeme. Es wird Energie zugeführt, um die Steifigkeit einzustellen. Ist diese einmal eingestellt, wirkt sie als passives Element ohne Energiebedarf.

Soll die mechanische Schnittstelle ein komplexeres dynamisches Verhalten abbilden, kann sie als aktives System

Zu dieser Technologie halten wir die Patente DE 10 2011 015 798 B4 und US 9,429,210 B2.

umgesetzt werden. Neben den semiaktiven Komponenten ist ein Aktor in Wirkrichtung integriert.

Es wurde eine aktive mechanische Schnittstelle umgesetzt, die es ermöglicht, das Verhalten von Elastomerlagern nachzubilden. Durch die Kombination einer semiaktiv einstellbaren Steifigkeit mit einem Aktor und einer geeigneten Regelung ist es möglich, mit der Schnittstelle verschiedene Elastomerlager nachzubilden. Steifigkeit und Hysterese der Schnittstelle können unabhängig voneinander eingestellt werden. Parametervariationen zur Ermittlung der zu verwendenden Elastomerlager können so im Versuch in kurzer Zeit und ohne Umbauten am Prüfstand umgesetzt werden.

Customer Benefits Systems with adjustable or programmable characteristics speed up the development processes, trials and tests. For the various, individual customer requirements, Fraunhofer LBF experts implement a variety of (partially) automated test scenarios. They are carried out within a short time on the test rig without the need for modifications. The product development process is shortened, your product is ready for market faster and can be manufactured at a lower price.

Summary Mechanical interfaces with adjustable or programmable characteristics are used to support development processes, tests and trials. They are also used as a basis for in-the-loop technologies (cf. article HitL). Fast, (partially) automated adjustment of the mechanical characteristics means that test series are considerably speeded up. Mechanical parameters can be varied directly in the test. The simulation of dynamic properties by the interface enables realistic trials. Time and costs can be saved, the test results are improved.



Alexander Biere, BMW Group

»Das System gibt uns die Möglichkeit, komplexe Strukturen im reduzierten Entwicklungsmaßstab besonders kostengünstig abzubilden und erweitert in bedeutendem Maße die Grenzen von Laborversuchen zur Verifikation des Serienprozesses.«

»The system provides us with the option to map complex structures on a reduced development scale particularly cost-efficiently, and it significantly extends the limits of laboratory tests for verification of the series process.«



Neuer Hochfrequenzprüfstand zur Ermittlung des dynamischen Transferverhaltens von Lagern.
New high frequency test rig for determining the dynamic transfer behavior of mounts.

EXPERIMENTELLE SYSTEMANALYSE, PRÜFSTANDSENTWICKLUNG,
SCHWINGUNGSOPTIMIERUNG

Hochfrequenzprüftechnik: Vibrationen und Lärm minimieren.

High frequency testing technology: Minimizing vibration and noise.

Contact: Matthias Schmidt · Phone: +49 6151 705-452 · matthias.schmidt@lbf.fraunhofer.de



Den Quellen von Lärm und Vibrationen auf den Grund zu gehen und effektive Gegenmaßnahmen zu entwickeln, gehört im Leistungsfeld Schwingungstechnik des Fraunhofer LBF zu den angestammten Forschungsschwerpunkten. In einem breiten Frequenzbereich untersucht und entwickelt das Institut passive und aktive Lager zur Entkopplung von Schwingungen. Jetzt hat das Institut seine Möglichkeiten erweitert und einen neuen Hochfrequenzprüfstand zur Ermittlung des dynamischen Transferverhaltens von Lagern in Betrieb genommen.

Gemeinsam Produkte optimieren

In nahezu allen technischen Bereichen werden hohe Anforderungen an Produkte gestellt. Abhängig vom Produkttyp stehen die Sicherheit, Funktionalität, das Design, der Komfort und die Kosten im Fokus. Für die Funktionalität, Effizienz und Sicherheit gelten zum Teil gesetzliche Vorgaben und normative Standards. Ergänzend werden an die Produkte kundenspezifische Anforderungen gestellt. Eventuelle Schwingungseinflüsse, in Form von Vibrationen und Lärm, werden mit negativen Komforteigenschaften in Verbindung gebracht. Schwingungen können die genannten Produkteigenschaften beeinflussen und damit schon im Entwicklungsprozess zu Problemen führen. Daher ist es in der Produktentwicklung

essentiell, die eingesetzten Werkstoffe und Bauteile zu prüfen und zu charakterisieren. In Form von Lagern dienen sie zur schwingungstechnischen Entkopplung und steigern damit die Komforteigenschaften. Im Leistungsfeld Schwingungstechnik des Fraunhofer LBF gehört die Untersuchung und Entwicklung von passiven und aktiven Lagern zu den angestammten Forschungsschwerpunkten. Damit unterstützt das Institut seine Kunden begleitend während des Entwicklungsprozesses.

Die passiven und aktiven Lager haben die primäre Aufgabe, die Sicherheit der Ankopplung einer Schwingungsquelle zu gewährleisten, das Gewicht der Schwingungsquelle abzustützen und Schwingungen zu entkoppeln. Zu diesem Zweck ist eine zuverlässige experimentelle Kennwertermittlung erforderlich, um eine Beurteilung der Bauteileigenschaften sowie deren Auslegung hinsichtlich der gewünschten Systemcharakteristik zu gewährleisten. Die dynamische Transfersteifigkeit ist dabei ein wichtiger Kennwert. Sie kennzeichnet in komplexen Größen das vibroakustische Transferverhalten und beschreibt die Trägheits-, Federungs- sowie Dämpfungseigenschaften bei verschiedenen Frequenzen. Üblicherweise erfolgt die dynamische Charakterisierung von Lagern meist mit servohydraulischen Prüfmaschinen, was die Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Messergebnisse auf niedrige Prüffrequenzen beschränkt.



Mit einer Frequenz von bis zu 2000 Hertz lassen sich Werkstoffe und Bauteile mit dem neuen Hochfrequenzprüfstand des Fraunhofer LBF untersuchen. Fraunhofer LBF's new high frequency test rig can be used to examine materials and components with a frequency of up to 2000 Hz.

Das Fraunhofer LBF setzt einen neuen Hochfrequenzprüfstand zur Ermittlung des dynamischen Transferverhaltens von Lagern ein. Der Prüfstand ist für Untersuchungen der dynamischen Steifigkeit bis 2000 Hertz konzipiert. Die eingesetzte Aktorik besteht aus einem elektromechanischen Spindelantrieb und einem elektrodynamischen Schwingerreger. Die dynamischen Signalanteile von bis zu acht Kilonewton (Sinus, Rauschen, Schock, Sinus über Rauschen, Zeitdaten) des Schwingerreger können mit einer statischen Vorlast von bis zu fünf Kilonewton überlagert werden. Der Probenraum mit den Abmessungen 550x300x300 Millimeter ermöglicht die Untersuchung von kleinen Werkstoffproben bis hin zu großen Lagern. Während des Prüfbetriebs werden relevante Messgrößen kontinuierlich überwacht und aufgezeichnet.

Customer Benefits Our testing technology and the results, such as dynamic stiffness, loss angle and force-displacement hysteresis, will support your development processes for passive and active mounts. With the new high frequency test rig, we characterize mounting components, develop and test active mounts or validate numerical simulation models and investigate new materials. Our experts will work out solutions for vibration reduction in all technical fields and products. The

main sectors in this case are the automotive and transport industries, machine and plant construction and the consumer goods industry.

Summary Fraunhofer LBF is using a new high frequency test rig for the characterization of passive and active mounts up to 2000 Hz. Highly flexible teams determine the dynamic behavior so that our customers can develop their mounts more efficiently and can optimize them with a view to minimizing vibrations and noise. Many industry sectors, such as the automotive industry, transport industry, machine and plant construction, and the consumer goods industry are already benefiting from it.

»Mit dem Hochfrequenzprüfstand erweitern wir unser bestehendes Portfolio und bewegen uns bezüglich der dynamischen Charakterisierung von Lagern im vibroakustischen Frequenzbereich.«
Matthias Schmidt, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Experimentelle Systemanalyse





Das vom Fraunhofer LBF entwickelte, generator-elektrische Versuchsfahrzeug GEV/one.
The generator-electric test vehicle GEV/one developed by Fraunhofer LBF.



Das vom Fraunhofer LBF entwickelte, generator-elektrische Versuchsfahrzeug GEV/one – Batterie im Kofferraum.
The generator-electric test vehicle GEV/one developed by Fraunhofer LBF – battery in the trunk.

Eingebauter Gasmotor im Versuchsfahrzeug GEV/one.
Gas engine installed in the test vehicle GEV/one.

SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT, ELEKTROMOBILITÄT, KOMFORT

NVH-Optimierung eines innovativen generator-elektrischen Antriebs.

NVH-optimization of an innovative generator-electric drive.

Contact: Christoph Tamm · Phone: +49 6151 705-8431 · christoph.tamm@lbf.fraunhofer.de
Alexander Dautfest, M.Sc. · Phone: +49 6151 705-528 · alexander.dautfest@lbf.fraunhofer.de



Der Wandel in der Automobilindustrie von konventionellen hin zu hybriden und elektrischen Antriebskonzepten ist in vollem Gange. Am Fraunhofer LBF wird ein Forschungsfahrzeug entwickelt, an dem die Energieeffizienz gas-elektrischer Hybridantriebe untersucht wird. Durch den modifizierten Antrieb muss auch das NVH-Verhalten des Fahrzeugs erneut analysiert und optimiert werden.

Methodisches Vorgehen zur Analyse des NVH-Verhaltens

Die Marktwirkung der verfügbaren Elektrofahrzeuge wird derzeit durch ihre Reichweite und die relativ hohen Kosten begrenzt. Ein neuartiges Konzept eines emissionsfreien generator-elektrischen Fahrzeugs (GEV), bestehend aus einem Transversalfeld-Elektromotor und einem hocheffizienten Stromgenerator, wurde am LBF entwickelt und realisiert. Die Stromversorgung arbeitet kontinuierlich und effizienter als in konventionellen Hybridfahrzeugen, und das Konzeptfahrzeug besticht durch hohe Reichweite und gute CO₂-Bilanz.

Der modifizierte Antrieb bewirkt jedoch eine deutliche Änderung des NVH-Verhaltens des Fahrzeugs. Dafür wurde

ein systematischer Ansatz zur Modellbildung, Simulation und Analyse von Multi-Domain-Systemen entwickelt, mit dem passive sowie aktive Maßnahmen zur Erhöhung des Komforts und zur Verminderung von Luft- und Körperschall numerisch bewertet werden können. Für die Systemsimulation werden Modelle der Anregung, mechanische Strukturen, Sensorik, Signalverarbeitung und Aktorik aufgebaut und die Wechselwirkung zwischen mechanischer, elektrischer und akustischer Domäne wird berücksichtigt. Somit kann die Leistungsfähigkeit der zu untersuchenden Maßnahmen zur Schwingungsreduktion simuliert und bewertet werden.

Das Fraunhofer LBF beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der Effizienzsteigerung im Entwicklungsprozess komplexer dynamischer Systeme. Insbesondere die Integration aktiver Komponenten steht dabei im Fokus der Arbeiten. Daher wurde ein methodisches Vorgehen entwickelt, das die oben genannten Bedürfnisse berücksichtigt und eine modell- und simulationsbasierte Auslegung elektro-mechanischer Systeme erlaubt. Ein Grundgedanke des neuen Entwicklungsprozesses ist das Vorziehen von Umfängen in frühere Phasen des Entwicklungsprozesses (Frontloading), um Risiken in späteren Ent-

Das Antriebssystem wurde zum Patent angemeldet (WO 2015/028147 A1).

wwicklungsphasen zu minimieren. Die durch die Verkopplung von mechanischen und elektrischen Systemen entstehenden Wechselwirkungen erfordern hierbei die Betrachtung des Gesamtsystems.

Customer Benefits With the systematic procedure for development, analysis and simulation created at Fraunhofer LBF, it is even possible to consider highly complex, multiphysical, structural dynamic systems. Our dedicated expert teams will apply these methods to design the vibro-acoustic behavior of technical systems with you to address your individual issues. Successful collaborations in automotive and commercial vehicle construction, machine and plant construction, aviation and shipbuilding are proof of this.

Summary A systematic method was developed for modeling and simulating active systems and for designing the vibro-acoustic behavior of a vehicle. The method comprises a multi-level, modular organization of the system components. Various measures for designing the vibro-acoustic system behavior can be analyzed in the concept phase while detailed system models are built up in the implementation phase.

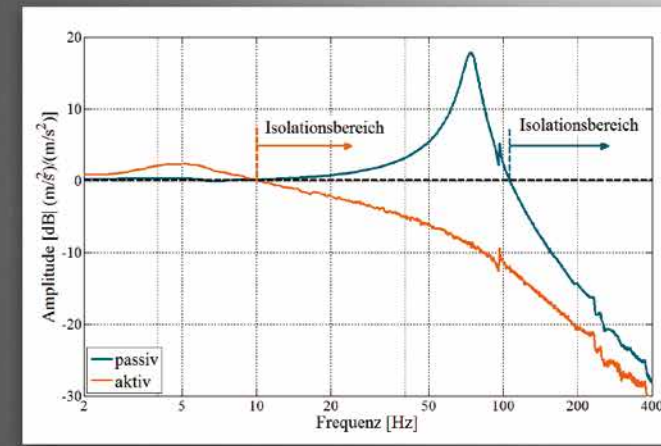
The excitation, mechanical system, actuators, sensors and control components are considered in a holistic simulation, and active systems for reducing vibration can be designed quickly and efficiently.

»Elektromobilität im Zusammenhang mit CO₂-optimierter Stromproduktion ist ein wichtiger Baustein für die bevorstehende und notwendige Energiewende. Die Kundenakzeptanz elektrisch angetriebener Fahrzeuge hängt dabei von vielen Faktoren, wie z. B. Anschaffungskosten, Ladeinfrastruktur und Reichweite ab. Aber ebenso spielen Fahrdynamik und Fahrkomfort eine unverändert große Rolle bei der Kundenzufriedenheit.«

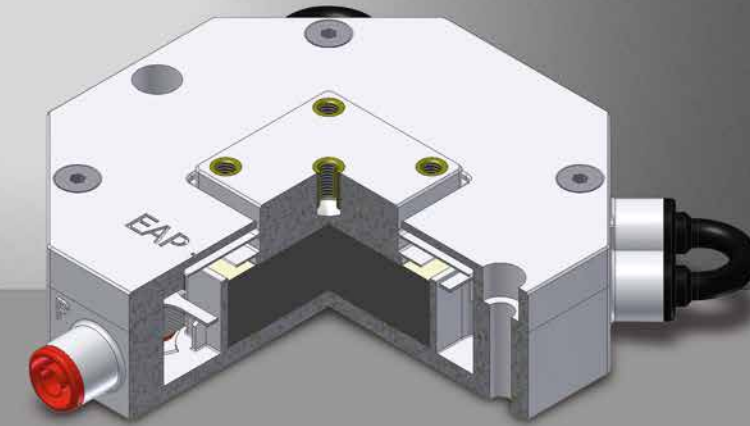
Christoph Tamm, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Numerische Methoden und Analysen



Die Lagerung von Klimageräten kann laut sein und das Wohlbefinden beeinflussen.
The mounting of air conditioning units may be noisy and affect wellbeing.



Vergleich der Isolationswirkung ohne und mit aktiver Regelung: Durch die aktive Regelung kann der Isolationsbereich erweitert und die Amplitudenüberhöhung reduziert werden (unterhalb von 0 dB setzt Isolation ein).
Comparison of the isolation effect with and without active control: As a result of the active control, the isolation range can be extended and the amplitude peak reduced (isolation starts to take effect below 0 dB).



Schnittdarstellung der aktiven Isolationseinheit mit 100DE-Schichten.
Sectional view of the active isolation unit with 100 dielectric layers.

SCHWINGUNGSTECHNISCHE OPTIMIERUNG, SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT, ADAPTRONIK

Aktive Elastomerlager sorgen für vibrationsarme Lagerung.

Active elastomer mounts guarantee low vibrations.

Contact: Dr. William Kaal · Phone: +49 6151 705-440 · william.kaal@lbf.fraunhofer.de

Viele Maschinen und Aggregate erzeugen unerwünschte Schwingungen, die sich in Form von Lärm und Vibrationen negativ bemerkbar machen. Um die Schwingungseinleitung in die Umgebung gering zu halten, haben sich elastische Lagerungen aus Elastomeren etabliert. Sie sorgen für eine passive Entkopplung, erzeugen aber störende Resonanzeffekte. Aktive Elastomerlager könnten schon bald Abhilfe schaffen und schwingungsoptimierte Lagerungen ermöglichen.

Systematische Forschung für zuverlässige Produkte

Elastomerlager werden sowohl bei stationären Anlagen als auch in mobilen Anwendungen zur Schwingungsentkopplung eingesetzt. Wenn passive Lagerungen den hohen Anforderungen an Schwingungsreduktion nicht genügen, kommen aktive Ansätze ins Spiel, mit denen gezielt Gegenkräfte eingeleitet werden können. Nach diesem Prinzip wurden am Fraunhofer LBF in der Vergangenheit verschiedene Prototypen insbesondere auf Basis piezoelektrischer oder elektrodynamischer Aktuatoren entwickelt.

Durch die funktionale Trennung von lasttragenden und kraft-einleitenden Komponenten sind solche aktiven Lagerungen allerdings konstruktiv aufwändig. Deshalb ist ihr Einsatz mit

hohen Zusatzkosten verbunden, sodass sie bisher Anwendungen mit besonderen Anforderungen vorbehalten sind.

In letzter Zeit konnten in dem jungen Forschungsfeld dielektrischer Elastomere beachtliche technologische Fortschritte erzielt werden. Ein am Fraunhofer LBF entwickelter neuartiger Ansatz ermöglicht nun auch ihren Einsatz als elastische Lager. Aufgrund ihrer elastomeren Eigenschaften lässt sich mit ihnen das Potenzial herkömmlicher Elastomerlager voll ausschöpfen. Zusätzlich erlauben sie das Einbringen von aktiven Kräften zur Schwingungsminderung. Dielektrische Elastomere vereinen somit die vorteilhaften Eigenschaften passiver Elastomere mit den enormen Möglichkeiten aktiver Lager.

Herzstück der aktiven Lagerung ist ein Stapel aus vielen dünnen Elastomer- und Elektroden-schichten. Auf den alternierend angeschlossenen Elektroden bilden sich bei anliegender elektrischer Spannung wie in einem Plattenkondensator Ladungen aus, die eine elektrostatische Anziehungskraft der Elektroden hervorrufen. Die weichen Elastomerschichten werden zusammengedrückt, wobei das inkompressible Elastomer-material in kleine Löcher in den Elektroden-schichten ausweichen kann. Dadurch wird eine makroskopische Deformation des Stapels erzielt.

Der Kern der hier beschriebenen Technik wurde unter der Nummer EP 2 630 674 B1 patentiert.

Aktive Elastomerlager – vorteilhaft für Ihre Anwendung

Durch Wechsellastung können die Elastomere gezielt zu Schwingungen angeregt werden. Mit einer geschickten Regelung lässt sich so die Leistungsfähigkeit von Lagern steigern und Maschinen werden ruhiger und leiser. Sollte die Elektronik einmal ausfallen, bleiben die günstigen passiven Eigenschaften des Elastomers für die Lagerung weiterhin erhalten.

Das am Fraunhofer LBF entwickelte Design eignet sich für die Lagerung schwingender Maschinen wie beispielsweise Motoren oder Pumpen, sodass der Schwingungseintrag in die Umgebung minimiert wird. Aber auch der umgekehrte Fall, die schwingungstechnische Entkopplung, ist mit Hilfe der aktiven Elastomerlager möglich: Schwingungsempfindliche Geräte wie Mikroskope oder hochpräzise Anlagen in der Halbleiterindustrie lassen sich durch die aktive Lagerung ganz ruhig aufbauen. Im Labor konnte mit einer 100-schichtigen aktiven Elastomereinheit der Beginn des Isolationsbereichs von 100 auf 10 Hz verschoben werden.

Darüber hinaus lassen sich perspektivisch auch sensorische Funktionen integrieren. Damit können zum Beispiel die im Betrieb über das Lager laufenden Kräfte überwacht und so Schäden frühzeitig erkannt werden. Unsere hochspezialisierten

Teams entwickeln gemeinsam mit Ihnen passende Lösungen für Ihre individuelle Anwendung.

Summary To increase the functionality of conventional elastomer mounts, scientists at Fraunhofer LBF are exploring the use of active mounts based on dielectric elastomers. They can generate dynamic forces which are introduced into the structure to reduce the unwanted vibrations in a broadband frequency range. As a result, it is possible to achieve good decoupling in the isolation frequency range while simultaneously reducing the vibration peak in the resonant range. The Fraunhofer experts are systematically researching many unresolved scientific questions, such as reliability, suitable manufacturing technology and an efficient power amplifier.

»Im Alltag sehen Sie immer wieder Elastomerelemente, die zur Schwingungsentkopplung dienen. Mich fasziniert der Gedanke, dass man durch elektrische Spannung ihre Leistungsfähigkeit steigern und Maschinen noch ruhiger machen kann.«

Dr. William Kaal,
Gruppenleiter Schwingungstechnische Optimierung



Abb. 1: Die inäquidistante Verzahnung erhöht den Komfort von Endprodukten und kann Kundenreklamationen verhindern.
Fig. 1: The inequidistant gearing can increase comfort and reduce the risk of customer complaints.



SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT, MASCHINENAKUSTIK, KOMFORT

Innovative inäquidistante Verzahnung zur Geräuschkürzung an Zahnradgetrieben.

Innovative inequidistant gearing used to reduce gear noise.

Contact: Philipp Neubauer, M.Sc. · Phone: +49 6151 16-23594 · neubauer@sam.tu-darmstadt.de



Während die Getriebegeräusche in Pkw früher durch andere Geräuschquellen (beispielsweise einen Verbrennungsmotor) verdeckt (»maskiert«) wurden, so fallen sie in Elektrofahrzeugen mehr und mehr negativ auf. Verzahnungen von Getrieben erzeugen überwiegend unangenehme tonale Geräusche und werden daher als besonders störend empfunden. Die Minderung insbesondere der tonalen Geräuschkomponenten ist Kern der inäquidistanten Verzahnung.

Geräuschkürzung unter psychoakustischen Aspekten

Bei der Drehbewegung konventioneller Zahnräder entsteht durch die streng regelmäßige Anordnung der Zähne entlang des Zahnradumfangs eine periodische Schwingungsanregung und somit ein tonales Geräusch. In der Akustik spricht man von Getriebeheulen (engl. gear whine). Ein neuer, bisher unbeachteter Ansatz zeigt, dass ein gezieltes Einbringen von Unregelmäßigkeiten in die Verzahnung akustische Vorteile bietet. Am Fachgebiet Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM der TU Darmstadt konnten mehrere Möglichkeiten entwickelt werden, um Unregelmäßigkeiten gezielt in die Verzahnungsgeometrie einzubringen und so das Geräusch durch Aufbrechen der Periodizität zu verringern. Eine Ausführung einer Stirnradpaarung mit inäquidistanter

Verzahnung (Abb. 4) wurde konstruiert, um sie mit einer konventionellen äquidistanten Verzahnung vergleichen zu können.

Mittels Rapid Prototyping wurden die inäquidistanten Zahnräder am Fraunhofer LBF durch selektives Lasersintern (additives Fertigungsverfahren) aus Polyamid (PA12) hergestellt. An einem akustischen Getriebepfand (Abb. 1) wurde die Verzahnung experimentell untersucht. Exemplarisch werden die experimentellen Ergebnisse der objektiven Größe des Schallschalldrucks (SPL, in dB (Z)) (Abb. 2 oben) und der psychoakustischen Lautheit (in Sone) (Abb. 2 unten) vorgestellt. Auf der Internetseite des Fachgebiets SAM sind Soundbeispiele aus diesen experimentellen Untersuchungen zu finden (Kurzlink: www.tinyurl.com/sam-inverz). Es ist zu erkennen, dass die inäquidistante Verzahnung (rot) über nahezu alle Drehzahlen hinweg einen geringeren Schallschalldrucks (oben) erzeugt als eine vergleichbare äquidistante Verzahnung (schwarz). Zusätzlich nimmt durch die inäquidistante Verzahnung die Welligkeit des Kurvenverlaufs ab (verringerte Anregung von Resonanzen angrenzender Strukturen). Die psychoakustische Lautheit (unten) repräsentiert die vom Menschen subjektiv wahrgenommene Lautstärke des Geräusches. Die Kurve der inäquidistanten Verzahnung (rot) liegt hier noch weiter unterhalb der Kurve der äquidistanten Verzahnung (schwarz) als beim Schallschalldruckspegel.

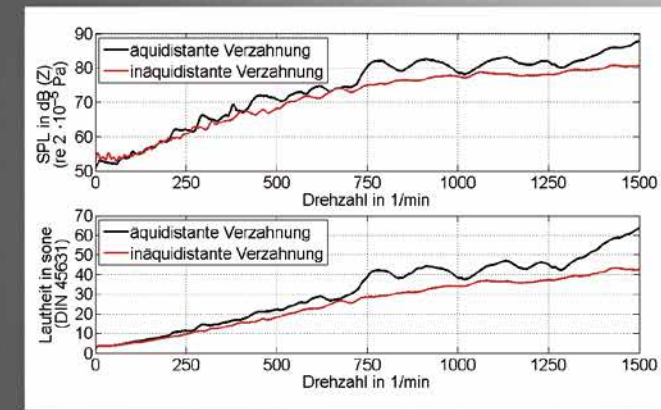


Abb. 2: Experimentelle Ergebnisse: Schallschalldruckspegel (oben) und psychoakustische Lautheit (unten) der inäquidistanten Verzahnung (rot) im Vergleich zu einer konventionellen äquidistanten Verzahnung (schwarz).
Fig. 2: Experimental results: sound pressure level (top) and psychoacoustic loudness (bottom) of the inequidistant gearing (red) compared to a conventional equidistant gearing (black).

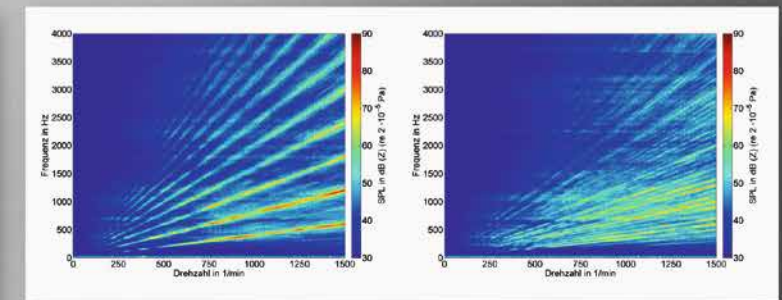


Abb. 3: Campbell-Diagramme einer konventionellen (links) und einer inäquidistanten (rechts) Verzahnung.
Fig. 3: Campbell diagrams of a conventional (left) and an inequidistant gearing (right).



Abb. 4: Ausführungsbeispiel einer inäquidistanten Verzahnung mit unregelmäßigen Zahndicken und Zahnpositionen.
Fig. 4: Example of an inequidistant gearing with irregular tooth thicknesses and tooth positions.

Dies belegt anschaulich, dass das Geräusch durch den Menschen subjektiv nochmals erheblich leiser wahrgenommen wird als der gemessene objektive Schallschalldruckspegel zeigt. In den Campbell-Diagrammen (Abb. 3) ist zu erkennen, dass die tonalen Geräuschkomponenten bei der inäquidistanten Verzahnung in ein eher gleichmäßiges Gemisch von Tönen übergehen. Die akustische Wirksamkeit der inäquidistanten Verzahnung konnte somit insbesondere in Bezug auf die Verringerung lästiger Geräuschkomponenten eindeutig nachgewiesen werden.

Customer Benefits The innovation potential of the inequidistant gearing to reduce gear noise is very high. Customer benefits are, for example, the noise reduction of gears, particularly the reduction of annoying tonal noise. The acoustic comfort can be increased at any human/machine interface containing gear wheels (e. g., electric vehicles, industrial robots, household appliances, ...). The risk of expensive product callbacks and the damage of reputation can therefore be decreased. Changes only in the design of the gear wheels avoid costs for additional parts or electronic components.

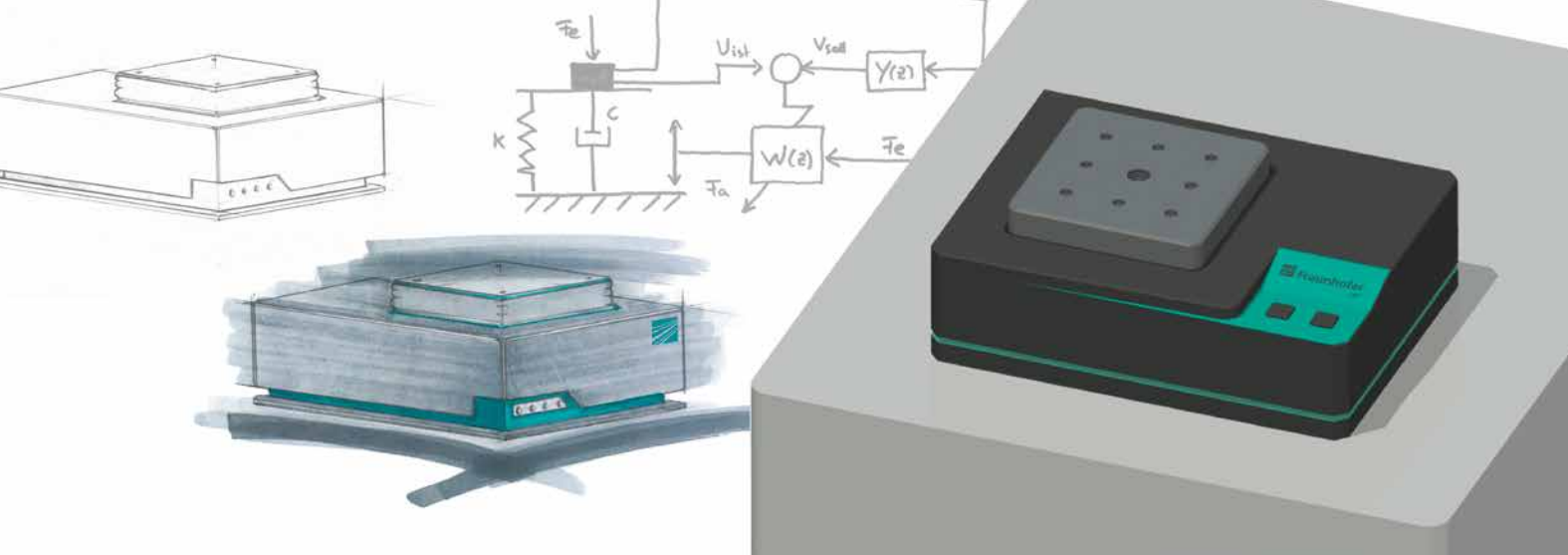
Summary Upon engagement of spur gears, a periodic excitation of adjacent structures occurs due to the strictly regular

arrangement of the teeth. The resulting noise is called gear whine and is characterized by its distinct tonality. In order to reduce the whining noise of gear drives a new approach is investigated at the research group System Reliability, Adaptive Structures and Machine Acoustics SAM of Technische Universität Darmstadt. The principle of an ideally uniform (equidistant) pitch along the circumference of spur gears is transgressed. By means of a specific variation of individual tooth positions and tooth thicknesses the inequidistant gearing emerges. This new approach changes the noise in such a way that the tonality and the psychoacoustic loudness are decreased.



Dr.-Ing. Konstantin Völker – Entwicklung Getriebe, Technische Akustik, SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG

»Die Geräuschkürzung bei Zahnradgetrieben ist für unser Unternehmen von großem Interesse und wir verfolgen aufmerksam Produktinnovationen und Neuentwicklungen in diesem Bereich. An unseren Getriebemotoren können wir uns nach einer erfolgreichen Validierung eine Anwendung der inäquidistanten Verzahnung vorstellen. Einen Mehrwert sehen wir für uns in geräuschkritischen Anwendungen.«



STRUKTURDYNAMIK, REGELUNGSTECHNIK, SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT

Potenzial von In-the-Loop-Technologien lückenlos nutzen.

Exploit the full potential of In-the-Loop technologies.

Contact: Jonathan Millitzer · Phone: +49 6151 705-8218 · jonathan.millitzer@lbf.fraunhofer.de

Moderne mechatronische Systeme integrieren eine große Anzahl von Funktionen und besitzen vielfältige Schnittstellen mit ihrer Umgebung. Um solche Systeme im Versuchsfeld testen zu können, ist eine realitätsnahe Simulation ihrer Umgebung erforderlich. Im Bereich komplexer mechatronischer Systeme sind dabei die realitätsnahe Nachbildung von mechanischen Wechselwirkungen sowie der Austausch von elektrischen Energie- und Informationssignalen des zu testenden Systems mit seiner Umgebung von besonderem Interesse.

Virtuelle Echtzeitsimulation

Die Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme folgt im Allgemeinen dem V-Modell. Wie gut bestehende Anforderungen an ein zu entwickelndes System tatsächlich erfüllt wurden, kann dabei oftmals erst im Feldversuch evaluiert werden, da dort alle relevanten Wechselwirkungen zwischen dem zu testenden System mit seiner Umgebung berücksichtigt werden. In Folge dessen entsteht ein hoher Aufwand für die Funktionsvalidierung, und die Kosten für eine Nachbesserung am bereits realisierten Gesamtsystem sind hoch. Dies erklärt die Motivation, Komponententests realitätsnäher zu gestalten und Wechselwirkungen zwischen dem Prüfling und seiner Umgebung bereits am Prüfstand nachzubilden.

Im Bereich der Funktionsvalidierung eingebetteter Steuergeräte tauscht das Steuergerät mit der Echtzeitsimulation des virtuellen Restsystems Signale und Informationen aus. Ein Hardware-in-the-Loop-Test auf Signalebene ermöglicht somit einen frühzeitigen und reproduzierbaren Komponententest auch unter kritischen Systemzuständen.

Das Fraunhofer LBF verfolgt das Ziel, die In-the-Loop-Technologie ebenfalls auf mechanische und leistungselektrische Systeme zu erweitern. Durch Power-Level oder Mechanical-Level Hardware-in-the-Loop können also, wie das Beispiel eines adaptronischen Systems zeigt (Abb. 1), ebenfalls Leistungsverstärker für elektromechanische Aktoren oder die Aktoren selbst an einem virtuellen Restsystem getestet werden.

Zur Kopplung des zu testenden Teilsystems mit der virtuellen Echtzeitsimulation seiner Umgebung werden dabei leistungselektrische und mechanische Energieschnittstellen eingesetzt, die selbst eine geregelte Leistungselektronik oder ein aktives Struktursystem darstellen. Die am LBF realisierten Prüfumgebungen für leistungselektrische und mechanische Systeme zeichnen sich durch die Integration adaptiver Regel-

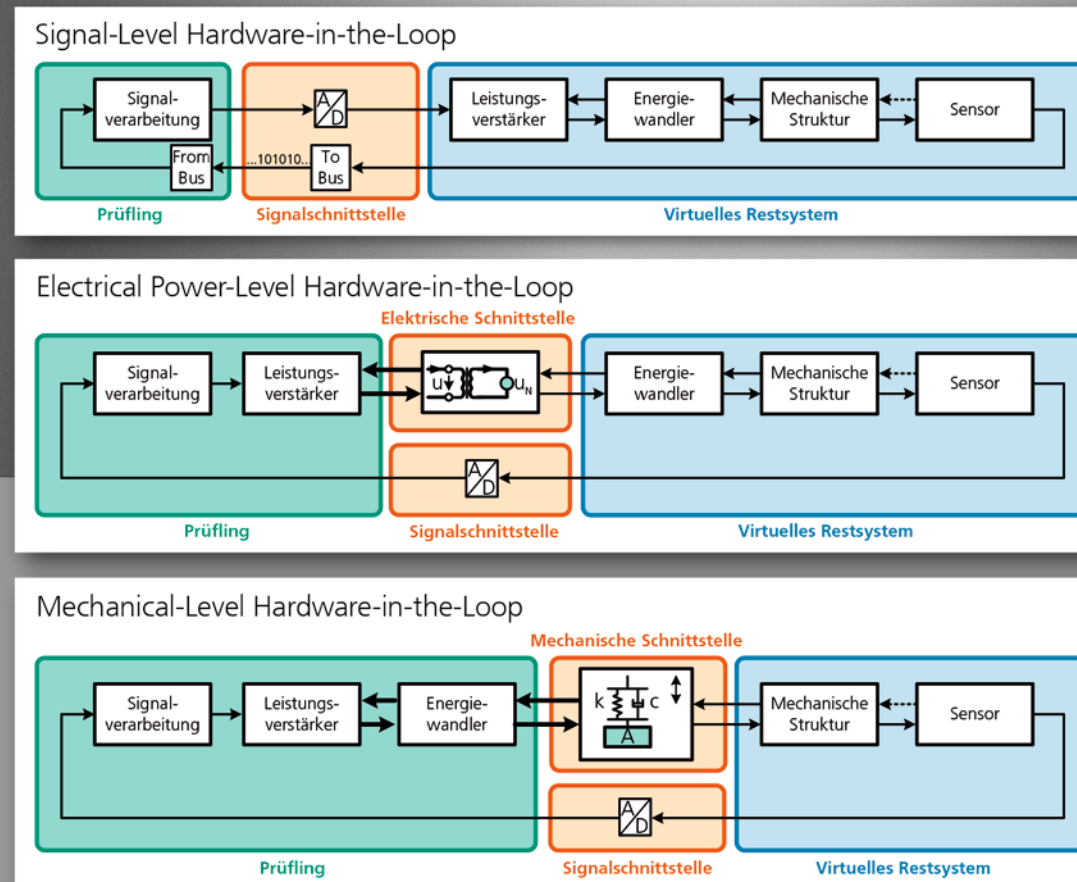


Abb. 1: Unterscheidung zwischen Hardware-in-the-Loop-Tests auf Signalebene und für leistungselektrische und mechanische Komponenten. Fig. 1: Different types of Hardware-in-the-Loop tests for signal processing, power electronic and mechanical systems.

algorithmen, leistungsfähiger Aktoren, echtzeitfähiger Simulationsmodelle und einer optimierten strukturdynamischen Auslegung durch eine hohe Signalgüte aus. Auf diese Weise kann zukünftig der Entwicklungsprozess mechatronischer Systeme mit hoher Bandbreite und Dynamik durch die Echtzeitsimulation der mechanischen und leistungselektrischen Umgebungsbedingungen profitieren.

Customer Benefits In-the-Loop testing allows for the realistic validation of mechatronic subsystems and thus for the enhancement of the product development process. System developers as well as manufacturers of complex test environments benefit from early, variable and reproducible testing. Fraunhofer LBF experts support their customers in the pursuit of related questions and increase in cooperation the long-term innovative strength of their project partners.

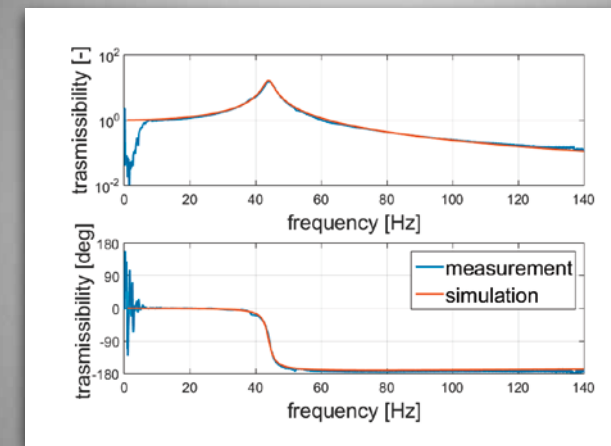
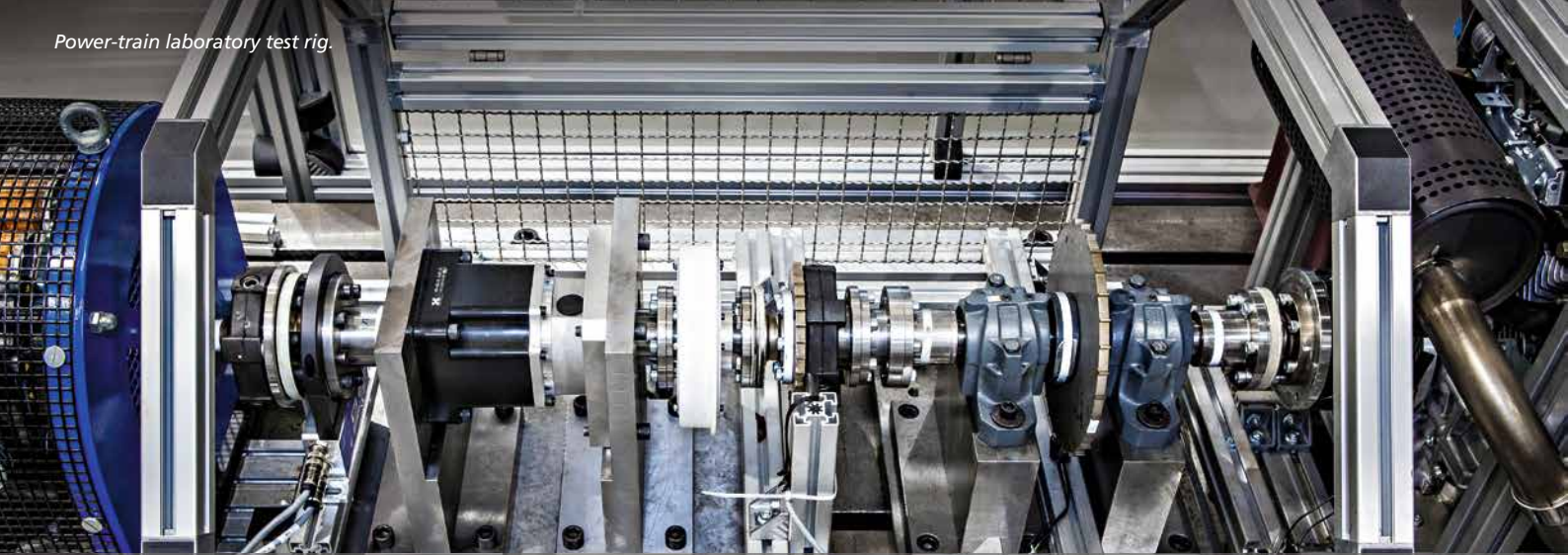
Summary The integration of real-time simulations in test environments allows the efficient development and verification of the individual components of a mechatronic system in many cases. Currently, this especially applies for the test-driven development of embedded control units and their corresponding

software. A reduced number of field tests, the automated run of test procedures and the application of error injection methods can be achieved by the widely used Hardware-in-the-Loop technique. Fraunhofer LBF aims for the extension of In-the-Loop technologies for the validation of mechanical and power electronic subsystems.

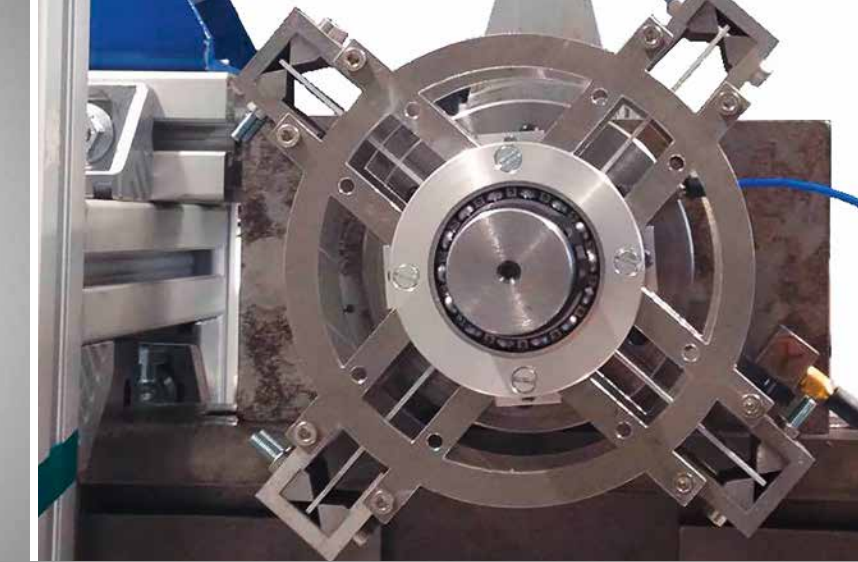
»Durch die Kopplung einer virtuellen Echtzeitsimulation mit einem signalverarbeitenden, mechanischen oder leistungselektrischen Teilsystem schließen wir die Lücke zwischen modellbasierter Entwicklung und dem Systemtest unter Betriebsbedingungen.«

Jonathan Millitzer,
Gruppenleiter Regelungstechnik, Fraunhofer LBF





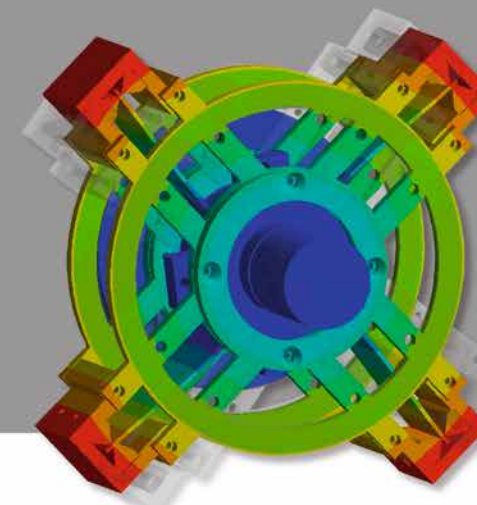
Transmissibility of the prototype.



Prototype of the rotational energy harvesting vibration absorber (EHVA).

SMART STRUCTURES, NUMERICAL ANALYSIS, STRUCTURAL DYNAMICS

Rotational energy harvesting vibration absorber integrated in power sources.



Finite element simulation of the first eigenfrequency mode shape.

Contact: Sara Perfetto, M.Sc. · Phone: +49 6151 705-298 · sara.perfetto@lbf.fraunhofer.de
 Francesco Infante, M.Sc. · Phone: +49 6151 705-280 · francesco.infante@lbf.fraunhofer.de



In rotating machineries, torsional vibrations can be responsible for deterioration of the performances or decrease of the life time. On the other hand, vibrations can be applied in mechanisms for mechanical-to-electrical energy conversion, in order to supply sensors in-loco. Fraunhofer LBF has investigated the feasibility of an integrated device for energy harvesting and vibration reduction in rotating machineries.

New compact design

In automotive applications there are multiple power sources and high levels of vibrations. For instance in power-trains, undesirable torsional vibrations can result from the fluctuating torque caused by firing processes, unbalanced forces and other phenomena. In the past years, the automotive industry has been working hard to develop active controls and to optimize the design of mechanical components (i. e. suspensions or braking systems) in order to dissipate the vibrational energy. However, today the trend is to recover as much energy as possible to supply, for instance, small sensor networks for SHM by energy harvesters (EHs) directly where and when they

operate. The use of such systems to convert mechanical-to-electrical energy allows reduction of maintenance times and costs providing sensors that are truly autonomous. Among the conversion techniques available (i. e. piezoelectric, electrostatic and electromagnetic transducers), piezoelectric materials are often preferred because the energy density is three times higher than for other principles.

A typical vibrating structure is a cantilever beam with a tip mass. Models of such piezoelectric EHs have been extensively investigated in literature. On the other hand, the basic design of a vibration absorber (VA) is composed by a mass coupled through elastic connections (e. g. a cantilever beam) to a vibrating host structure. This configuration can also be adapted to be used for torsional vibrations. Since the principle of a torsional VA can have a design very similar to an EH, the idea to integrate piezoelectric transducers into the absorber arises. A concept design of a rotational energy harvesting vibration absorber (EHVA) has been proposed. A laboratory test rig of a power-train has been used as reference host structure. For correct tuning of the EHVA, the behaviour of the power-train

has been preliminary investigated. Both, a multibody simulation model of the host structure and a simulation model of the EHVA, have been implemented and validated experimentally. Thus, the effects due to the integration of the piezoelectric transducers and the influence of several design parameters have been carefully investigated. Promising results have been obtained from the preliminary experiments.

Customer Benefits Automotive companies as well as wind turbine or power-train industries operating in the marine sector can obtain an improvement of performance, more reliable systems with self-powered sensor networks for health condition monitoring and finally a reduction of energy transfer from stationary to rotating parts.

Summary The increasing interest in the field of energy harvesting has been especially driven by the need of replacing primary batteries in low powered electronics, as wireless sensors. The vibrations typically responsible of life time reduction of machines have become an attractive source for energy harvesting. This is particularly useful when the configuration of the system does not

allow an easy energy transfer, as in the case of rotating machineries e. g. power-trains. Since rotational vibration absorbers are often employed, piezoelectric transducers can be introduced for energy harvesting purposes. In Fraunhofer LBF a compact design of a rotational energy harvesting vibration absorber has been developed.



This research was funded by the European Commission via FP7 Marie Curie ITN EMVeM Project, GA 315967. This financial support is gratefully acknowledged.



Leichtbau

Lightweight Design



Strukturüberwachung eines Flugzeugsrumpfabschnitts aus Kohlenstofffaser.
Structural health monitoring of a carbon fiber aircraft fuselage section.

62



Faserverbund-Hinterachse mit Leichtbaupotenzial.
Chassis components in fiber-reinforced composite – rear axle with potential for lightweight construction.

64



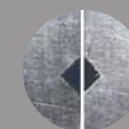
Fahrwerkskomponenten aus Faserverbund – Querlenker mit Leichtbaupotenzial und Funktionsintegration.
Control arm with potential for lightweight construction and functional integration.

66



CT-Analyse von Werkstoffen unter Last.
CT-analysis of materials under load.

68



Makroskopische Anrissüberwachung.
Macroscopic incipient crack monitoring.

70



Einfluss von Umweltbelastungen auf Sicherheitsbauteile.
Impact of environmental pollution on safety components.

72

› Immer leichter, immer sparsamer. So die Maxime insbesondere der Mobilitätsbranchen. Mit maßgeschneiderten Prüfkonzepten wollen wir das bauteilgebundene Werkstoffverhalten auch in komplexen Umgebungen besser verstehen und so die Möglichkeit schaffen, sowohl das Leichtbau- als auch das Festigkeitspotenzial optimal zu auszunutzen. ‹



*Bodentest im Labor: Ein spezieller Messaufbau erfasst die durch Aufblasen simulierte zyklische Innendruckbelastung an einem Flugzeugrumpf.
Ground test in the laboratory: A special measurement setup detects the cyclic internal pressure load on an aircraft fuselage simulated by inflation.*



*Der hochpräzise Messaufbau aus dem Fraunhofer LBF kann die Verformungen an CFK-Strukturen sehr genau erfassen und darstellen.
The high-precision measurement setup from Fraunhofer LBF can detect and display the deformations to carbon fiber structures very accurately.*



*Fraunhofer LBF Konnektor für integrierte Sensoren in Composite Strukturen.
Fraunhofer LBF connector hub for integrated sensors in composite structures.*

FUNKTIONSINTEGRATION, SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT, MONITORING

Strukturüberwachung eines Flugzeugrumpfabschnitts aus Kohlenstofffaser.

Structural health monitoring of a carbon fiber aircraft fuselage section.

Contact: Oliver Schwarzhaupt · Phone: +49 6151 705-490 · oliver.schwarzhaupt@lbf.fraunhofer.de
Conchin Contell Asins, M.Eng. · Phone: +49 6151 705-8462 · conchin.contell.asins@lbf.fraunhofer.de

Durch den zunehmenden Einsatz von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffteilen im Luftfahrtbereich zur Reduktion des Flugzeuggewichts wird der Nachweis ihrer Zuverlässigkeit im Flugbetrieb immer wichtiger. Diesen Nachweis anhand eines Strukturüberwachungssystems für eine Flugzeug-Rumpfstruktur aus Kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) zu erbringen, hat sich das Fraunhofer LBF in Zusammenarbeit mit zwei anderen Fraunhofer-Instituten vorgenommen.

An den richtigen Stellen messen: Flugzeugrumpf im Belastungstest

Um das Verhalten großskaliger CFK-Strukturen von Flugzeugen während des Flugs zu untersuchen, hat ein Team aus Forschern des Fraunhofer LBF mit einem speziellen Messaufbau die Rumpfstruktur eines Flugzeugs überwacht. Dazu wurde der Flugzeugrumpf in einem Bodentest einer zyklischen Innendruckbelastung unterzogen. Dieses wiederholte Aufblasen des abgeschlossenen Rumpfs simuliert die Ausdehnung der Struktur in großer Flughöhe.

Ziel der Messungen war es, robuste Daten zu erhalten, die mit den theoretischen Berechnungen der Flugzeughersteller über das Verhalten von CFK-Großstrukturen verglichen werden

können, um damit zukünftig solche Bauteile effizienter auslegen zu können.

Mit dem auf dem Flugzeugrumpf großflächig aufbrachten Sensor-Überwachungsnetzwerk aus optischen Messfasern zur Dehnungs- und Spannungsüberwachung sowie dem piezo-basierten Strukturüberwachungssystem zur Erkennung von Veränderungen in der Struktur und im Material ist es möglich, das Verhalten eines kompletten Flugzeugrumpfs zu analysieren und zu überwachen und Veränderungen in der Struktur zuverlässig aufzunehmen.

Die optischen Messfasern legten die Forscher an der zum Flugzeuginnenraum gewandten Seite und an der Außenhaut des Rumpfs an. Die dünnen, länglichen Glasfasern eignen sich gut, um auch sehr schwache Veränderungen von größeren Bauteilen anzuzeigen. Außerdem wurde an der Rumpfunterseite ein piezo-basiertes Netzwerk zur Strukturüberwachung appliziert.

Die Tests sind Teil von Clean Sky, einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Europäischen Kommission und der europäischen Luftfahrtindustrie. Ziel ist es, insgesamt noch leichtere CFK-Bauteile zu konstruieren, also unnötiges Material

und damit Treibstoff einzusparen, die Teile länger im Einsatz zu belassen und deutliche Einsparungen bei Wartung und Austausch zu erzielen und somit Flugzeuge wirtschaftlicher und umweltfreundlicher zu betreiben. Mit einem solchen System wäre es möglich, die Struktur am Boden und während des Flugs auf ihren Zustand hin zu überwachen. Als Testflugzeug diente ein Mittelstreckenmodell für etwa 70 Passagiere.

Customer Benefits It is possible, using the measurements carried out at Fraunhofer LBF, to detect and display deformation of the carbon fiber aircraft structure very accurately. This knowledge can be used in future to produce lighter, optimized components which will lead to weight reduction and therefore fuel savings. This structural health monitoring can also be used to significantly prolong the operating times of the components thus reducing costs and increasing operational reliability.

Summary To investigate the behavior of a carbon fiber aircraft structure under internal pressure load during flight, scientists at Fraunhofer LBF developed a measurement concept as part of the European aviation research project Clean Sky which was subsequently installed and used in an aircraft fuselage. With these measurements based on optical measuring fibers and piezo-based sensors, it was possible to determine the real loads at

high altitude and to monitor the structure. Based on these results, it is now possible to optimize components and thus save weight. As a result of structural health monitoring, these components can also remain in service longer before needing to be replaced.

»Durch die Entwicklung eines übergreifenden Überwachungssystems für die Aufnahme von Belastungen sowie von Änderungen in der Struktur und dessen erfolgreiche Erprobung unter realen Einsatzbedingungen konnte ein wesentlicher Beitrag für das Vorantreiben des wirtschaftlichen Flugzeugbaus respektive der sicheren und ökologischen Luftfahrt geleistet werden.«

Oliver Schwarzhaupt, Betriebsfester und Funktionsintegrierter Leichtbau





Experimentelle Prüfung der CFK-Komponente der Leichtbauhinterachse.
Experimental testing of CFRP-component of lightweight rear axle.

BETRIEBSFESTIGKEITSBEWERTUNG, PROTOTYPENBAU, FERTIGUNGSKONZEPT

Faserverbund – Hinterachse im Feldeinsatz erprobt.

Fiber-reinforced composite – rear axle successfully tested in field trials.

Contact: Paul Becker, M.Eng. · Phone: +49 6151 705-510 · paul.becker@lbf.fraunhofer.de
Prof. Dr. Andreas Büter · Phone: +49 6151 705-277 · andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de

Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts »epsilon« entwickelte das Fraunhofer LBF eine Leichtbauhinterachse aus Faserverbund für einen Kleinwagen mit einem elektrischen Antrieb. Diese Leichtbauhinterachse wurde in das im Projekt entwickelte Fahrzeug »The small electric vehicle for urban spaces« eingebaut und im Fahrversuch erfolgreich erprobt.

Gegenwärtige Situation

Momentan werden Fahrwerkskomponenten häufig aus metallischen Werkstoffen hergestellt. Leider kann bei diesen Werkstoffen das Leichtbaupotenzial nicht vollständig ausgeschöpft werden und häufig stößt man mit den zur Verfügung stehenden Fertigungsverfahren an konstruktive Grenzen. Faserverbunde sind durch ihre richtungsabhängigen Materialeigenschaften für Leichtbauanwendungen bestens geeignet.

Der Faserverbund als Werkstoff bietet hinsichtlich seiner zur Verfügung stehenden Konstruktionsphilosophien und Fertigungstechnologien neue Möglichkeiten für die Produktion und Produkte von morgen.

Leichtbau Hinterachse

In einer Vorstudie wurde die Hinterachse hinsichtlich des Leichtbaupotenzials analysiert. Dabei stellte sich heraus, dass der Metallhinterachsträger hinsichtlich Gewichtsreduzierung und Wirtschaftlichkeit das höchste Leichtbaupotenzial besitzt. Der Metallhinterachsträger wurde durch ein kohlenstofffaserverstärktes Bauteil (CFK-Bauteil) substituiert.

Das CFK-Bauteil wurde durch das Flechtverfahren auf einem Schaumkern mit Hilfe einer Radialflechtmaschine hergestellt. Dabei ermöglicht die Verwendung der Robotertechnik eine kurze Zykluszeit und reproduzierbare Herstellqualität.

Die angrenzenden Radträger sowie die Anbindung an die Karosserie bestehen aus Metall und müssen an den Hinterachsträger angebunden werden. Dazu wurden dünne Metallhülsen mit einem T-IGEL® Profil an den Anbindungsstellen in den Hinterachsträger eingeflochten. Mit dieser Technologie kann im Flechtprozess eine hochfeste Verbindung zwischen Metall und dem Faserverbund hergestellt werden. Die Radträger wurden in einem weiteren Fertigungsschritt an die Hülsen angeschweißt.

Bei einem Gesamtgewicht der Neukonstruktion von 12 kg konnte eine Gewichtsreduktion von 37 Prozent erzielt werden. Im Fahrversuch hat die Leichtbauhinterachse des im Projekt »epsilon« entwickelten Fahrzeugs »The small electric vehicle for urban spaces« ihre Betriebssicherheit und Fahrkomfortperformance unter Beweis gestellt.

Customer Benefits In future it must not only be possible to produce new products that are lighter in weight and lower in cost, they must also be designed within a very short development period and in such a way that they provide reliable service during their use. As an expert development partner, Fraunhofer LBF will assist you to complete the design of your lightweight components quickly and reliably. During the development process, we take the entire life cycle into account from concept and preliminary design to production, type testing and approval.



Leichtbauhinterachse (Prototyp)
Lightweight rear axle (prototype)

Summary The chassis components De-Dion rear axle shows where there is potential for lightweight construction in the chassis area by using fiber-reinforced composites. The weight reduction generated by this new development by comparison with corresponding conventional chassis components amounts to 37 percent in the rear axle. The entire development process was mapped, from establishing the concept, numerical calculations and optimizations to prototype production and type testing. The newly developed lightweight rear axle has been successfully tested on the test rig and demonstrates reliable and faultless operation under real conditions in field trials.



epsilon



Funded by the Seventh Framework Programme of the European Union.



ENTWICKLUNGSPROZESS, BETRIEBSFESTIGKEITSBEWERTUNG, STRUKTURÜBERWACHUNG

Fahrwerkskomponenten aus Faserverbund – Leichtbauquerlenker mit Funktionsintegration.

Chassis components in fiber-reinforced composite – lightweight control arm with function integrated design.

Contact: Paul Töws, M.Eng. · Phone: +49 6151 705-8508 · paul.toews@lbf.fraunhofer.de
 Prof. Dr. Andreas Büter · Phone: +49 6151 705-277 · andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de



Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts »ENLIGHT« entwickelte das Fraunhofer LBF einen Leichtbauquerlenker mit Funktionsintegration für ein Mittelklassefahrzeug. Der besondere Schwerpunkt lag auf der fasergerechten und betriebsfesten Auslegung und der Integration eines Strukturüberwachungssystems. Dabei wurde der Querlenker aus Faserverbund (FKV-Querlenker) ausgelegt, prototypisch gefertigt und unter realen Belastungsfällen mechanisch geprüft.

Gegenwärtige Situation

Momentan werden Fahrwerkskomponenten häufig aus metallischen Werkstoffen hergestellt. Leider kann bei diesen Werkstoffen das Leichtbaupotenzial nicht vollständig ausgeschöpft werden und häufig stößt man mit den zur Verfügung stehenden Fertigungsverfahren an konstruktive Grenzen. Faserverbunde sind durch ihre richtungsabhängigen Materialeigenschaften für Leichtbauanwendungen bestens geeignet.

Der Faserverbund als Werkstoff bietet hinsichtlich seiner zur Verfügung stehenden Konstruktionsphilosophien und Fertigungstechnologien neue Möglichkeiten für die Produktion und Produkte von morgen.

Querlenker aus Faserverbund

Der FKV-Querlenker wurde konstruiert, numerisch betriebsfest ausgelegt und prototypisch gefertigt. Lokale Verstärkungsfasern übernehmen die Lastübertragung vom Rad an das Chassis. Durch diese Konstruktionsweise konnte das Gewicht um 35 Prozent im Vergleich zu einem konventionellen Metallquerlenker reduziert werden.

Die prototypische Herstellung des FKV-Querlenkers erfolgte im LBF mit dem Handlaminierverfahren. Dabei wurde in den schichtweisen Aufbau ein Load-Monitoring System in den Querlenker integriert um diesen hinsichtlich auftretender Beschädigung durch die Betriebslasten zu überwachen. Somit können Wartungsintervalle verschleißgerecht durchgeführt und die Bauteilsicherheit erhöht werden. Bei der Schwingfestigkeitsprüfung des FKV-Querlenkers wurde eine schädigungsäquivalente Belastung aus Fahrversuchsdaten eines Mittelklassefahrzeugs abgeleitet. Nach dem erfolgreichen Durchlaufen eines Bauteillebens wurde die Last schrittweise für ein weiteres Bauteilleben erhöht. Insgesamt hat der Querlenker vier Bauteilleben mit Laststeigerung ertragen, bis er bei doppelter Last an den Lasteinleitungselementen versagte.

Leichtbauquerlenker (Prototyp)
 Lightweight control arm (prototype)



Diese Ergebnisse und Erkenntnisse fließen in die Weiterentwicklung und Optimierung von Fahrwerkskomponenten ein.

Customer Benefits The potential for lightweight construction in cars is by no means exhausted. Particularly in the safety component field, people still resort to traditional materials such as metals due to a lack of design and testing methods. Fraunhofer LBF will support you with the design, analysis, production, testing and approval of your innovative lightweight components. In terms of added value, Fraunhofer LBF can provide a wide variety of design concepts for integrating functions into one component.

Summary The control arm made of fiber-reinforced composite shows the lightweight construction potential currently found in chassis components when fiber-reinforced composites are used. There is a 35 percent weight reduction in the fiber-reinforced composite control arm compared to the current control arm made of a metal. The multidisciplinary teams of Fraunhofer LBF are happy to advise throughout the product design process from concept to numerical design, production and component testing.

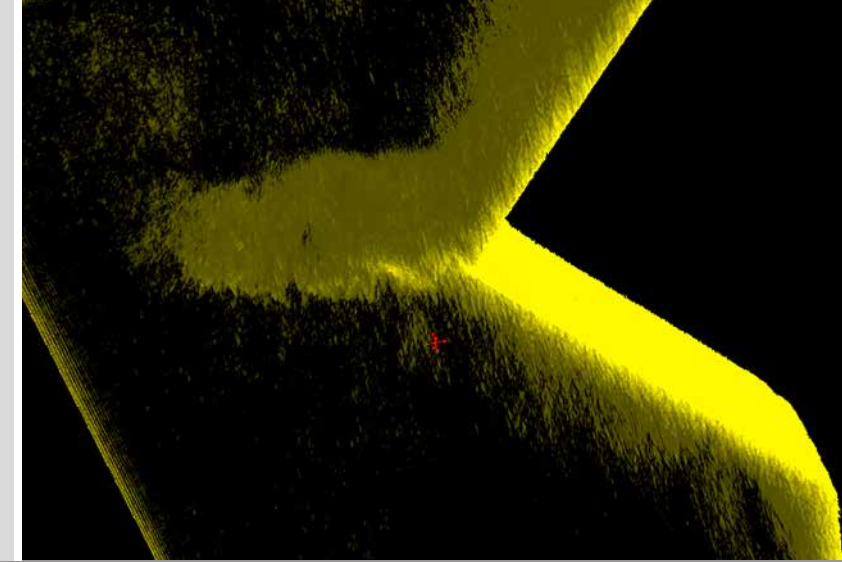
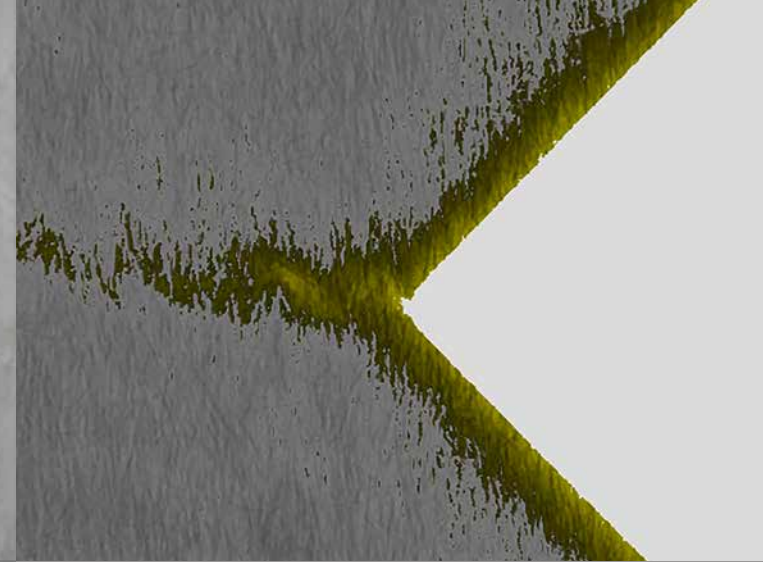
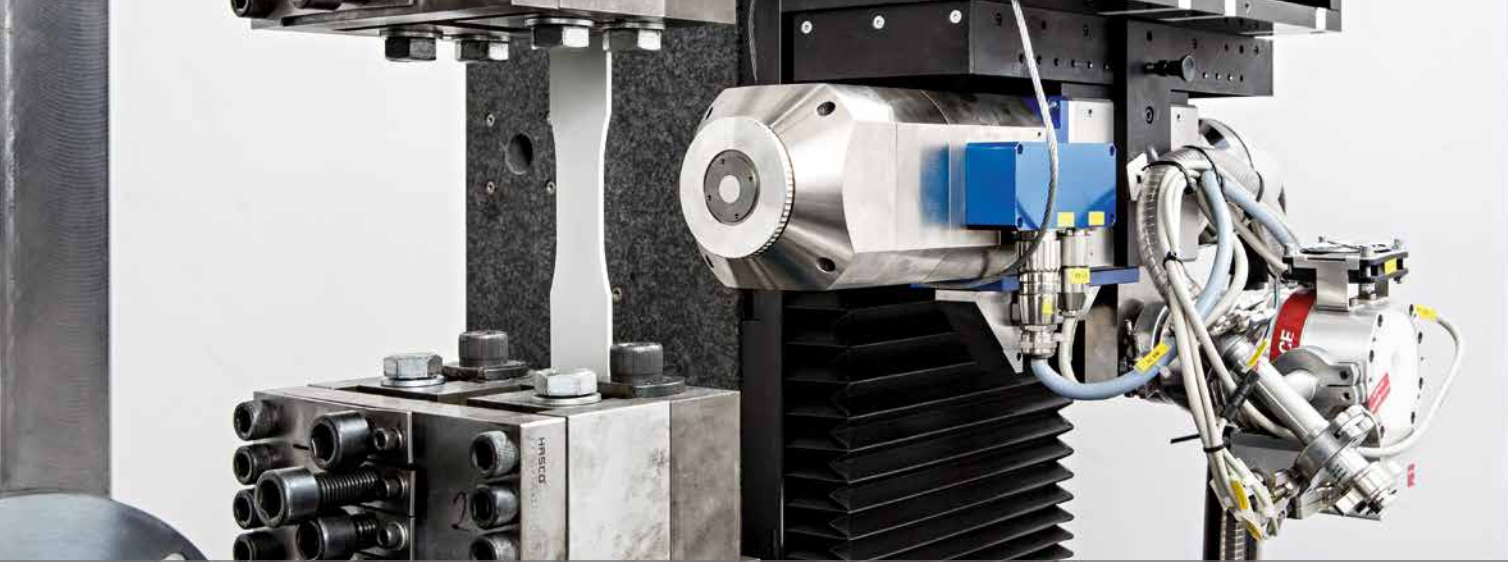
Successful functional integration of the structural health monitoring system ensures safety and structural health monitoring during operation. Drivers are therefore alerted to possible damage, and maintenance can be carried out at wear-appropriate intervals.



ENLIGHT



Funded by the Seventh Framework Programme of the European Union.



Rissfortschritt in der Kerbe einer faserverstärkten Kunststoffprobe.
Crack propagation in the notch of a fiber-reinforced plastic specimen.

Dreidimensionale (3D) Darstellung eines Risses in der Kerbe einer faserverstärkten Kunststoffprobe.
Three dimensional (3D) illustration of a crack in the notch of a fiber-reinforced plastic specimen.

NEUE PRÜFMETHODE, LEBENSDAUER, MATERIALCHARAKTERISIERUNG

CT-Analyse von Werkstoffen unter Last.

CT-analysis of materials under load.

Contact: Oliver Schwarzhaupt · Phone: +49 6151 705-490 · oliver.schwarzhaupt@lbf.fraunhofer.de
Lena Mavie Herkenrath · Phone: +49 6151 705-8488 · lena.mavie.herkenrath@lbf.fraunhofer.de



Für Industrie und Wissenschaft sind in vielen Bereichen zerstörungsfreie Materialprüfungen essentiell. Zum Verständnis von Schadensentstehung und Rissfortschritten im Material während der mechanischen Belastung eines Bauteils leistet die Kombination einer mechanischen Prüfmaschine mit einer CT-Anlage einen wichtigen Beitrag. Sie dient der Materialcharakterisierung und erleichtert die Beurteilung von Einschlüssen oder Schädigungen im Werkstoff bezüglich dessen Festigkeit und Lebensdauer.

Neue Prüfmethode entwickelt

Die neu entwickelte Prüfmethode des Fraunhofer LBF kombiniert in einzigartiger Weise die mechanische Prüfung eines Bauteils unter realistischen Belastungen mit der radiologischen Durchstrahlungsprüfung. Zu verstehen, wie Schäden im Material eines Bauteils entstehen, während es realistischen mechanischen Belastungen ausgesetzt ist, gehört zu den essentiellen Fragen in der Materialwissenschaft und war bisher so nicht möglich. Durch den Verbleib des geprüften Bauteils in der Röntgenanlage während der mechanischen Belastung kann der exakte Ort im Material während der gesamten Belastungsdauer beobachtet und analysiert werden. Bei bisherigen Konzepten konnte durch den abwechselnden Ein- und Ausbau

der Probe mit zwischenzeitlicher Durchstrahlungsprüfung diese notwendige Genauigkeit von wenigen Mikrometern nie erreicht werden. Das neue Fraunhofer Konzept stellt einen sehr großen Fortschritt in puncto Detailauflösung und Genauigkeit sowie der Wiederauffindbarkeit von möglichen Schadensursprüngen dar.

Während das Bauteil einer mechanischen dynamischen Lebensdauerbelastung unterzogen wurde, konnte durch die radiologische Untersuchung während dieses Zyklus die Entstehung und der Fortschritt der Schädigung beobachtet und dargestellt werden. Bei Kräften der Prüfmaschine von bis zu 250 kN können auch hochfeste Bauteile aus Kohlenstofffaser, wie sie insbesondere im Flugzeugbau Verwendung finden, untersucht werden. Im Verständnis über die Versagensmechanismen im Bereich von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen gibt es noch viel Untersuchungsbedarf.

Durch modernste bildgebende Verfahren können Risse und Schäden im Material plastisch und dreidimensional dargestellt werden und eröffnen damit viele Möglichkeiten der Analyse. Das hohe Auflösungsvermögen der Röntgenanlage von wenigen Mikrometern durch die Verwendung einer Mikrofokussionsröhre erlaubt das Erkennen von feinsten

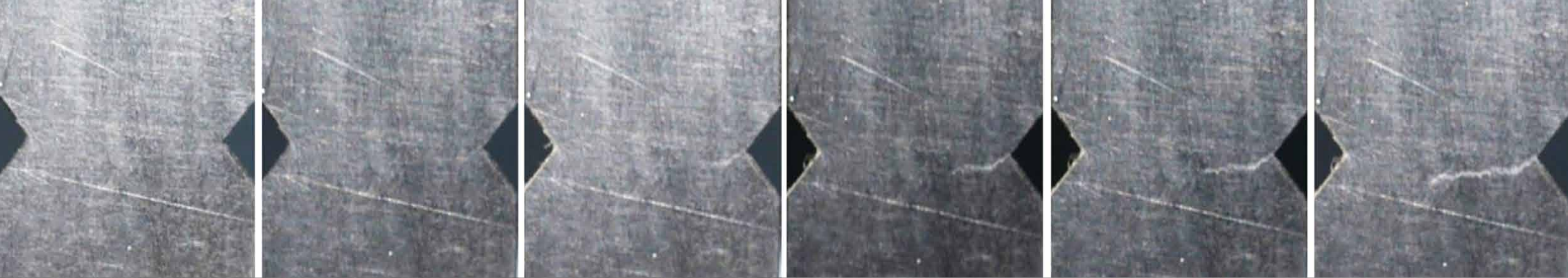
Schäden im Material schon von Beginn der Entstehung an oder kann kleinste Unregelmäßigkeiten im Material als Ort der Schadensentstehung nachweisen. Insbesondere im Bereich faserverstärkte Kunststoffe kann die Entstehung von Schäden auf Faserebene hin untersucht werden.

Customer Benefits With this newly developed concept, the highly specialized teams at Fraunhofer LBF can contribute significantly to solving the current problems surrounding the understanding of damage occurrence in materials under load, enabling them to provide valuable information for customers and scientists. Using this knowledge of the failure cause and failure sequence, material developers, design engineers and manufacturers can improve their materials, components and manufacturing processes even before an incipient crack, for example, becomes macroscopically visible. Overall, Fraunhofer LBF is making a major contribution to the understanding of materials and is much better able to analyze customer-specific issues in the area of material failure at an earlier stage.

Summary Fraunhofer LBF has developed a test concept to identify and analyze the occurrence of damage in the material of a component under realistic load during its life cycle. This concept makes it possible to mechanically test and irradiate specimens at the same time. This combination of mechanical dynamic testing machine and CT scanner now makes it possible to identify the occurrence of damage and crack propagation inside the material as it happens and display it 3-dimensionally. As a result, Fraunhofer LBF provides material developers and manufacturers as well as scientists with important, necessary information for a better understanding of material behavior and for material characterization.

»Wir leisten mit dem neuen Konzept einen großen Beitrag zum Thema Materialverständnis und können kundenspezifische Anforderungen im Bereich Materialversagen deutlich besser und in einem früheren Stadium beantworten.«
Oliver Schwarzhaupt, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Funktionsintegrierter Leichtbau





Bilderserie der makroskopischen Anrissüberwachung.
Image series of macroscopic incipient crack monitoring.

BETRIEBSFESTIGKEIT, EXPERIMENTELLE METHODE

Makroskopische Anrissüberwachung.

Macroscopic incipient crack monitoring.

Contact: Dominik Spancken, M.Eng. · Phone: +49 6151 705-412 · dominik.spancken@lbf.fraunhofer.de
Dr. Jörg Baumgartner · Phone: +49 6151 705-474 · joerg.baumgartner@lbf.fraunhofer.de



Die detaillierte Untersuchung des Anriss- oder Delaminationsverhaltens von Strukturbauteilen unter zyklischer Belastung bietet vielfältige Vorteile. So können das Leichtbaupotenzial der eingesetzten Werkstoffe besser eingeschätzt und ausgenutzt sowie die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Bauteilen und Strukturen erhöht werden. Zusätzlich kann an komplexen Strukturen mit einer Vielzahl von hochbeanspruchten Stellen eine belastbare Aussage über den Anrissort und das Ausbreitungsverhalten getroffen werden.

Funktionsweise der makroskopischen Anrissüberwachung

Häufig sind an Bauteilen konstruktionsbedingte Kerben vorhanden. Unter Betriebsbelastung können an diesen Stellen Risse entstehen, welche die Zuverlässigkeit und die Sicherheit beeinflussen. Wachsen Anrisse plötzlich mit einer hohen Geschwindigkeit, können technische Produkte schlagartig versagen. Dies darf bei sicherheitsrelevanten Bauteilen keinesfalls auftreten. Daher muss das Anrissverhalten von Werkstoffen und Bauteilen detektiert und überwacht werden können. Allerdings sind insbesondere für Kunststoffe materialspezifische Kennwerte meist nicht vorhanden, welche nötig sind, das Anriss- und Risswachstumsverhalten von Bauteilen und Werkstoffen zu charakterisieren. Mit der vom Fraunhofer LBF

entwickelten Methode können diese Kennwerte ohne großen Mehraufwand im Rahmen typischer Schwingfestigkeitsversuche bestimmt werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse lassen sich zur zuverlässigen Auslegung von Bauteilen und Identifikation der Schädigungsmechanismen verwenden. Dies eröffnet die Möglichkeit, Leichtbau- und Werkstoffpotenziale besser auszunutzen.

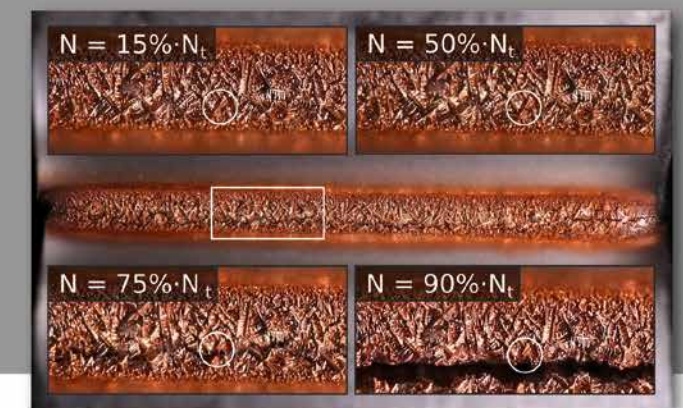
Die beschriebene Methode zur Anrissüberwachung kann ohne großen Mehraufwand in herkömmliche Schwingfestigkeitsversuche integriert werden und liefert einen signifikanten Mehrwert zum Zustand und Verhalten der Probe oder des Bauteils während des Versuchs. Der Schwingfestigkeitsversuch wird nach einer zuvor festgelegten Anzahl von Schwingspielen gestoppt. In dieser Haltephase wird die Probe oder das Bauteil mit einer definierten Belastung belastet, so dass entstandene Risse sich öffnen. Gleichzeitig fertigt eine hochauflösende Kamera unter optimierter Ausleuchtung eine aktuelle Aufnahme des Zustands an. Die Methode ist so aufgebaut und optimiert, dass diese vollautomatisch und online vonstatten geht.

Insbesondere an Faserverbunden ist das Versagensverhalten komplex, aber für die Bauteilbewertung von hoher Wichtigkeit. Dort kann die Methode u. a. zur Untersuchung von Delamina-

tionsvorgängen verwendet werden. Bei Untersuchungen an kurzglasfaserverstärktem Polyamid wurde mit der Methode z. B. auch herausgefunden, dass bei diesem Werkstoff an gekerbten Proben die Anrisschwingspielzahl bei ca. der halben Bruchschwingspielzahl liegt. Dagegen wurde bei ungekerbten Flachproben festgestellt, dass nur wenige Schwingspiele nach dem makroskopischen Anriss der Bruch der Probe schlagartig erfolgte.

Nach Abschluss des Versuchs können dann in Postprozessen mittels Bildverarbeitungsprogrammen die Schwingspielzahl des makroskopischen Anrisses, die Risswachstumsgeschwindigkeit oder die Risslänge bestimmt werden. Dies gibt Aufschluss, wo Risse initiieren und ab wann diese kritisch anwachsen und stellt somit einen klaren Mehrwert dar.

Customer Benefits Incipient crack monitoring during fatigue strength tests enables accurate detection of the failure behavior. It is therefore possible, with only a little additional expense, to generate significant added value. Our multidisciplinary teams evaluate the test results with you with the aim of achieving higher component safety and better reliability for your product.



Rissinitiierung und -ausbreitung an einer gelöteten Verbindung.
Crack initiation and propagation in a brazed joint.

Summary Using the method developed at Fraunhofer LBF for incipient crack detection, it is possible to automatically monitor the incipient crack and failure behavior in complex structural components with several different highly-stressed areas at little expense. In the process, information is obtained as to how the failure propagates within the component and which areas of the component are largely attributable to the failure. This information represents significant added value and can be offered to the customer during the evaluation of test results. It can be used in turn to optimize the component and also, for example, to capitalize on the potential for lightweight construction.



Ralf Waterkotte,
Schaeffler Technologies AG & Co. KG

»Durch die versuchsbegleitende Anrisserkennung konnte das Versagensverhalten der komplexen Struktur sehr genau dokumentiert werden. Diese Informationen helfen uns in großem Maße in der weiteren Produktentwicklung.«

»Thanks to the incipient crack detection accompanying the test, it was possible to document the failure behavior of the complex structure very accurately. This information will help us greatly during further product development.«



Betriebsfestigkeitsuntersuchung im Fraunhofer LBF.
Structural durability test at Fraunhofer LBF.

Versuchseinrichtung für multiaxiale Betriebsfestigkeitsuntersuchungen mit überlagertem Salzsprühnebel.
Test facility for multiaxial durability testing combined with salt spray charging.

BETRIEBSFESTIGKEIT, LEICHTBAU, KONZEPTENTWICKLUNG

Einfluss von Umweltbelastungen auf Sicherheitsbauteile.

Impact of environmental pollution on safety components.

Contact: Marc Wallmichrath · Phone: +49 6151 705-467 · marc.wallmichrath@lbf.fraunhofer.de



Die weitreichende Verwendung von Leichtbauweisen aus Aluminium sowie anderer moderner Werkstoffsysteme stellt erhöhte Anforderungen an die Bauteilerprobung. Besonders die Sensitivität dieser Werkstoffsysteme gegenüber Umwelteinflüssen, hier speziell die wässrigen und salzhaltigen Medien, erfordert im Vergleich zu klassischen Stahlbauteilen erweiterte Konzepte zum Betriebsfestigkeitsnachweis. Das Fraunhofer LBF bewertete in dem durch die Europäische Union geförderten Forschungsprojekt »Advanced High Volume Affordable Lightweighting for Future Electric Vehicles« kurz ALIVE, unter anderem einen neuartigen Fahrwerkshilfsrahmen aus Aluminium im Hinblick auf seine Betriebsfestigkeit.

Betriebsfestigkeitsuntersuchungen an Aluminiumbauteilen mit simultaner Umweltsimulation

Der zu untersuchende Hilfsrahmen wurde aus Aluminiumprofilen hergestellt und im Einlegeverfahren durch Aluminiumgussknoten aus AlMg5Si2Mn miteinander verbunden. Die Anbindung des Hilfsrahmens an die weiteren Fahrwerksbauteile und an die Karosserie wurde über die Gussknoten gestaltet. In dem Projekt wurde der Hilfsrahmen unter betriebsähnlichen multiaxialen Belastungen mit variablen Amplituden auf seine Betriebsfestigkeit hin untersucht. Das spezielle Augenmerk lag

dabei auf dem Einfluss einer überlagerten Umweltsimulation durch das Aufbringen einer salzhaltigen wässrigen Lösung.

Die der Bemessung für ein Fahrzeugleben zugrundeliegenden Lastzeitverläufe wurden durch das Weglassen kleiner Schwingspiele (Omission) gerafft, während die typischen Korrelationen zwischen den verschiedenen Kanälen beibehalten wurden. Somit konnten die bemessungsrelevanten Betriebsbelastungen in einer überschaubaren Zeit von 250 Wiederholungen zu je 23 Minuten in etwa 4 Tagen mit insgesamt etwa 1,6 Millionen Schwingspielen pro Lastrichtung simuliert werden.

Zur überlagerten Simulation der Umweltbelastung durch eine salzhaltige wässrige Lösung wurde eine Salzsprühkammer genutzt, welche die notwendigen Öffnungen für die benötigte multiaxiale Lasteinleitung aufweist. Diese Salzsprühkammer ist modular gestaltet und kann sowohl für multiaxiale Untersuchungen an Baugruppen, als auch für einfachere Betriebsfestigkeitsuntersuchungen, z. B. an einzelnen Fahrwerksbauteilen (Lenker, Radträger, etc.) eingesetzt werden. Die Vorrichtung zum Versprühen der Salzlösung umfasst eine Zufuhr von sauberer Luft mit Kontrolle von Druck und Feuchtigkeit, einen Vorratsbehälter zur Aufnahme der zu versprühenden Lösung und einen Zerstäuber. Die dem Zerstäuber zugeführte

Druckluft wird durch einen Filter geführt, um alle Spuren von Öl oder Feststoffen zu entfernen, der Zerstäubungsdruck liegt bei einem Überdruck von 50kPa. Die Vorgabe von Sprüh- und Trocknungszeiten kann frei gewählt werden.

Die Ergebnisse an den geprüften Aluminiumhilfsrahmen zeigen wie erwartet ein deutlich früheres Versagen der Bauteile bei überlagerter Beaufschlagung mit salzhaltiger wässriger Lösung. Das Versagen tritt jeweils im Gussknoten auf. Die Ergebnisse an den Aluminiumhilfsrahmen sowie Untersuchungen an weiteren Aluminiumfahrwerksbauteilen zeigen aber auch den Einfluss der absoluten Versuchslaufzeit auf die Verminderung der Lebensdauer aufgrund der Korrosion durch die Beaufschlagung mit Salzsprühnebel. Grund hierfür sind die im Gegensatz zur Prüfung unter Luft steiler verlaufenden Wöhler- und Gaßnerlinien bei den Versuchen unter korrosiven Medien.

Customer Benefits In the salt spray chamber constructed at Fraunhofer LBF, it is possible to test larger components and assemblies under multiaxial load scenarios combined with environmental simulation. Here, our customers also benefit from the Institute's experience regarding the potential limits of shortening the test time for tests involving salt spray. The

multidisciplinary LBF teams will work with you to carry out any necessary individual adjustments to test requirements and test conditions.

Summary Structural durability tests on aluminum components with and without simultaneous environmental simulation with salt spray show that, depending on the alloy, when shortening the test time (e.g. by omission), special importance is accorded to the so-called »acceleration factor« when interpreting the test results. Depending on the material, even with damage-equivalent shortening of the test time, the absolute test time and the number of load cycles applied have an impact on the reduction of structural durability where there is simultaneous exposure to salt spray. With alloys which are sensitive in this respect, it is therefore not permissible to shorten the test time by omission.

»Moderne Werkstoffsysteme stellen erhöhte Anforderungen an die Bauteilerprobung. Wir beraten Sie gerne.«
Marc Wallmichrath,
Abteilungsleiter Baugruppen und Systeme





› Achterbahnen sind dynamische Systeme mit hohen Sicherheitsansprüchen. Um die Struktur und den Wagen sicher und optimiert auszulegen, sind genaue Last- und Spannungsberechnungen notwendig. Simulationsbasierte digitale Verfahren helfen dabei, nicht nur Kosten und Zeit zu sparen, sondern auch verschiedene Systemvarianten mit reproduzierbaren Versuchen testen zu können, um die Sicherheit zu optimieren.



Zuverlässigkeit

Reliability

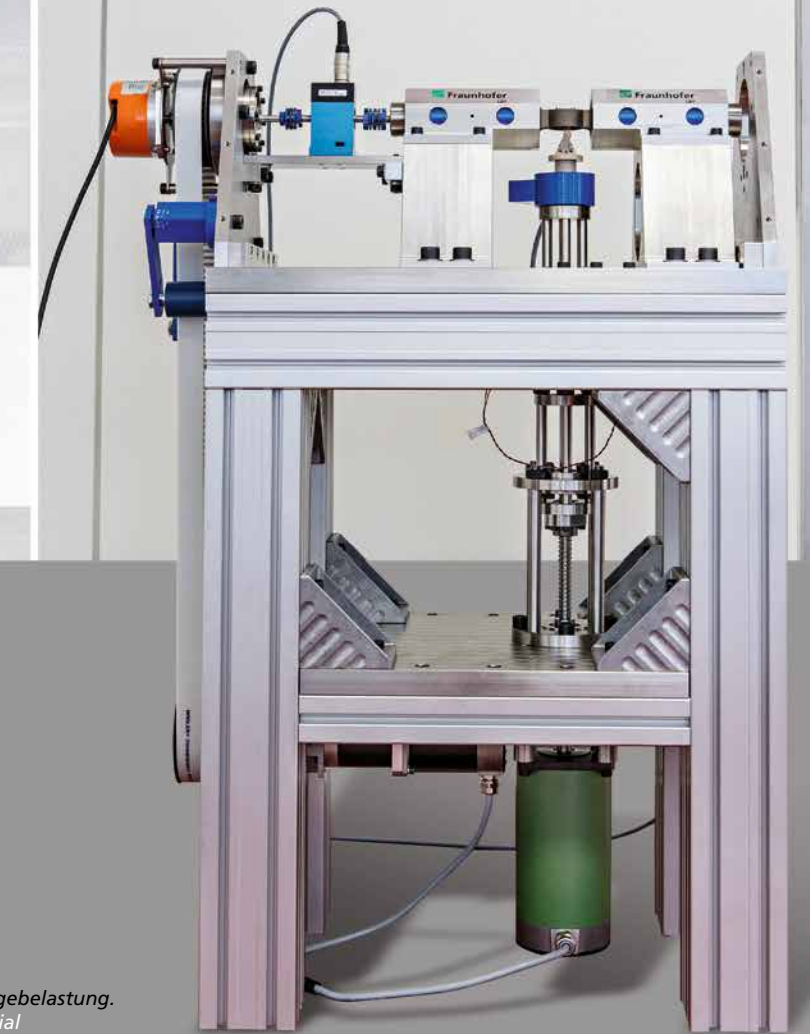
	Innovatives Prüfkonzept zur Erprobung von Schneid-Klemmverbindungen. Innovative test system for the fatigue analyse of insulation displacement connectors.	76
	Korrosionsermüdungsverhalten in biogenen Kraftstoffen. Corrosion fatigue of steel in contact with biofuel.	78
	Smarte Lebensdauerprüfung für Elastomerwerkstoffe. Smart fatigue life test for elastomeric materials.	80
	Schwingfestigkeit EMPT gefügter Rohrstrukturen aus Al eines urbanen Elektrofahrzeugs. Fatigue behavior of Al tubular joints for an electric urban vehicle applying the ElectroMagnetic Puls Technology.	82
	Neue Methoden zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Leistungselektronik. Reliability and safety assessment of power electronics.	84
	Elektromobilität – Wasserstoffantrieb in Fahrzeugen der nächsten Generation. Electromobility – Hydrogen-power in vehicles of the next generation.	86
	Elektrofahrzeuge: Multiphysikalisches Prüfverfahren senkt Entwicklungskosten für Batteriesysteme. Electric vehicles: Multiphysical test procedure cuts development costs for battery systems.	88
	Höhere Qualität von numerisch ermittelten Fahrwerkslasten. Higher quality of numerically computed suspension loads.	90
	Numerische Bestimmung von Lasten und Spannungen an einer Achterbahn. Numerical determination of load and stress on a roller coaster.	92



Probeneinspannung mit einstellbarer Beanspruchungsrichtung.
Clamping system with fully variable adjustment of load directions.



Reibungsoptimierte Lagerung bei höchster Prüfstandssteifigkeit.
Friction optimized highstiffness bearing system.



Prüfstand zur frei kombinierbaren Axial- und Biegebelastung.
Test system for combined in- and out-of-phase axial and bending loading.

BETRIEBSFESTIGKEIT, METHODENENTWICKLUNG, STEUERGERÄT

Innovatives Prüfkonzept zur Erprobung von Schneid-Klemmverbindungen.

Innovative test system for the fatigue analyse of insulation displacement connectors.

Contact: Dr.-Ing. Rainer Wagener · Phone: +49 6151 705-444 · rainer.wagener@lbf.fraunhofer.de



Die elektrischen Sicherheits- und Assistenzsysteme gewinnen rasant an Bedeutung als Standard bei modernen Fahrzeugen. Eine verlässliche Funktion dieser Systeme setzt eine zuverlässige Funktion ihrer Elektronik voraus, wobei ihre kompakte Bauweise und Wirtschaftlichkeit miniaturisierte elektrische Kontakte erfordern. Um diese Kontakte auszulegen, ist eine experimentell abgesicherte Bemessungsmethode erforderlich.

Entwicklung des Prüfkonzepts

Trotz der sehr hohen Ansprüche an die zuverlässigen Funktionen elektronischer Systeme im Fahrzeug lassen die kurzen Entwicklungszeiten eine aufwendige Modellierung aller Einzelkomponenten in ihrer Komplexität nicht zu. Aufgrund variabler Rand- und Zwangsbedingungen während der Entwicklungsphase der Steuergeräte ist ein Ableiten eines Lebensdauermodells elektrischer Verbindungen aus den Erprobungsversuchen nicht in ausreichendem Umfang möglich. Zu diesen elektrischen Verbindungen zählt die Schneid-Klemmverbindung als eine der weit verbreiteten kalten Kontaktiertechniken in der Automobilwelt und damit als Alternative zu konventionellen Lötverbindungen. Die Verbindung wird durch das Eindringen eines elektrischen

Leiters, meistens ein Kupferdraht oder ein Kupfersteg, in den Schlitz einer Klemme hergestellt. Obwohl sie seit Jahrzehnten als sicherheitsrelevante Verbindung im Einsatz ist, liegt für die Verbindung noch kein tiefes Verständnis der mechanischen Wechselwirkungen und der Schädigungsmechanismen vor.

Das Entwickeln eines Bemessungskonzepts setzt die Kenntnis der mechanischen Eigenschaften voraus. Um in Kooperation mit Bosch dieses Verständnis auszubauen, wurde ein biaxialer Prüfstand entwickelt zur realitätsnahen Nachbildung der Prozess- und Betriebsbelastungen in Form von Verschiebungen mit Wegauflösung im Mikrometerbereich und Verdrehungen im Sekundenbereich. Dabei sind Kräfte im Newtonbereich und Momente im Newtonmillimeterbereich zu erfassen. Die Komplexität der Wirkmechanismen wird durch zwei mechanische Wirkpfade und Aktoren definiert zerlegt. Das Einleiten der Verschiebungen aus den Aktoren in die Verbindungsstelle, ohne zusätzliche mechanische Reibeinflüsse, stellte eine Herausforderung dar, die durch den Einsatz von Luftlagern mit besonderen mechanischen Eigenschaften bewältigt wurde. Es stellte sich dennoch die Anforderung, den Ausfall der elektrischen Funktion mit der Änderung der Kontaktbedingungen zu korrelieren und zu erfassen. Zu diesem Zweck entwickelten die

Wissenschaftler eine neue Methode, um Kontaktwiderstände im Mikroohmbereich im Laufe der zyklischen Versuche zu messen. Aufgrund der vielfältigen und besonderen mechanischen und elektrischen Anforderungen war kein kommerzieller Prüfstand am Markt erhältlich. Eine Neuentwicklung wurde benötigt.

Customer Benefits Using the test rig developed and the knowledge gained as a result, it was possible to work with the customer on acquiring an understanding of the mechanical damage mechanisms. It is then possible to derive a design concept which facilitates the development of other electronic connections for their use with highly complex requirements in a targeted, fast and proficient manner.

Summary Insulation displacement connectors are used as a cold contact technology for transporting electrical capacities in electronic control devices. A testing method for insulation displacement connectors was developed to assess the lifetime and engineer the reliability at the preliminary design stage by providing design-relevant characteristics which take account of structural constraints and operating loads. Understanding and characterization of the contact zone and synergistic merging of numerical and experimental methods are used as the basis

for deriving a method for designing insulation displacement connectors that are resistant to operating fatigue so that the development of innovative products can be carried out more quickly and efficiently.



Marouane Haouel,
Robert Bosch GmbH,
AE/EDS1

»Aufgrund der Kooperation mit dem Fraunhofer LBF konnte ein innovatives Prüfkonzept erfolgreich entwickelt und Verständnis der komplexen Wirkzusammenhänge geschaffen werden. Die Bündelung der Kompetenzen schaffte den Rahmen, die vorhandene experimentelle Erfahrung durch numerische Methoden zu ergänzen, um schließlich die Entwicklungszeit zu verkürzen.«

»Cooperation with Fraunhofer LBF led to the successful development of an innovative test concept and to understanding of the complex cause-effect relationships. The pooling of skills created the framework for supplementing the existing experimental experience with numerical methods to ultimately shorten the development time.«



Abb. 1: Medienkammer für die Prüfung von Werkstoffproben in Kraftstoff mit Temperaturmessung
Fig. 1: Media chamber for testing material specimens in fuel with temperature measurement.



Abb. 2: Biokraftstoff tanken.
Fig. 2: Refueling with biofuel.

© Heino Pattschull – Fotolia.com

BETRIEBSFESTIGKEIT, UMWELTSIMULATION, BEMESSUNGSKONZEPT

Korrosionsermüdungsverhalten in biogenen Kraftstoffen.

Corrosion fatigue of steel in contact with biofuel.

Contact: Sven Käfer, M.Sc. · Phone: +49 6151 705-415 · sven.kaefer@lbf.fraunhofer.de



Konventionelle Verbrennungskraftmaschinen sind in naher Zukunft, auch als Bestandteil eines Hybridantriebs, nicht aus der breiten Anwendung, insbesondere im Automobilbereich, wegzudenken. Wegen der Endlichkeit fossiler Ressourcen und zur Reduktion von schädlichen Klimagasen nimmt weltweit die Verbreitung von Kraftstoffen auf regenerativer Basis zu, z.B. in Form von Bioethanol und Biodiesel. Im dargestellten Projekt wird auf die Ermüdung von Stählen in diesen Kraftstoffen eingegangen.

Prüfung von Werkstoffen in Kraftstoff bis in den Bereich hoher Schwingspielzahlen

Biogene Kraftstoffe bringen auf Grund ihrer im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen geänderten Zusammensetzung nachteilige technologische Eigenschaften mit sich, die für Werkstoffauswahl und Konstruktion von Fahrzeugen im Rahmen einer betriebsfesten Bemessung zwingend Berücksichtigung finden müssen.

Als besonders folgenschwerlich in Verbindung mit dem Einsatz von Biokraftstoffen stellt sich das vermehrte Auftreten bestimmter Korrosionsformen heraus. Diese sind zwar grundsätzlich auch von verunreinigten konventionellen (fossilen)

Kraftstoffqualitäten bekannt, infolge der gesteigerten hygroskopischen Eigenschaften (Wasseraufnahmevermögen, z. B. aus der Umgebungsluft) und dem damit verbundenen, potenziell erhöhten Eintrag an wasserlöslichen, korrosionsstimulierenden Stoffen (z. B. Salze) treten diese bei biologischen Blendkomponenten jedoch verstärkt auf. Solche negativen Einflüsse sind durchaus schon längere Zeit bekannt, wurden bisher jedoch ausschließlich qualitativ erfasst.

Das derzeitige Forschungsvorhaben »Ermüdung in korrosiven Kraftstoffen« verfolgt das Ziel, grundlegende Erkenntnisse über den korrosiven Einfluss biogener Kraftstoffe auf das Ermüdungsverhalten abzuleiten. In diesem Zusammenhang gilt es vorrangig, die durch das Phänomen der Schwingungsrisskorrosion (Korrosionsermüdung) hervorgerufene Schädigung zu beschreiben, um die betriebsfeste Auslegung kraftstoffbeaufschlagter Bauteile auch unter dem künftig zu erwartenden Einsatz von biogenen Kraftstoffen zu ermöglichen. Gerade bei Komponenten im Hochdruckbereich eines Benzin- bzw. Dieselseinspritzsystems, in welchem derzeit vorwiegend Stähle mit entsprechend angepassten Festigkeiten eingesetzt werden, ist die aus der mechanisch-korrosiven Interaktion resultierende Beanspruchungssituation als besonders hoch einzustufen.

Um den Einfluss der biogenen Kraftstoffe auf das Korrosionsermüdungsverhalten quantitativ zu bewerten werden, in einem Teilprojekt Ermüdungsversuche an Werkstoffproben unter Zug-Schwell-Belastung an Luft und in einer Medienkammer unter Kraftstoff durchgeführt (Abb. 1). Dabei kommen unterschiedliche Prüfmaschinen und Prüffrequenzen zum Einsatz, um einen Frequenz- bzw. Zeiteinfluss zu bestimmen. Die Untersuchungen erfolgen an zwei Kraftstoff-Werkstoffpaarungen (Hochlegierter Stahl in ethanolhaltigem Ottokraftstoff und Vergütungsstahl in Biodiesel) bis in den Bereich hoher Schwingspielzahlen ($N = 5 \cdot 10^6$).

Customer Benefits Based on deciphering the active damage mechanisms and using the results obtained here, the intention is to develop analytical modeling to detect the effect of corrosion on the initiation of damage and on the damage progress. It should map the complex interaction processes when corrosion and cyclic-mechanical stress are superimposed simultaneously in a manner that is applicable in practice. This will enable scientists from Fraunhofer LBF to provide their industrial customers with effective support during the development of highly stressed engine components.

Summary By testing material specimens under stress which is simultaneously corrosive and cyclic mechanical, it will be possible

to quantify the influence of biogenic fuels on the ability of engine components carrying fuel to withstand stresses. This will give the customer the opportunity to take complex mechanical and corrosive stress into consideration at an early stage in the development process and to carry out optimization.

Danksagung

Das Forschungsprojekt »Ermüdung in korrosiven Kraftstoffen« wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und die Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V. (FVV) gefördert und neben dem Fraunhofer LBF durch das Fachgebiet Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik (SAM) der TU Darmstadt, das Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde (IfW) der TU Darmstadt und das Institut für Werkstoffkunde (IWT) der Universität Bremen bearbeitet.

»Wir wollen zukünftige Generationen von Verbrennungsmotoren »fit« für alternative Kraftstoffe machen.«

Sven Käfer, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Umweltsimulation





Elastomerprüfung bei erhöhten Umgebungstemperaturen bis 200 °C.
Elastomer testing at increased ambient temperatures up to 200 °C.

Elektromechanisches Prüfsystem zur kostengünstigen Lebensdauerprüfung von Elastomerproben.
Electromechanical test system for an inexpensive fatigue life test of elastomer specimens.

BETRIEBSFESTIGKEIT, PRÜFSTANDSENTWICKLUNG, SYSTEMANALYSE

Smarte Lebensdauerprüfung für Elastomerwerkstoffe.

Smart fatigue life test for elastomeric materials.

Contact: Thomas Kroth, M.Sc. · Phone: +49 6151 705-628 · thomas.kroth@lbf.fraunhofer.de



Die Möglichkeiten bei der Herstellung von Elastomeren sind fast grenzenlos. Dementsprechend vielseitig sind die Eigenschaften der resultierenden Werkstoffe. Shorehärte, Rückprallelastizität, Bruchdehnung, Alterungs- und Temperaturbeständigkeit sowie die Sensitivität gegen unterschiedliche Medien können über die Füllstoffe individuell eingestellt werden. Doch wie sieht am Ende die mechanische Beständigkeit des Elastomers aus?

Individuelle Lebensdauerprüfung auf dem elektro-mechanischen Prüfsystem

Diese Frage kann nur der klassische Wöhlerversuch beantworten. Doch ein aussagekräftiges Ergebnis benötigt eine statistisch abgesicherte Anzahl an Prüfergebnissen, so dass die Erstellung einer solchen Wöhlerlinie mit einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden ist. Das Fraunhofer LBF kann hierfür eine smarte Lösung anbieten: Werkstoffprüfungen auf einem speziell konzipierten Prüfsystem mit vier parallelisierbaren Achsen, angetrieben von unabhängigen Elektroaktuatoren.

Das System wurde 2012 speziell für die Lebensdauerprüfung von Elastomerproben aufgebaut. Die speziellen Zylinder sind in

erster Linie für diesen Einsatzzweck ausgewählt worden. Wege bis zu 150 mm, dynamische Kräfte bis $\pm 3,1$ kN und Geschwindigkeiten von bis zu 0,25 m/s sind möglich. Neben den mechanischen Messsystemen (Kraft, Weg) ist das Prüfsystem mit Temperatursensorik ausgestattet: Umgebungswie auch Oberflächentemperaturen der Prüfkörper können gemessen und während der Prüfung kontinuierlich aufgenommen werden. Zusätzlich ist es möglich, Prüfungen bei erhöhten Umgebungstemperaturen bis 200 °C durchzuführen.

Neben dem Einsatz in Forschungsprojekten gibt es eine immer größer werdende Nachfrage durch die Industrie. Beispielsweise werden für die Robert Bosch GmbH schon seit 2015 umfangreiche Untersuchungen an Elastomerproben durchgeführt. Hierbei werden weggeregelt gleichzeitig mehrere Prüfkörper pro Achse geprüft, um eine möglichst große Grundgesamtheit zu erzeugen. Es wurde eigens für diese Art der Prüfung eine visuelle Versagensdetektion entwickelt. Hiermit können die durch Probenversagen bedingten Kraftsprünge den jeweils gerissenen Prüfkörpern zugeordnet werden.

Durch das Konzept des elektrischen Antriebs sind die Arbeiten mit dem System unabhängig von der zentralen Hydraulik

und somit frei von wartungsbedingten Abschaltungen und den damit verbundenen Kosten. Die Prüfung kann preiswert angeboten und durch die Parallelisierung die Prüfzeiten deutlich reduziert werden. Das Fraunhofer LBF hat zudem die Möglichkeit, auf individuelle Kundenwünsche einzugehen. So wurden beispielsweise auch Medienprüfungen mit der Prüfeinrichtung durchgeführt.

Aufgrund der großen Nachfrage wurde die Erweiterung dieses Prüfsystems von vier auf acht Prüfachsen umgesetzt.

Customer Benefits Fraunhofer LBF offers its customers a reasonably priced fatigue life test for elastomeric materials. It is possible to test material specimens and small component specimens at room temperature and elevated ambient temperatures. We can develop specific, individual tests and measuring techniques with you based on the existing testing system. We'll be pleased to advise you.

Summary The fatigue life of elastomeric materials is as individual as the combination of base rubber, fillers and additives used in the production of the compound. Fraunhofer LBF offers a reasonably priced and efficient testing method

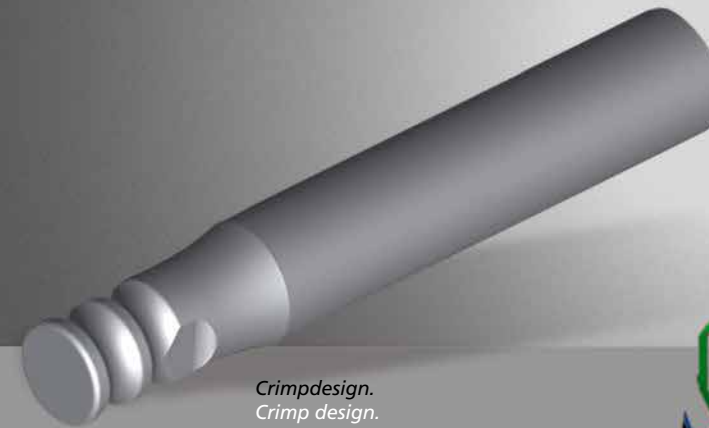
for the fatigue life test of elastomeric specimens. The basis for this is a system with parallelizable electric drives and the possibility of implementing supplementary individual tests. Temperature generators and sensor technology and also visual failure detection are available in addition to the standard equipment. We have extended our capacities due to high demand: As of 2017, there are eight test axles ready to meet the requirements for optimum product development.



Dipl.-Ing. Dominik Giersch
Corporate Research,
Robert Bosch GmbH

»Der entwickelte Prüfstand zur Lebensdaueruntersuchung an Elastomeren ermöglicht eine statistisch abgesicherte Werkstoffcharakterisierung für unterschiedliche Randbedingungen und erlaubt somit die Zuverlässigkeitsabschätzung und Optimierung von Elastomerkomponenten.«

»The developed test rig for testing the lifetime of elastomers allows a statistically validated material characterization for different boundary conditions, by means of which an estimation of the reliability and also the optimization of elastomer components is facilitated.«



Crimpdesign.
Crimp design.



Leichter Rahmen für Elektrofahrzeuge.
Lightweight frame for electric vehicles.

BETRIEBSFESTIGKEIT, FÜGEVERBINDUNG, ELEKTROMOBILITÄT

Schwingfestigkeit EMPT gefügter Rohrstrukturen aus Al eines urbanen Elektrofahrzeugs.

Fatigue behavior of Al tubular joints for an electric urban vehicle applying the ElectroMagnetic Puls Technology.

Contact: Dr. Klaus Lipp · Phone: +49 6151 705-243 · klaus.lipp@lbf.fraunhofer.de



Im Rahmen des europäisch geförderten Projekts **URBAN-EV** wird ein Elektrofahrzeug für den städtischen Bereich entwickelt. Das Design des Rohrrahmens erfolgt in Leichtbauweise unter Anwendung von Al- und Mg-Werkstoffen. Eine der innovativen Technologien im Rahmen des Projekts ist das elektromagnetische Crimpen (Electro Magnetic Puls Technology – EMPT) zum Fügen des Rohrrahmens. Das Fraunhofer LBF beschäftigt sich hierbei mit dem Design der Fügeverbindung und deren Verhalten unter zyklischer Betriebsbeanspruchung.

Berührungsloses Verfahren EMPT

Leichtbau spielt insbesondere für die Elektromobilität eine wichtige Rolle. Die Verbindung zwischen unterschiedlichen Leichtbaumaterialien, z. B. Aluminium und Magnesium, ist schweißtechnisch aufwendig umzusetzen und resultiert aufgrund der schweißmetallurgischen Gegebenheiten in relativ geringen statischen und zyklischen Festigkeiten. Klebeverbindungen hingegen bedürfen einer aufwendigen Präparation, was zu einer relativ geringen Produktivität führt.

Die elektromagnetische Pulstechnologie ist ein berührungsloses Verfahren, u. a. zum Fügen elektrisch leitfähiger Materialien (Projektpartner PSTProducts, Alzenau). In der hier beschriebenen Anwendung wird das Aluminiumrohr durch das Magnetfeld in die vorgefertigte Kontur des Stopfens umgeformt und somit eine formschlüssige Verbindung erzeugt.

Anforderungen an die Fügeverbindung

Für das Design der Verbindung sowie den Nachweis der Anwendbarkeit ist in einem ersten Schritt die Kenntnis der zu übertragenden Lasten an den einzelnen Verbindungsstellen erforderlich. Hierzu werden auf Basis des aktuellen CAD-Designs des Fahrzeugs Berechnungen durchgeführt und die maximalen Betriebslasten, inkl. Berücksichtigung von Missbrauch, sowie die maximalen Lasten im Crashfall ermittelt.

Auf Basis dieser Ergebnisse erfolgt das Design der Fügeverbindung, die über das EMPT-Verfahren berührungslos und nur durch einen Umformvorgang ohne Stoffschluss hergestellt wird. Wichtige Designkriterien sind einerseits die zu ertragende

Belastung unter Ermüdungsbeanspruchung aber auch die Zuverlässigkeit einer solchen Verbindung im Hinblick auf einen Steifigkeitsverlust durch Lockern der Verbindung. Zur Bewertung des Betriebsfestigkeitsverhaltens wurden Schwingfestigkeitsversuche unter zyklischen Axiallasten sowie Biege- und Torsionsmomenten mit gefügten Proben aus EN AW-6082-T6 durchgeführt.

Die aktuellen Ergebnisse der so ausgeführten EMPT-Fügeverbindung stellen für das hier entwickelte urbane Elektrofahrzeug, selbst unter Berücksichtigung korrosiver Umgebungsbedingungen, einen zuverlässigen Betrieb in Aussicht. Im Rahmen des Projektes »URBAN-EV« werden bis Ende 2017 erste Prototypen gefertigt und hinsichtlich Betriebs- und Crashverhalten getestet.

Customer Benefits Concerning joining techniques the EMPT technology features a series of interesting advantages for automotive applications. The validation of such interconnections during an early state of a design project will guarantee

a reliable application with regard to service life. The results of the performed coupon test program confirm the durability and the stiffness behaviour necessary for an excellent performance.

Summary The behavior of the manufactured coupons with the applied joining technique confirmed a good fatigue behavior in case of the URBAN-EV vehicle. The calculated internal loads at the highest loaded areas (A-node) are mainly significantly lower than the endurable load amplitudes achieved by fatigue tests which also did not cause any stiffness loss. With the obtained results of this investigation a reliable behavior in service of the URBAN-EV vehicle can be expected.

gefördert von:



URBAN-EV, www.urban-ev.eu
Funded by the Seventh Framework Programme of the European Union.

Abb. 1: Der Prüfstand in der Gesamtansicht.
Fig. 1: The test rig in overall view.

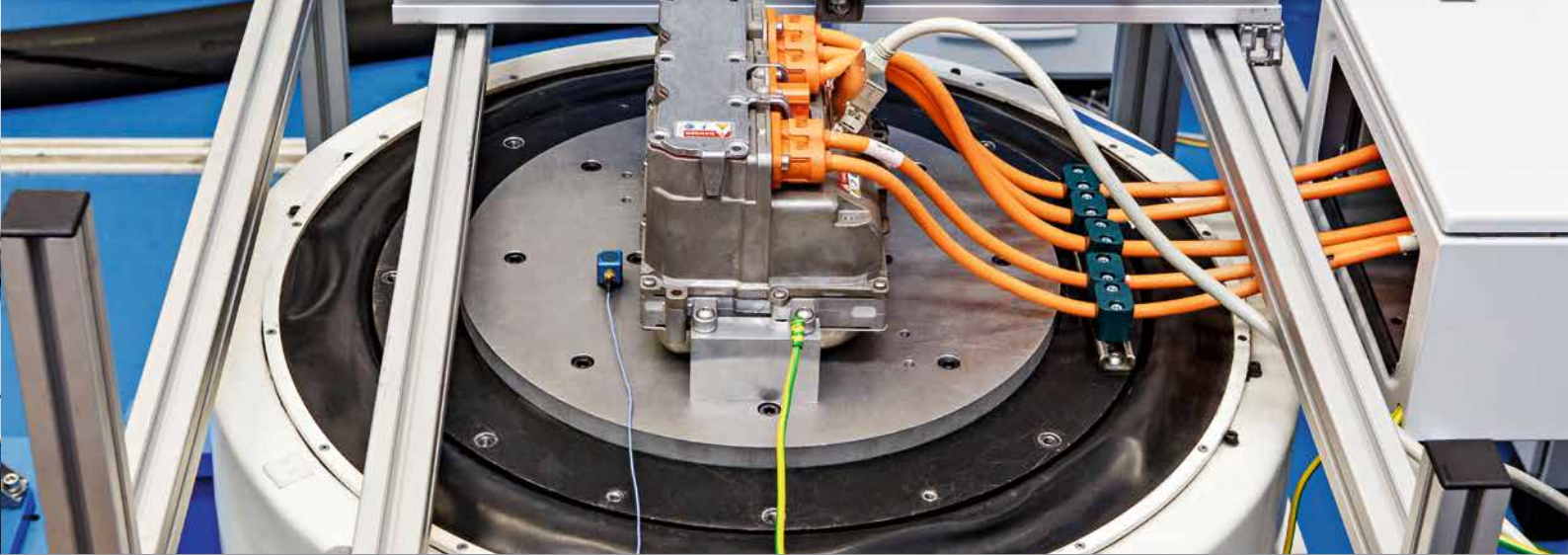


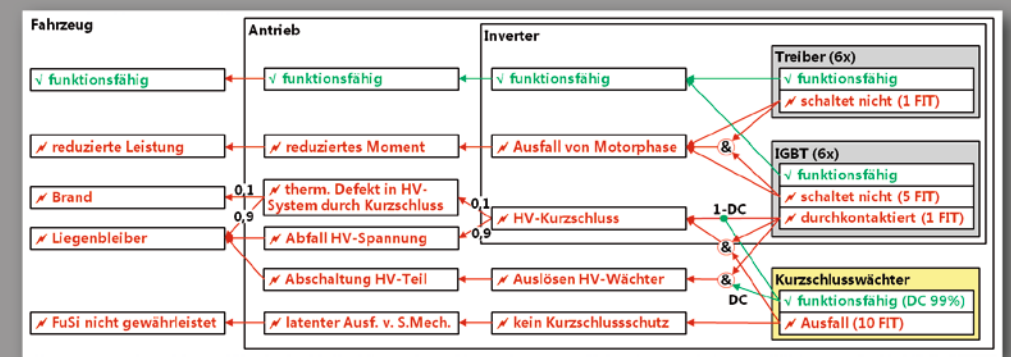
Abb. 2: Leistungselektronik auf dem Shaker, mit den elektrischen Zu- und Ableitungen der emulierten Batterie und E-Maschine.
Fig. 2: Power electronics mounted to the shaker.

ZUVERLÄSSIGKEIT, PRÜFSTANDSENTWICKLUNG, ADAPTRONIK

Neue Methoden zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Leistungselektronik.

Reliability and safety assessment of power electronics.

Abb. 3: Fehlernetz der probabilistischen FMEA zur Berechnung quantitativer Ausfallwahrscheinlichkeiten.
Fig. 3: Failure net of the probabilistic FMEA.



Contact: Dr. Jürgen Nuffer · Phone: +49 6151 705-281 · juergen.nuffer@lbf.fraunhofer.de



Leistungselektronische Komponenten der Elektromobilität sind hohen thermomechanischen Belastungen ausgesetzt, überlagert mit Vibrationen aus dem Fahrbetrieb. Ziel des Projekts war die Erarbeitung der Herangehensweise zur schädigungsrelevanten Kombination dieser Lasten, deren prüfstandstechnische Abbildung sowie ihre numerische Simulation. Zuvor war eine solche in sich geschlossene Methodik nicht verfügbar.

Experimentelle Testumgebung

Innerhalb des Projekts wurde eine neuartige experimentelle Testumgebung entwickelt (Abb. 1). Diese ermöglicht es, den Inverter realitätsnah zu betreiben, indem die Batterie und die E-Maschine emuliert werden (Abb. 2). Durch Verwendung realer Betriebszenarien können somit realistische thermomechanische Lastzustände der Elektronik experimentell simuliert werden. Zeitgleich können mechanische Vibrationen aufgeprägt werden. Es ist somit möglich, das gesamte Belastungskollektiv – bestehend aus dem elektrothermischen und dem Vibrationsanteil – realitätsnah experimentell zu simulieren.

Numerische Simulation

Parallel zur experimentellen Testumgebung wurde eine numerische Simulationsumgebung entwickelt. Wissenschaftler im Fraunhofer LBF erarbeiteten hier Methoden zur Simulation des Schädigungseintrags durch Vibrationsbelastung in elektronische Bauteile. Dazu wurde für die betrachtete Treiberplatine eine Schädigungslandkarte entwickelt, die eine Vorabbewertung kritisch belasteter Bereiche der Platine ermöglicht. Darauf aufbauend können kritische Bauteile einer gesonderten, detaillierteren Simulation unterzogen werden. Dies mit dem Ziel, eine quantitative Ausfallwahrscheinlichkeit abzuschätzen.

Probabilistische FMEA

Ein weiterer wesentlicher Inhalt des Projekts ist die Einbindung der Ergebnisse aus der experimentellen und numerischen Simulation in eine übergeordnete Systembewertung. Dazu hat das LBF zusammen mit Projektpartnern eine neuartige Variante der FMEA entwickelt, die sogenannte probabilistische FMEA (probFMEA) (Abb. 3). Mit dieser ist es künftig möglich,

mit Assessment of the reliability and safety of power electronics in e-mobility. quantitativen Ausfallwahrscheinlichkeiten statt wie bisher mit qualitativen Risikoprioritätszahlen zu arbeiten. Auf diese Weise können solche auf Komponentenebene vorliegende Werte auf Systemebene zur Systemausfall-Wahrscheinlichkeit zusammengeführt werden. Zudem sind frühzeitige Kritikalitätsbewertungen im Designprozess möglich, um kritische Designvarianten zu identifizieren.

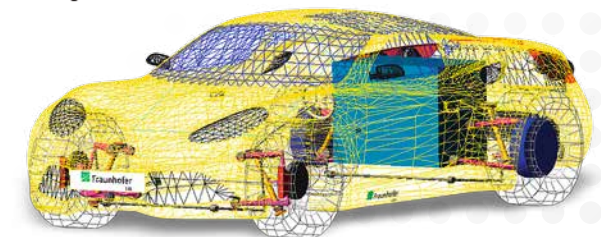
Customer Benefits Based on the novel tools developed within this project, design variations of power electronic systems can be assessed at an early development stage. Developers benefit from the achieved reduction in development time. As a result of combined electromechanical loading, the innovative test environment at Fraunhofer LBF enables a more realistic reproduction of real load conditions.

Summary In this project, an integrated test environment for safety and reliability assessment of power electronics has been developed. It enables to simultaneous application of

thermomechanical and vibrational loads. Based on the project results, experimental as well as numerical methods are available. Furthermore, a probabilistic FMEA was developed, allowing the implementation of the methods into the process of functional safety assessment. The project results will contribute to a reduction of development time, since design variations can be compared with respect to safety and reliability at an early stage of development.

Diese Ergebnisse entstanden innerhalb des Verbund-Projekts »Integrierte Prüf- und Testumgebung für Leistungselektronik« (InTeLekt) mit Fördermitteln des BMBF

gefördert vom:



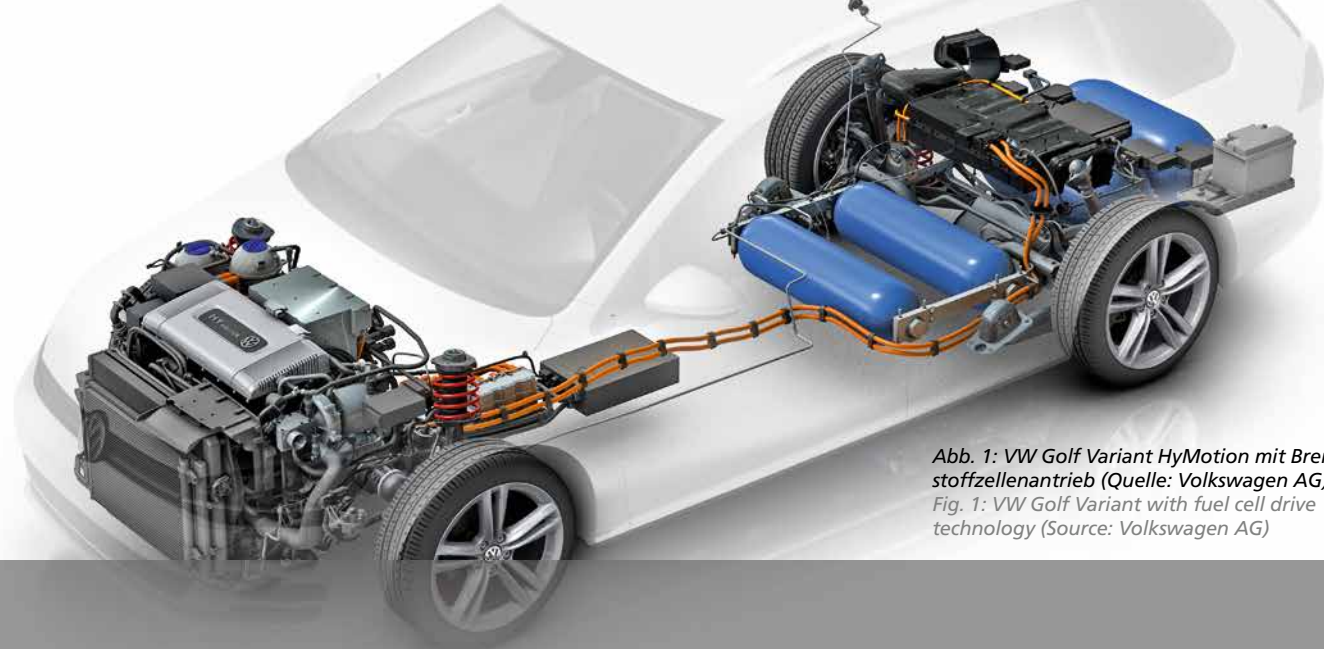


Abb. 1: VW Golf Variant HyMotion mit Brennstoffzellenantrieb (Quelle: Volkswagen AG)
Fig. 1: VW Golf Variant with fuel cell drive technology (Source: Volkswagen AG)

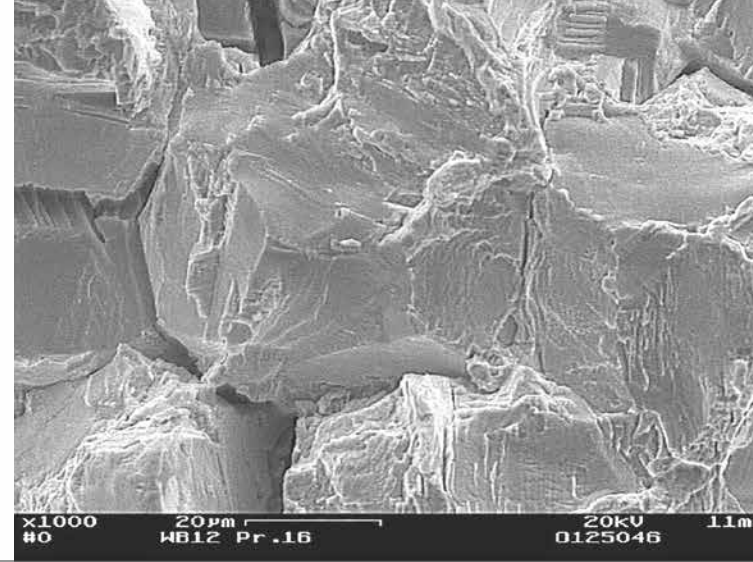


Abb. 2: Bruchfläche einer ausscheidungsgehärteten Nickelbasislegierung 718 nach kathodischer Wasserstoffbeladung (Quelle: IfW der TU Darmstadt)
Fig. 2: Fracture surface from a precipitation-hardened nickel-base alloy 718 after cathodic hydrogen charging (Source: IfW, TU Darmstadt)



Abb. 3: Prüfeinrichtung zur Durchführung von temperierten Ermüdungsversuchen unter Druckwasserstoff, Stickstoffatmosphäre und Umgebungsluft.
Fig. 3: Test facility for performance of fatigue tests under pressurized hydrogen as well as nitrogen and air atmosphere.

BETRIEBSFESTIGKEIT, UMWELTSIMULATION, BEMESSUNGSKONZEPT

Elektromobilität – Wasserstoffantrieb in Fahrzeugen der nächsten Generation.

Electromobility – Hydrogen-power in vehicles of the next generation.

Contact: Francisco Duarte de Araújo, M.Sc. · Phone: +49 6151 705-8269 · francisco.duarte.de.araujo@lbf.fraunhofer.de

Die zunehmende Sensibilisierung der Gesellschaft für die Folgen von Klimawandel und Ressourcenverknappung hat in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielzahl von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für den Einsatz von Wasserstoffantrieben in Fahrzeugen geprägt. Auf dem Weltwirtschaftsforum in Davos im Januar 2017 wurde die erste globale Initiative beschlossen, in der Wasserstoff zur Energiewende beitragen soll. Diese hat das Ziel, den Marktanteil von brennstoffzellenbetriebenen Fahrzeugen innerhalb der nächsten Jahre deutlich zu steigern. Um diese Technologie im Automobilbereich zu etablieren, ist für die Auslegung von wasserstoffexponierten Bauteilen die Kenntnis des Wasserstoffeinflusses auf das werkstoff-, geometrie- und fertigungsabhängige Schwingfestigkeitsverhalten von hoher Bedeutung.

Betriebsfestigkeitsuntersuchungen an Edelstählen unter Druckwasserstoff

Während die grundsätzliche Charakterisierung des Werkstoffverhaltens von Stählen unter Druckwasserstoff oder elektrolytischer (Vor-)Beladung Gegenstand zahlreicher Forschungsvorhaben ist, verfolgt das aktuelle Forschungsprojekt »Hy2Design« das Ziel, Grundlagen für die Auslegung von wasserstoffexponierten Komponenten unter Berücksich-

tigung der Werkstoffeigenschaften zu erarbeiten. Im Fokus der Arbeiten steht neben dem örtlichen Dehnungskonzept zur Bauteilbemessung auch die Adaption des Übertragbarkeitskonzepts auf Basis des höchstbeanspruchten Werkstoffvolumens hinsichtlich eines beanspruchungsabhängigen Permeationsvolumens.

Das bereits etablierte örtliche Dehnungskonzept an Luft beruht auf der Annahme, dass lokale Vorgänge an kritischen Stellen, unabhängig von der Komplexität der Geometrie, für die Entstehung von Ermüdungsrissen verantwortlich sind. Bei wasserstoffexponierten Bauteilen kommt dem Spannungsgradienten und der Prüffrequenz im Hinblick auf die Beanspruchbarkeit eine zusätzliche Bedeutung zu. Um die Einflussgrößen zu quantifizieren, werden dehnungs- und kraftgeregelte Ermüdungsversuche an Luft sowie unter Druckwasserstoff mit gekerbten und ungekerbten Proben bei einem Druck von 50 bar mit unterschiedlichen Prüffrequenzen durchgeführt.

Für die Realisierung des Projekts wurde am Fraunhofer LBF eine Prüfeinrichtung zur Durchführung von kraft- und dehnungsgeregelten Versuchen entwickelt. Diese können sowohl unter Druckwasserstoff mit Gasdrücken bis 50 bar als auch unter Stickstoffatmosphäre und Umgebungsluft mit

Prüffrequenzen bis zu 30 Hz und regelbaren Prüftemperaturen zwischen -40 °C und 150 °C durchgeführt werden. Die Prüfmaschine (Abb. 3) verfügt über die vorgeschriebene Sicherheitstechnik und ist in eine Infrastruktur zur Durchführung von Versuchen mit explosiven Medien integriert.

Customer Benefits With the expected results of the project, customers from the automobile industry, but also from other sectors, can benefit from limits and particularities concerning the application of the local strain approach and from a transfer concept on basis of the highly stressed volume for design of cyclic mechanical loaded components exposed to pressurized hydrogen.

Summary The shortage of resources as well as the latest developments in the international automotive industry underline a growing importance of hydrogen as a future energy source and fuel. Thereby great importance on the development and qualification of new materials and the consideration of the influence of hydrogen in the design process of components exposed to pressurized hydrogen is placed. The focus of the research project »Hy2Design« is the application and development of the local strain concept as well as the adaptation of the transfer concept on basis of the highly stressed material volume.

Danksagung

»Hy2Design« wird durch die DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft ME 3301/4-1 | OE 558/13-1 gefördert. Forschungsstellen sind u. a. SAM und IfW der TU Darmstadt

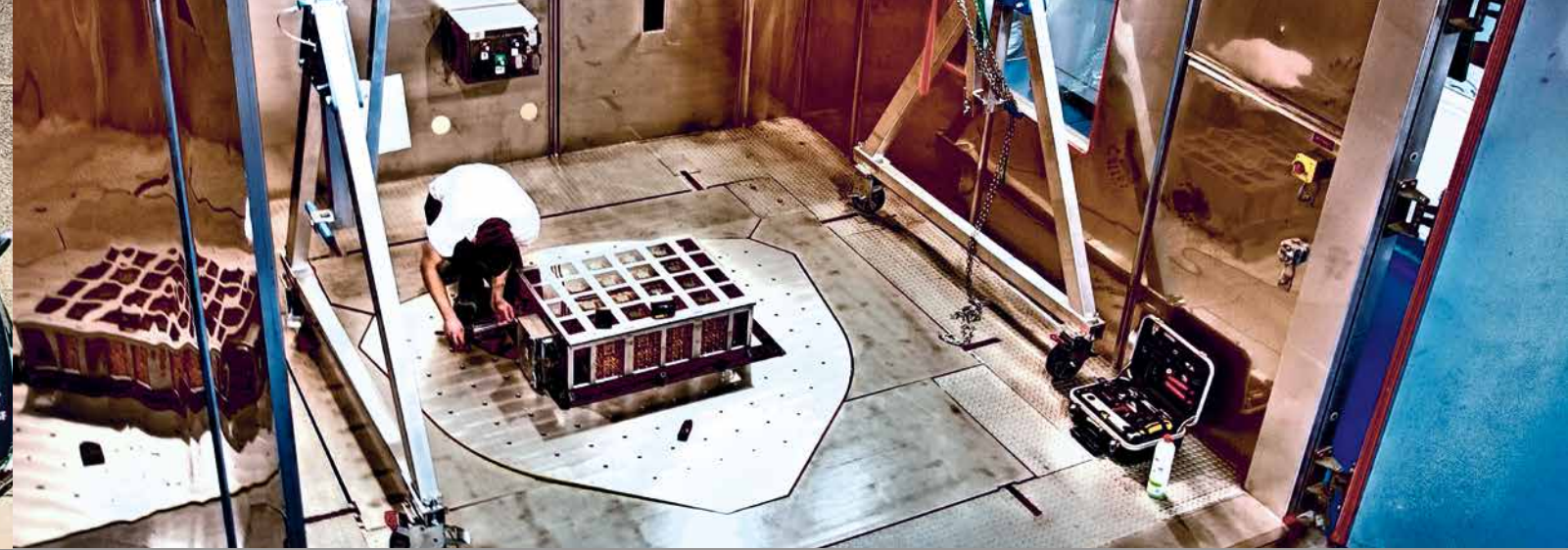
»Die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsleistungen im Bereich von Brennstoffzellenautos zeigen, dass Wasserstoff ein geeigneter Energieträger für die nächste Generation ist. Besonders interessant in diesem Projekt ist die Übertragung des örtlichen Dehnungskonzepts auf wasserstoffexponierte Bauteile. Die Kenntnis der Wasserstoffeinwirkung auf das zyklische Werkstoffverhalten bringt uns der Auslegung mechanisch-korrosiv beanspruchter Komponenten für die Druckwasserstoffanwendung einen Schritt weiter.«

Francisco Duarte de Araújo,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Umweltsimulation





Forschungsfahrzeuge zur Erfassung multiphysikalischer Betriebslasten.
Research vehicles for detecting multiphysical operating loads.



Multiphysikalischer HV-Batterieprüfstand im Fraunhofer LBF.
Multiphysical HV battery test rig at Fraunhofer LBF.

SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT, EFFIZIENTER LEBENSDAUERNACHWEIS, METHODENENTWICKLUNG

Elektrofahrzeuge: Multiphysikalisches Prüfverfahren senkt Entwicklungskosten für Batteriesysteme.

Electric vehicles: Multiphysical test procedure cuts development costs for battery systems.

Contact: Christian Debes · Phone: +49 6151 705-8382 · christian.debes@lbf.fraunhofer.de
Alexander Dautfest, M.Sc. · Phone: +49 6151 705-528 · alexander.dautfest@lbf.fraunhofer.de



Schwer und kostspielig sind die Batteriesysteme von Elektrofahrzeugen. Sie können bis zu einem Drittel des Gesamtgewichts und fast die Hälfte der Herstellkosten ausmachen. Verglichen mit konventionellen Fahrzeugen ergeben sich deutlich veränderte Randbedingungen für Belastung und Fahrdynamik. Deshalb müssen Hersteller die Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit von Elektrofahrzeugen über einen langen Zeitraum gewährleisten, idealerweise über die gesamte Fahrzeuglebensdauer. Hierfür sind geeignete Prüf- und Nachweisverfahren auch für die Batteriesysteme notwendig.

Entwicklung elektrischer, anwendungsrelevanter Lastkollektive

Am Fraunhofer LBF werden anwendungsspezifische Lastkollektive entwickelt, die dabei helfen können, die einschlägigen Normen weiterzuentwickeln. Es wird in Zukunft möglich sein, die Zuverlässigkeit der teuren HV-Batteriesysteme realistischer zu simulieren und zu bewerten, um damit Elektrofahrzeuge kostengünstiger produzieren zu können. Auch die Akzeptanz bei den Nutzern wird sich erhöhen.

In aktuell bestehenden Test- und Validationsmethoden für Elektrofahrzeuge sind die Zeitanteile für Beschleunigen und

regeneratives Bremsen bereits sehr realitätsnah abgebildet. Die Wissenschaftler des Fraunhofer LBF haben allerdings erkannt, dass die Berücksichtigung und Adaption weiterer Merkmale, wie Stromgradienten oder Häufigkeit der Vorzeichenwechsel im Stromverlauf, die Aussagekraft von Testverfahren erhöht. Dementsprechend entwickelt das Darmstädter Institut elektrische Lastkollektive, die anwendungsspezifisch unterschiedliche Streckentypen und Verkehrsbedingungen repräsentieren und mit konvergierenden und zugleich zeitlich gekürzten mechanischen Belastungen überlagert werden können.

Effiziente Prüfverfahren für Traktionsbatterien lassen sich entwickeln, wenn insbesondere die realen Lastdaten im Fahrbetrieb bekannt sind. Im Sinne kürzerer Entwicklungszeiten und wirtschaftlicher Entwicklungsprozesse, zum Beispiel bei der Validierung von Batteriesystemen hinsichtlich Funktion, Sicherheit und Zuverlässigkeit, geht der Trend deutlich in Richtung einer multiphysikalischen Prüfung. Die simultane Beanspruchung eines Prüflings mit allen auftretenden Belastungsarten bringt neben der realitätsnahen Simulation den entscheidenden zeitlichen Vorteil. Die Überlagerung thermischer, klimatischer, elektrischer und multiaxialer mechanischer Lasten kann Versuchszeiten spürbar verkürzen.

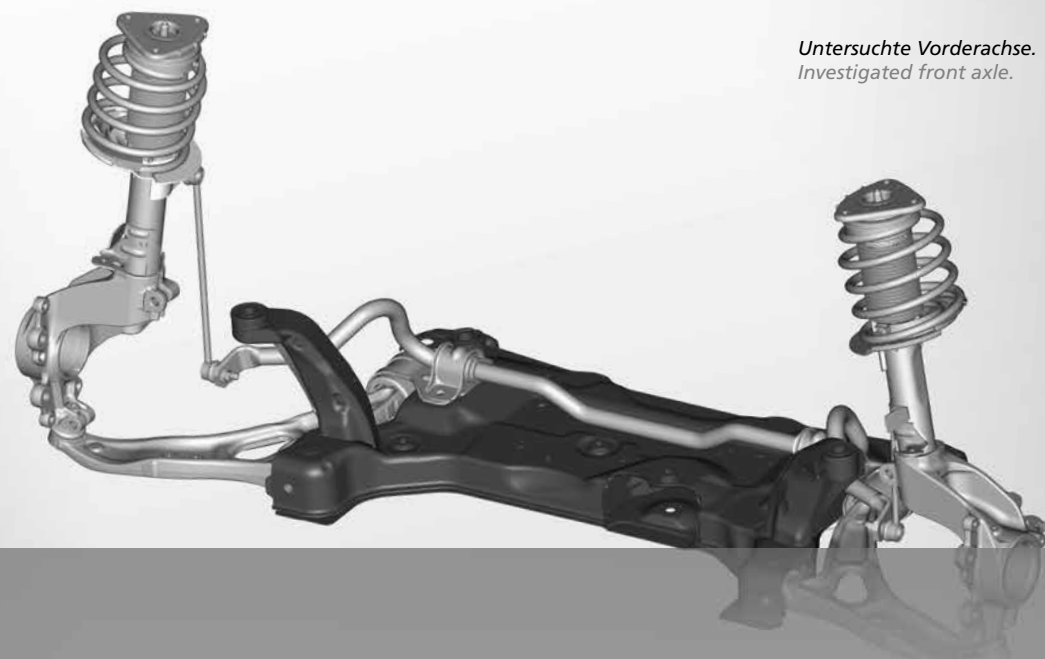
Customer Benefits Battery tests take up a great deal of time and drive development costs up. Test procedures used in current standards demonstrate significant potential for optimization, particularly by overlaying load effects such as simultaneously occurring vibration loads, and also temperatures and electrical currents. Multiphysical laboratory simulation can be used to reduce costs arising throughout the whole vehicle development process. The highly specialized teams at Fraunhofer LBF will develop suitable scenarios with you enabling you to intervene in the development process at an early stage and utilize savings potential.

Summary Battery systems of electric vehicles are heavy and expensive. They can account for up to a third of the total weight and almost half the manufacturing costs. Compared to conventional vehicles, this results in significantly altered boundary conditions for loading and vehicle dynamics. Manufacturers must therefore guarantee the operational safety and reliability of electric vehicles over a long period of time, ideally over the vehicle's entire lifetime. Fraunhofer LBF also offers suitable testing and demonstration methods for battery systems. Costs arising throughout the entire vehicle development process can be reduced when these methods are used to their best advantage.

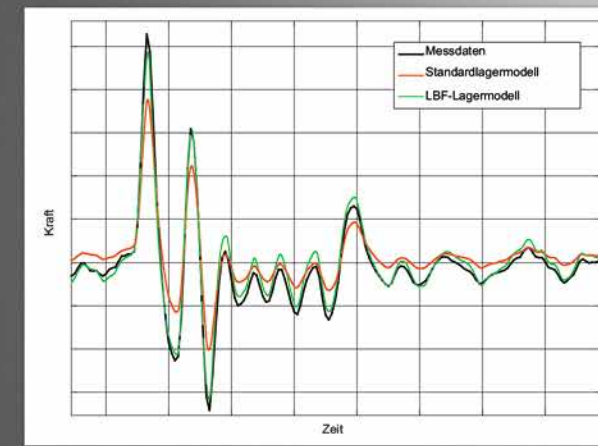
Holger Fichtner, Group Leader Cell, Module, Pack Test & Validation Engineering, SAMSUNG SDI Battery Systems GmbH, Premstätten, Austria

»Gerade in Zeiten wo Batteriesysteme für Elektrofahrzeuge immer größere Dimensionen annehmen (Gewicht und Abmessungen), ist es unerlässlich, Partner zu finden, die erstens die Anforderungen an die notwendigen Tests zur Absicherung der Fahrzeugbatterien erfüllen und zweitens darüber hinaus auch noch die entsprechenden Ressourcen an Zeit und vor allem Know-how stellen können. Beides konnte beim Fraunhofer LBF gefunden werden, welches uns durch Flexibilität und technisches Verständnis im Projekt bestens unterstützt hat.«

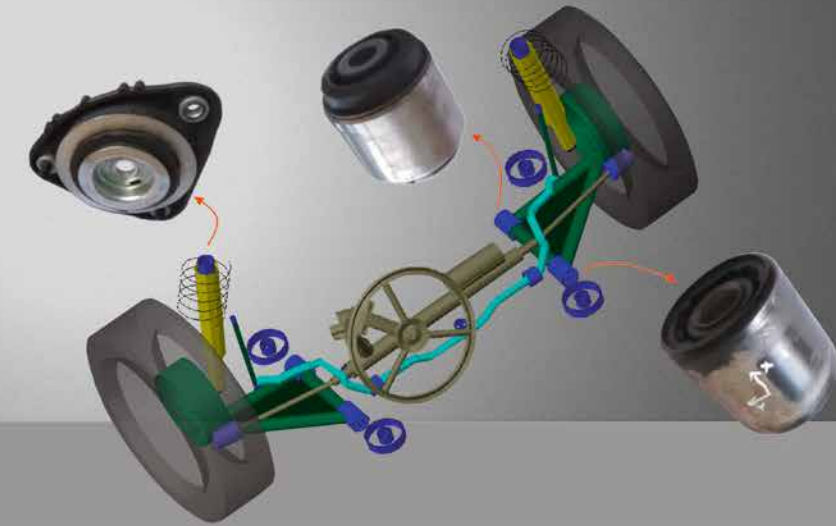
»Particularly at present when battery systems for electric vehicles are assuming ever-increasing dimensions (weight and measurements), it is essential to find partners who, firstly, meet the requirements for the necessary tests to ensure the safety of vehicle batteries and who, secondly, can additionally provide the relevant resources in terms of time and above all expertise. Both could be found at Fraunhofer LBF whose flexibility and technical knowledge assisted us greatly during the project.«



Untersuchte Vorderachse.
Investigated front axle.



Vergleich zwischen gemessener und mit Standard- und LBF-Lagermodell simulierter Elastomerlagerkraft.
Comparison between measured and with standard and LBF-bushing model simulated bushing force.



MKS-Modell der Achse und untersuchte Elastomerlager.
Multi-body model of the axle and investigated bushings.

NUMERISCHE SYSTEMANALYSE, LEBENSDAUERABSCHÄTZUNG, BAUTEILPRÜFUNG

Höhere Qualität von numerisch ermittelten Fahrwerklasten.

Higher quality of numerically computed suspension loads.

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

Energieeffizienz sowie zunehmende Sicherheits- und Komfortstandards motivieren die Automobilindustrie zur Gewichtsreduktion und Designoptimierung insbesondere für hochbelastete Bauteile. Deshalb stellt die genaue Ermittlung der Betriebslasten von Fahrwerkskomponenten einen wesentlichen Schritt im Fahrzeugentwicklungsprozess dar. Zur Einsparung von Kosten und Zeit werden CAE-Tools, wie die Mehrkörpersimulation (MKS), von validierten Vollfahrzeug- oder Fahrwerksmodellen für eine genaue Lastschätzung benötigt.

Komponenten- und Systemvalidierung des MKS-Modells einer PKW-Vorderachse

Nachdem zunächst im Rahmen eines vorherigen Projekts in Kooperation mit der Ford-Werke GmbH die Einflüsse des Reifenmodells auf die Güte der Prognose von Betriebslasten durch Ganzfahrzeug-Simulation untersucht wurden, folgte in einem weiteren Projekt die Validierung des Mehrkörpermodells einer PKW-Vorderachse. Ziel war die Untersuchung der Modelldetailierung und der Simulationsgüte einiger wesentlicher Komponenten des MKS-Modells der Achse sowohl auf Bauteilebene als auch auf Systemebene, d. h. deren Einflüsse auf die Validierungsergebnisse des gesamten Achsmodells. Der Fokus wurde auf die generelle Validierung des Vorderachsmodells

sowie auf die Elastomerlager und den Dämpfer gelegt, welche das dynamische Verhalten und die Belastung der Achse signifikant beeinflussen. Der Dämpfer wurde für das axiale Verhalten vermessen und charakterisiert. Zusätzlich wurde auch dessen Biegeverhalten unter multiaxialer Belastung aus Messungen ermittelt und mit einem vereinfachten Ansatz modelliert. Dieses Verhalten kann für MacPherson-Federbeine relevant sein. Die Elastomerlager wurden sowohl uni-axial als auch teilweise multi-axial vermessen und mit dem LBF-Modell für Elastomerlager parametrisiert. Durch das **LBF-Lagermodell** kann das multi-axiale Verhalten des Lagers reproduziert werden. Zusätzlich werden nichtlineare Effekte, wie Hysterese, sowie frequenz- und amplitudenabhängige dynamische Effekte berücksichtigt.

Für die Untersuchungen auf Systemebene wurden die Teilmodelle der Komponenten in das MKS-Modell der Achse implementiert. Zum Abgleich der Simulationsergebnisse wurde die untersuchte Vorderachse auf einem 12-kanaligen Achsprüfstand unter vordefinierten Radlastanregungen vermessen. Sowohl synthetisch definierte Lastprofile als auch in Testfahrten gemessene Radlasten wurden als Input für die Versuche verwendet. Die Validierung des Achsmodells und der Komponentenmodelle lieferte generell gute Ergebnisse sowie eine Verbesserung der Lastenabschätzung durch die

detaillierte Modellierung des Dämpfers und der Elastomerlager. Durch den Abgleich zwischen Messung und Simulation konnten zusätzliche Effekte mit Verbesserungspotenzial für die aktuelle Modellierung identifiziert werden.

Customer Benefits This project showed how Fraunhofer LBF can address the simulation and testing of suspensions for load determination at system and component level. Critical elements for the suspension dynamical behaviour and loading, such as bushings and dampers, can be measured, modelled and characterised for multi-body simulation of suspension and full vehicle models.

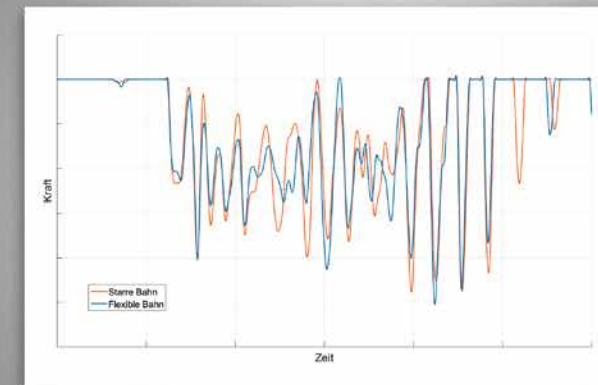
Summary The vehicle development process needs accurate information about loading on components, especially on high loaded and safety related parts and subsystems, such as suspensions. To this aim, well validated full vehicle and suspension multi-body models are widely used in the automotive industry. Within a project with Ford-Werke GmbH, a validation of a multi-body model of a front axle was carried out. The focus was especially on the effects of a new, more detailed modelling of the bushings and the damper on the result quality at component and system level. The results showed an improvement of the load prediction accuracy when implementing the new developed component models, as well as development possibilities in the modelling for higher validation performance.



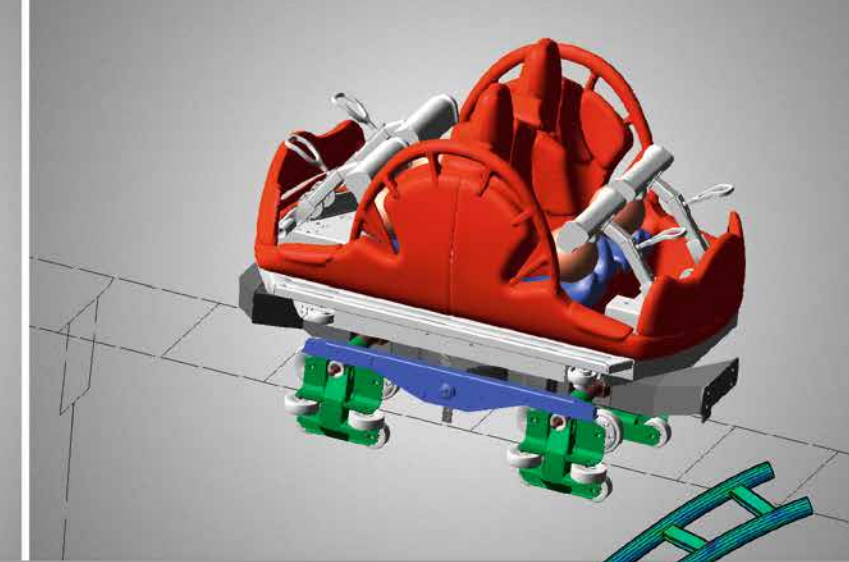
Dr. Andreas Sigwart,
Leiter Betriebsfestigkeit
VEV – Vehicle Testing
Ford-Werke GmbH, Köln

»Durch die Unterstützung des Fraunhofer LBF soll die Zuverlässigkeit von rein virtuellen Lastannahmen auf der Basis einer Mehrkörpersimulation verbessert werden. Mit Hilfe einer erweiterten mehraxialen Parametrierung von Elastomeren eines Querlenkers kann die Simulationsgüte entscheidend verbessert werden. Dadurch können in frühen Entwicklungsstadien die Bauteile zuverlässiger betriebsfest ausgelegt und Designänderungen aufgrund von falschen Lastannahmen vermieden werden.«

»With the support of Fraunhofer LBF, the reliability of pure virtual load assessment by multi-body simulation should be improved. Thanks to an extended multi-axial parameterization of control-arm bushings, the simulation quality can be significantly improved. As a result, components can be more reliably fatigue-endurable designed in the early development phases and design changes due to incorrect load assumptions can be avoided.



Einfluss der Flexibilität der Bahn-Struktur auf die Kontaktkraft zwischen einem Seitenrad des Wagens und der Schiene.
Influence of the rail structure flexibility on the contact force between a car lateral wheel and the rail.



MKS-Modell der Achterbahn mit einem Wagen.
Multi-body model of the roller coaster with a car.

BETRIEBSFESTIGKEIT, NUMERISCHE SYSTEMSIMULATION, METHODENENTWICKLUNG

Numerische Bestimmung von Lasten und Spannungen an einer Achterbahn.

Numerical determination of load and stress on a roller coaster.

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

Achterbahnen sind dynamische Systeme mit hohen Sicherheitsansprüchen. Um die Struktur und den Wagen sicher und optimiert auszulegen, sind genaue Last- und Spannungsberechnungen notwendig. Simulationsbasierte digitale Verfahren helfen dabei, nicht nur Kosten und Zeit zu sparen, sondern auch verschiedene Systemvarianten mit reproduzierbaren Versuchen testen zu können. Dafür müssen das komplexe System Wagen/Bahnstruktur und dessen Interaktion simuliert werden.

Bestimmung von Spannungen auf einer Achterbahn mittels MKS und detaillierter FE-Simulation

Im Rahmen einer Projektkooperation mit der Maurer AG wurde die Beanspruchung an einem Abschnitt einer Achterbahn durch einen reinen numerischen Simulationsprozess ermittelt. Ziel der ersten Phase des Projekts war die Ermittlung der Lasten an der Bahn durch eine dynamische Mehrkörpersimulation (MKS) des gesamten Systems Wagen/Bahnstruktur.

Wissenschaftler aus dem Fraunhofer LBF haben einen Wagen mit Gondel mit einem System von starren Körpern und entsprechenden kinematischen und elastischen Verbindungen

modelliert. Damit wurden die dynamischen Effekte vollständig berücksichtigt. Zur Nachbildung der Systemdynamik mit einer höheren Genauigkeit sollen ebenfalls die Effekte der Flexibilität der Bahn berücksichtigt werden. Deshalb wurde die Bahn als flexible Struktur mit finiten Elementen modelliert und in die Mehrkörpersimulation als sogenannter »flex body« implementiert. Um den Zielkonflikt zwischen Genauigkeit und Rechenzeit zu lösen, wurde die Bahn als Balkenstruktur modelliert. Die Belastung der Bahn ist auf die Kontaktkräfte zwischen Schienen und Rädern des Wagens zurückzuführen. Diese wurden mit einer im Rahmen des Projekts entwickelten mathematischen Formulierung modelliert und mit einer programmierten Kontakttroutine für die MKS implementiert. Die Kontakttroutine ermöglicht die Einbringung mehrerer, sich entlang des flexiblen Körpers bewegender, dynamischer Lasten.

Das MKS-Modell wurde mit verfügbaren Messdaten aus vorherigen Projekten mit der Maurer AG plausibilisiert. Nachfolgend wurde eine Vielzahl an Simulationen mit Varianten verschiedener kritischer Parameter des Systems (besonders der Kontaktkraftformulierung) durchgeführt, um deren Einflüsse auf die berechneten Lasten zu ermitteln.

In der zweiten Phase des numerischen Simulationsprozesses führten die Forscher eine detaillierte FE-Analyse einiger Bahnsegmente durch. Dafür wurden 3D-Modelle erstellt und die in der vorherigen MKS ermittelten Lasten sowie die Randbedingungen an den Schnittstellen des Detailmodells eingeleitet. Als Ergebnis dieser Phase wurden die Spannungen an verschiedenen Hot-Spots berechnet und mit entsprechenden, aus vorherigen Projekten vorhandenen DMS-Messdaten und vereinfachten Simulationsergebnissen verglichen.

Customer Benefits In this project, Fraunhofer LBF showed its capabilities in the fully digital load and stress analysis for system and component verification. Moreover, its experience in the multi-body modelling and simulation for load determination was extended into the field of rail vehicles. Complex systems, including moving loads on flexible structures, can be simulated by implementing self-developed subroutines, which extend the base computing capabilities of multi-body software.

Summary Roller coasters are dynamical systems with very high demands on safety. In order to efficiently design such

systems, CAE tools are required, which are able to accurately assess the system loads and stress during the development process. In cooperation with Maurer AG, a simulation process of a roller coaster was set-up. In a first step, the loads on the rails were obtained by means of multi-body simulation, which included a model of a car, a beam flexible model of the rail structure and a specific developed contact routine for the forces between car wheels and rails. In the second step, the obtained loads were used in 3D FE simulations of rail segment detailed models, which delivered stress signals at several hot spots.

»Durch die dynamische Systemsimulation der Achterbahn können Lasten und Spannungen genauer ermittelt und die Einflüsse verschiedener Parameter untersucht werden.«

Riccardo Bartolozzi, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Numerische Systemanalyse





Polymertechnik

Polymer Technology



Analytische Charakterisierung von Haftvermittlern mittels Flüssigkeitschromatographie.
Analytical characterization of compatibilizers by liquid chromatography.

96



Eine Toolbox zur Verfolgung der Härtung von Reaktionsharzen.
A Toolbox for Cure Monitoring of Thermosets.

98



Biobasierter Flammenschutz für Kunststoffe.
Bio-based flame retardants for polymers.

100



Intelligente Überwachung von Industrieprozessen 4.0
Smart monitoring of modern industrial processes 4.0

102



Seriennahe Fertigung adaptronischer Systeme für anspruchsvolle Einsatzbedingungen.
Near-series production of adaptronic systems for demanding operating conditions.

104

› Kunststoffe bieten unschlagbar gute mechanische Eigenschaften, können höchste Belastungen ertragen oder erhebliche Mengen an Energie absorbieren. Hieraus ergibt sich ein immenses Potenzial für Energie- und Ressourceneinsparung sowie für den Leichtbau. Die steigenden Anforderungen an das Praxisverhalten von Material, Bauteil und resultierendem Gesamtsystem können allerdings nur erfüllt werden, wenn die Kunststoffentwicklung aufs engste mit der Bauteil- und Systementwicklung verflochten wird. ‹

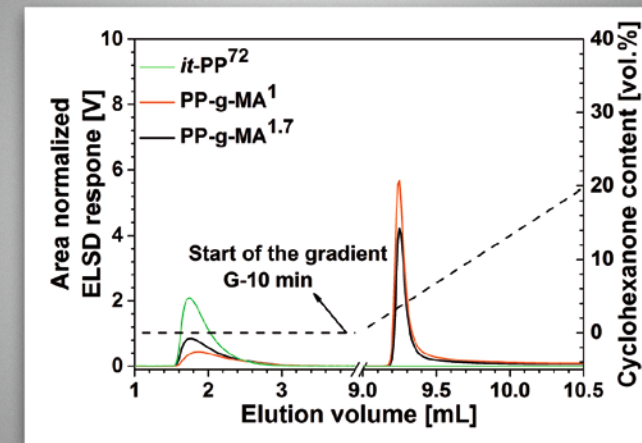


Abb. 1: Überlagerung der Chromatogramme von PP-g-MA-Proben.
Fig. 1: Overlay of chromatograms of PP-g-MA samples.



Abb. 2: Gerät, das zur Trennung von Polyolefinen mittels 2-dimensionaler Hochtemperaturflüssigchromatographie eingesetzt wurde.
Fig. 2: Instrument used for separation of polyolefins with high-temperature 2-dimensional liquid chromatography.

- ① Autosampler
- ② HPLC Oven
- ③ IR detector
- ④ GPC oven
- ⑤ ELS detector

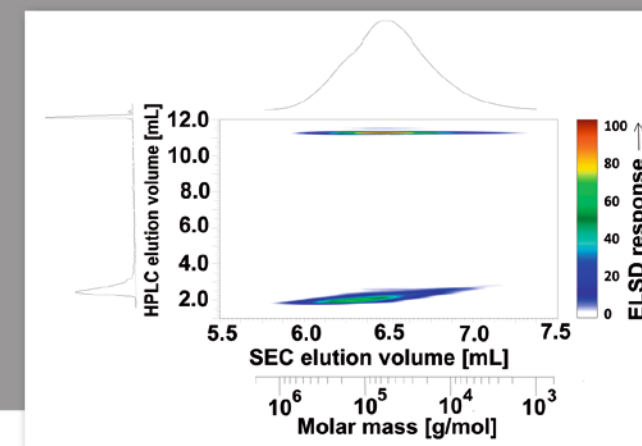


Abb. 3: 2D Konturplot von PP-g-MA.
Fig. 3: 2D contour plot of PP-g-MA.

MATERIALANALYTIK, METHODENENTWICKLUNG, CHARAKTERISIERUNG

Analytische Charakterisierung von Haftvermittlern mittels Flüssigkeitschromatographie.

Analytical characterization of compatibilizers by liquid chromatography.

Contact: Dr. Robert Brüll · Phone: +49 6151 705-8639 · robert.bruell@lbf.fraunhofer.de



Funktionalisierte Polyolefine besitzen als Haftvermittler zwischen Polyolefinen und polaren Oberflächen eine große wirtschaftliche Bedeutung. Trotz jahrzehntelanger Bemühungen fehlten bisher analytische Methoden, die ein umfassendes Verständnis der Materialien und eine schnelle Bewertung ihrer Wirksamkeit, beispielsweise im Rahmen einer Wareneingangskontrolle, ermöglichen. Am Fraunhofer LBF wurde jetzt eine chromatographische Methode entwickelt, die es zum ersten Mal erlaubt, systematische Struktur-Eigenschaftsbeziehungen für diese Materialien zu erarbeiten.

Polyolefine sind auf Grund ihrer in weiten Grenzen einstellbaren Eigenschaften und der Herstellung aus kostengünstigen Rohstoffen die am häufigsten verwendeten synthetischen Polymere. Dennoch limitieren ihre geringe Oberflächenenergie, geringe Kompatibilität mit polaren Polymeren und ihre geringe Adhäsion an polaren Materialien ihre Anwendbarkeit.

Viele dieser Probleme können durch die Einführung polarer Funktionalitäten, beispielsweise durch Pfropfen mit passenden polaren Monomeren, gelöst werden. Die Anwendungseigen-

schaften werden dann, bei gegebener Gesamtzusammensetzung, durch die Molmassenverteilung (molar mass distribution, MMD) und die Verteilung der chemischen Zusammensetzung (chemical composition distribution, CCD) bestimmt. Letztere ließ sich mit bisher etablierten Methoden nicht bestimmen. Am Fraunhofer LBF wurden daher intensive Bemühungen zur Entwicklung einer schnellen und selektiven Methode für die Charakterisierung von funktionalisierten Polyolefinen unternommen und ein auf Wechselwirkungsflüssigchromatographie (high performance liquid chromatography, HPLC) basierender Ansatz entwickelt. Erstmals konnten so funktionalisierte Polyolefine, z. B. Maleinanhidrid-gepfropftes Polypropylen (PP-g-MA), in einen polaren und einen unpolaren Anteil getrennt werden (Abb. 1).

Der als Haftvermittler aktive (funktionalisierte) Anteil der Proben lässt sich damit schnell und einfach bestimmen und so die Effektivität des Pfropfprozesses nachvollziehen. Um auch Informationen zum Funktionalisierungsgrad von Polymerketten unterschiedlicher Länge (unterschiedlicher Molmasse) zu erhalten (Beziehung zwischen MMD und CCD), wurde der HPLC-Ansatz weiterentwickelt. Eine Kopplung

der HPLC mit der GPC (zweidimensionale Chromatographie, Abb. 2) erlaubte es, PP-g-MA-Proben nach ihrer chemischen Zusammensetzung und dann nach ihrer Molmasse zu trennen (Abb. 3). Zum einen konnte so erstmals der tatsächlich aktive Gehalt an funktionalisiertem Polypropylen quantitativ bestimmt werden. Zum anderen konnte gezeigt werden, dass das funktionalisierte Material eine geringere Molmasse als die nichtfunktionalisierte Fraktion aufweist.

Customer Benefits Functionalization opens new perspectives for polyolefins due to their improved surface properties and overcomes a property gap in particular applications. A chromatographic approach developed at Fraunhofer LBF enables to quantify the efficiently functionalized portion in polypropylene grafted with maleic anhydride (PP-g-MA) and derive its molar mass distribution. This methodology is highly useful for developing more efficient processes of functionalization and can be applied for quality control purposes (monitoring of functionalization). The analytical information can be applied to derive structure-property relationships for functionalized polyolefins and is in the same way highly relevant for further material development and understanding material failure.

Summary Functionalized polyolefins have found widespread application as compatibilizers between unfunctionalized polyolefins and polar surfaces. Methods which allow a comprehensive understanding of the materials and a fast determination of their functionality e. g., as part of quality control, are missing.

A new chromatographic approach developed at Fraunhofer LBF enables for the first time the development of systematic structure-property relationships for these materials.

Danksagung

Die Methodenentwicklung wurde unterstützt von R&D SABIC und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e. V. (AiF). Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung und die erfolgreiche Zusammenarbeit.



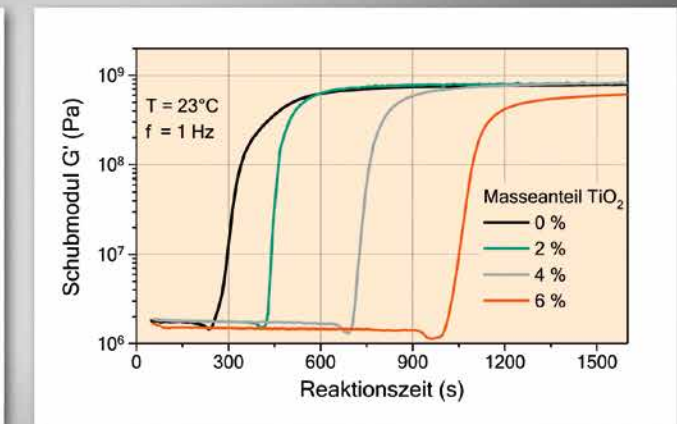
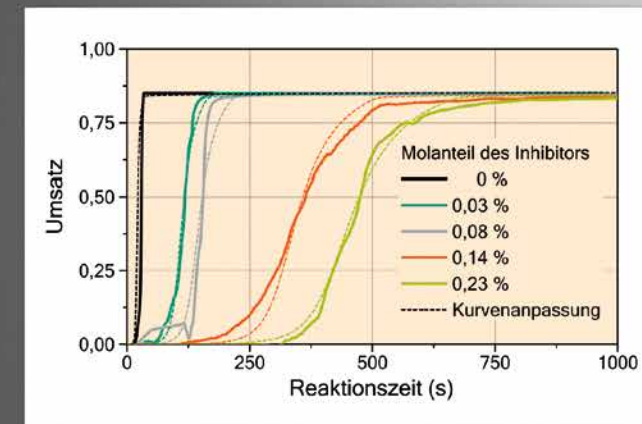


Abb. 1: Mit NIR-Spektroskopie gemessene Umsatz-Zeit-Kurven eines Methacrylatharzes mit verschiedenen Molanteilen eines Inhibitors (isotherme Härtung bei 23 °C).
Fig. 1: Conversion vs. time curves of a methacrylate resin with various molar fraction of an inhibitor measured by NIR spectroscopy (isothermal curing at 23 °C).

Abb. 2: Mit dynamisch-mechanischer Analyse gemessene Schubmodul-Zeit-Kurven eines Methacrylatharzes mit verschiedenen Masseanteilen von Titandioxid.
Fig. 2: Shear module vs. time curves of a methacrylate resin with various weight content of titanium dioxide measured by dynamic-mechanical analysis.

METHODENENTWICKLUNG, SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT, LEBENSDAUER

Eine Toolbox zur Verfolgung der Härtung von Reaktionsharzen.

A toolbox for cure monitoring of thermosets.

Contact: Dr. Dirk Lellinger und Priv.-Doz. Dr. Ingo Alig · Phone: +49 6151 705-8659 · ingo.alig@lbf.fraunhofer.de

Reaktionsharze werden in vielen Branchen als Gießharze, Klebstoffe, härtbare Formmassen, Lacke oder Imprägnierharze eingesetzt. Beispiele sind Holzfaserwerkstoffe, Faser-Kunststoff-Verbunde, Zahnprothesen, Knochenzemente oder Verankerungen im Baubereich. Für eine erfolgreiche Rezepturentwicklung und die Betriebssicherheit ist die Kenntnis des Härtungsverlaufs und der Eigenschaften im ausgehärteten Zustand notwendig. Dies erfordert deren zuverlässige Erfassung mit geeigneten Messmethoden.

Monitoring der Härtungsreaktion

Im Bereich Kunststoffe des LBF wurden verschiedene Messverfahren hinsichtlich ihrer Eignung zur In-Situ-Verfolgung der Harzhärtung getestet und weiterentwickelt. Ziel war die Bereitstellung einer »Toolbox« für die Rezepturentwicklung von Reaktionsharzen. Die Methodenentwicklung erfolgte exemplarisch für Reaktionsharze für Befestigungssysteme im Baubereich. Die Verfolgung der Härtung von schnellhärtenden Harzen, wie z. B. von Methacrylaten, stellt besonders hohe Anforderungen an die Zeitauflösung der Messverfahren. Bei Reaktionsmischungen mit hohem Füllstoffanteil ergeben sich zusätzliche Schwierigkeiten durch den geringen Harzanteil, der eine Verschlechterung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses bewirkt. Zur zeitabhängigen Erfassung des chemischen Um-

satzes wurden Nahinfrarot (NIR)- und Raman-Spektroskopie sowie dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) eingesetzt. Voraussetzung für die Anwendung der optischen Spektroskopie ist dabei, dass die charakteristischen Banden nicht durch Streuung an Füllstoffen oder Absorption maskiert werden. Die NIR-Spektroskopie und die DSC konnten durch Entwicklung spezifischer Mess- und Auswertesoftware bzw. von Präparationshilfen zum schnellen Probentransfer an die Anforderungen schnellhärtender und hochgefüllter Harzsysteme angepasst werden. Abb. 1 zeigt die mit NIR-Spektroskopie gemessenen Umsatz-Zeit-Kurven eines Methacrylatharzes. Die Kurvenanpassung erfolgte mit einem Reaktionsmodell für selbstbeschleunigende Reaktionen unter Berücksichtigung der Sauerstoffinhibierung. Für die zeitaufgelösten Messungen der mechanischen Moduln wurden die dynamisch-mechanische Analyse (DMA) und ein Ultraschallreflexionsverfahren eingesetzt. Abbildung 2 zeigt den Einfluss der Füllstoffkonzentration (TiO_2) auf die Modul-Zeit-Kurven (DMA). Mit der dielektrischen Relaxationsspektroskopie werden die Abnahme der Ionenleitfähigkeit und die Verlangsamung der Dipolrelaxation mit fortschreitender Härtungsreaktion erfasst. Abbildung 3 zeigt eine Einwegzelle mit interdigitierenden Elektroden. Für die Messung der Reaktionsschwindigkeit wurde ein selbstentwickeltes Laser-Scanning-Dilatometer eingesetzt. Zur simultanen

Erfassung von Umsatz und Schubmodul als Funktion der Reaktionszeit wurden NIR-Spektroskopie und ein Ultraschallreflexionsverfahren miteinander kombiniert.

Customer Benefits Thermosetting resins are used as casting resins, adhesives, curable molding materials, varnishes, impregnation sealants for electric motors, bonding systems and floors in the building sector, as dentures and bone cements in medicine and in wood fiber materials and fiber-reinforced composites. The knowledge of the curing process and the final properties are very important for developers and users of resin systems. Many industrial partners already use our services for method selection, for provision of measured data when developing formulations and for curing simulation. Our highly dedicated teams will be pleased to advise you.

Summary Experimental methods for monitoring the curing of fast-curing and highly-filled thermosets were evaluated and further developed. Investigations of thermoset curing have been carried out on typical resin formulations for the building industry and can also be applied for other sectors. The results can be used for development of acrylate, epoxide, phenol and melamine resin formulations. Material data, models and simulation software are provided for simulation of curing reaction, reaction shrinkage and reaction-induced stresses.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 17800 N der Forschungsgesellschaft Kunststoffe e. V., zum Thema »Monitoring schnellhärtender, hochgefüllter Harzsysteme« 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.

»Die Gruppe Morphologie und Dynamik entwickelt seit vielen Jahren zugeschnittene Messtechnik zur Verfolgung der Harzhärtung und unterstützt unsere Kunden bei der Rezepturentwicklung sowie der Verbesserung der Systemzuverlässigkeit.«

Dr. Ingo Alig, Abteilungsleiter Morphologie und Dynamik



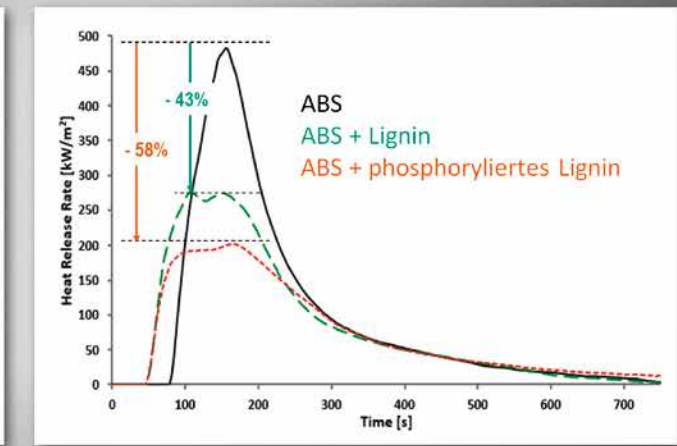
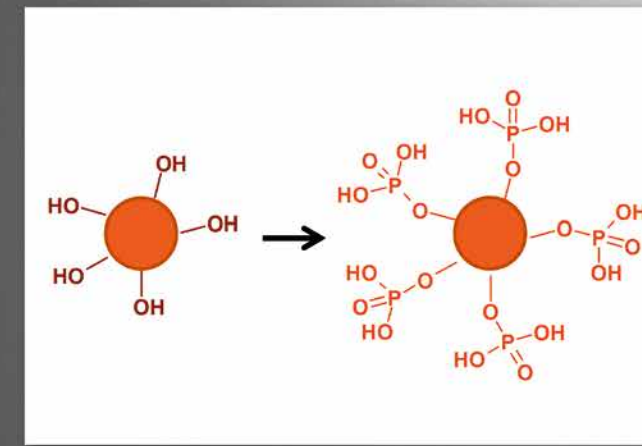


Abb. 1: Schematische Darstellung der Phosphorylierung von Lignin.
Fig. 1: Schematic: Phosphorylation of lignin.

Abb. 2: Verlauf der Wärmeabgaberraten von ABS, ABS mit 30 Gew.-% Lignin und ABS mit 30 Gew.-% phosphoryliertem Lignin.
Fig. 2: Heat release rate curves of ABS, ABS with 30 wt.-% lignin and 30 wt.-% phosphorylated lignin.

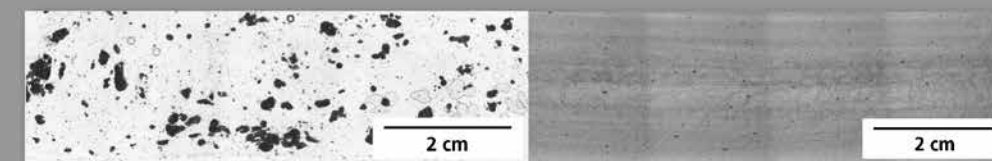


Abb. 3: Lichtmikroskopische Aufnahmen von Polypropylen/Lignin-Compounds.
Links: unmodifiziertes Lignin; Rechts: hydrophobisiertes Lignin
Fig. 3: Light microscopy of polypropylenlignin compounds.
Left: unmodified lignin; right: hydrophobized lignin



POLYMERSYNTHESE, GRENZFLÄCHENDESIGN, NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

Biobasierter Flammenschutz für Kunststoffe.

Bio-based flame retardants for polymers.

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



Die Verknappung fossiler Ressourcen und der steigende CO₂-Ausstoß sind wesentliche Treiber für die stoffliche Nutzung von Biomasse als Alternative zu erdölbasierten Rohstoffen. Wichtig ist dabei die Vermeidung einer Konkurrenzsituation zwischen Anbau von Nutzpflanzen und Nahrungsmittelproduktion. Die Verwendung eines Nebenprodukts aus der Papierherstellung für Kunststoffanwendungen stand deshalb im Fokus der hier gezeigten Entwicklung.

Nutzbarmachung von Biomasse durch chemische Modifizierung

Ein in großen Mengen anfallendes Naturprodukt, für das es derzeit keine nennenswerte stoffliche Nutzung gibt, ist das Lignin. Es ist ein wesentlicher Bestandteil verholzender Pflanzen und bleibt bei der Papierherstellung zurück. Derzeit wird es zu mehr als 98 Prozent verbrannt, um den Energiebedarf der Papierfabriken zu decken. Zahlreiche Forschungsaktivitäten zielen auf die Verwendung von Lignin in Kunststoffanwendungen hin, um erdölbasierte Kunststoffe partiell zu ersetzen oder um Funktionalitäten einzuführen. Eine bekannte Eigenschaft des Lignins als Kunststoffadditiv ist dessen Fähigkeit, die Entflammbarkeit von Kunststoffen zu reduzieren. Dieser Effekt kann bei gleichzeitiger Anwesenheit von phosphorhaltigen

Verbindungen verstärkt werden. Diese Erkenntnis wurde jedoch bislang noch nicht in technischen Anwendungen genutzt, da der Effekt der Flammhemmung in den meisten Fällen zu gering ist. Darüber hinaus resultiert durch den Zusatz des Lignins auf Grund seiner Unverträglichkeit mit den meisten Kunststoffen eine Verringerung der mechanischen Eigenschaften.

Um die Verwendung von Lignin als Flammenschutzmittel einer industriellen Nutzung näher zu bringen, wurden am Fraunhofer LBF in einem von der EU geförderten Projekt neue Erkenntnisse zu dieser Thematik erarbeitet. Ein Grund für den zu geringen Flammschutzeffekt des Lignins in Kombination mit phosphorhaltigen Verbindungen ist die Tatsache, dass beide Komponenten räumlich voneinander getrennt im Kunststoff vorliegen und so deren gemeinsame Wirkung unterbunden wird. Dieses Problem wurde im Institut dadurch gelöst, dass der Phosphor chemisch an das Lignin angebunden wurde (Abb. 1). Die chemische Modifizierung wurde dabei so gestaltet, dass sie auch für eine spätere Umsetzung in den industriellen Maßstab geeignet ist. Nach der Verfahrensentwicklung im Labormaßstab wurde die Synthese des phosphorylierten Lignins im hauseigenen Kilolabor durchgeführt. Somit wurden größere Mengen des Materials den Projektpartnern

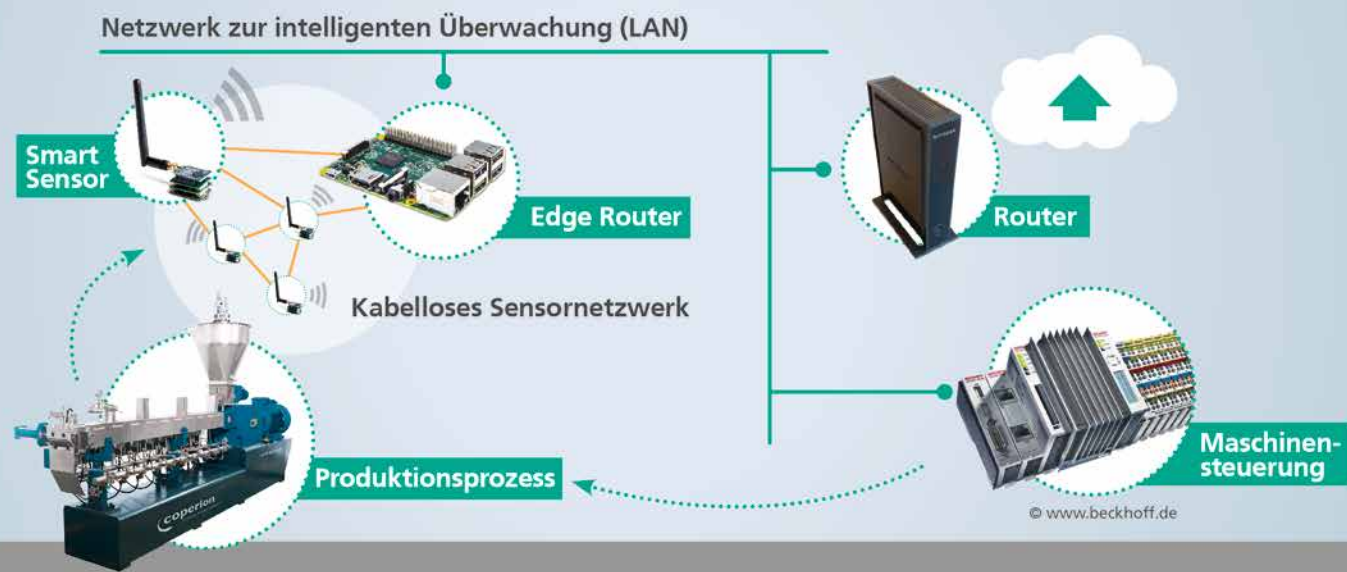
zur Weiterverarbeitung mit verschiedenen Kunststoffen bereitgestellt. An der Universität Lille durchgeführte Brandtests an einem Massenverlust-Kalorimeter zeigten eine geringere Wärmeentwicklung bei Kunststoffen, die das vom Fraunhofer LBF phosphorylierte Lignin enthielten, im Vergleich zu solchen, die das reine Lignin beinhalten (Abb. 2).

Morphologische Untersuchungen an Polypropylen-Compounds mit reinem und phosphoryliertem Lignin ergaben, dass das Lignin durch die Unverträglichkeit bedingt in großen, ungleichmäßig verteilten Agglomeraten vorlag, wodurch auch die Zugfestigkeit der Materialien abnahm. Durch weitere chemische Modifizierung des Lignins, einer Hydrophobierung, konnte dessen Verträglichkeit zu Polypropylen verbessert werden, was an einer feineren Morphologie (Abb. 3) und verbesserten mechanischen Eigenschaften erkennbar war.

Customer Benefits Manufacturers of plastics products, where a fire retardant behaviour is required, e.g. in electric applications or public transportation, are enabled to fabricate sustainable products. For the paper industry, new and value added markets can be opened for a side product, which is currently used for energy recovery.

Summary Lignin is a bio-based feedstock and accrues in huge amounts. To make it available for an industrial material utilization was the scope of a project at Fraunhofer LBF, funded by the EU. The aim was the development of bio-based flame retardants for plastics applications based on this renewable feedstock by introducing phosphorous containing groups. The synthesis of the phosphorylated lignin was optimized concerning an up-scaling to the kilogram scale. Samples therefrom were provided to the project partners for compounding it with various plastics. Aiming on the improvement of the mechanical properties also hydrophobic groups were attached to the lignin.

»Die Identifizierung neuer Anwendungen für Abfallprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen ist gesellschaftlich relevant. Wir können damit fossile Ressourcen schonen, ohne mit der Nahrungsmittelproduktion in Konkurrenz zu treten.«
Dr. Roland Klein, Gruppenleiter Grenzflächendesign



PROZESSOPTIMIERUNG, ZUSTANDSÜBERWACHUNG, DATENMANAGEMENT

Intelligente Überwachung von Industrieprozessen 4.0

Smart monitoring of modern industrial processes 4.0

Contact: Dr. Torsten Bartel · Phone: +49 6151 705-497 · torsten.bartel@lbf.fraunhofer.de
 Dr. Christian Beinert · Phone: +49 6151 705-8735 · christian.beinert@lbf.fraunhofer.de

Moderne Produktionssysteme kommunizieren mit ihrer Umgebung und organisieren sich selbst. Markttrends prognostizieren, dass modulare cyber-physikalische Systeme (CMS) die weltweite Produktion bestimmen werden. Industrie 4.0 ist auf dem Vormarsch. Intelligente Sensoren zur Überwachung und Regelung von Produktionsprozessen sorgen dafür, dass vernetzte, autonome Arbeitsprozesse zuverlässig ablaufen.

Modulares System für die Wartungsplanung

Am Beispiel eines Doppelschneckenextruders hat das Fraunhofer LBF ein intelligentes Überwachungs- und Optimierungssystem für Industrieprozesse entwickelt. Es besteht aus intelligenten Sensoren mit integrierter Sensordatenverarbeitung sowie einem multifunktionalen Gateway zur Datenaufbereitung und Prozessrückwirkung.

Im Projekt ImProcess4.0 wurden geeignete Sensorarten und Auswertungsverfahren zur Erkennung ungünstiger Maschinenzustände eines Extruders (z. B. Verschleißzustände) sowie Eingriffsmöglichkeiten in die Prozesssteuerung identifiziert. Daraus wurden Anforderungen an die Konfiguration der

intelligenten Sensorknoten abgeleitet sowie eine Systemarchitektur, Anwenderschnittstellen, Datenprotokolle und Datenformate definiert. Über standardisierte Schnittstellen soll eine einfache, nachträgliche Integration in bestehende Unternehmensnetzwerke ermöglicht werden (Retro-fitting). Darüber hinaus wurde eine Signalvorverarbeitung umgesetzt, die eine Reduktion der Messdaten bereits im Sensorknoten ermöglicht. Über ein multifunktionales Gateway werden die vorausgewerteten Sensordaten gesammelt, verarbeitet und einerseits über einen Datenpool als Information zur Verfügung gestellt. Zur Identifikation von Schädigungen werden die Daten andererseits mit ermittelten Datenkollektiven abgeglichen. Nicht messbare Prozessdaten können modellbasiert berechnet werden. Über Optimierungsalgorithmen wird eine direkte zustandsbasierte Rückwirkung auf die Prozesssteuerung mit dem Ziel ausgeübt, kritische Systemzustände zu vermeiden und den Verschleiß zu reduzieren.

Eine flexible Anpassung auf verschiedene Produktions- oder Arbeitsprozesse ist über den modularen Aufbau der entwickelten Sensorknoten möglich. Basierend auf definierten Zielerfordernissen werden Prozesse autonom optimiert und

Folgeprozesse in die Betrachtung integriert. In Verbindung mit der Bereitstellung der Sensordateninformation in einem Datenpool (z. B. für Cloud Dienst) bietet das Fraunhofer LBF eine universelle Grundlage für Angebote z. B. zur Zustandsüberwachung oder Wartungsplanung.

Customer Benefits Together with manufacturers and users of machinery and equipment, our expert teams can employ the monitoring system developed both to optimize process controllers and also to identify damage in good time. As a result it is easier to control maintenance intervals and to reduce undesirable machine downtimes. The modular, adaptable system can be transferred flexibly to the different processes and machines of our customers. Networking of the data via a data pool facilitates status monitoring for your specific application across all machines and operations.

Summary Modern production systems communicate with their environment and organize themselves. Smart sensors for monitoring and controlling production processes ensure that networked, autonomous workflows run reliably. Fraunhofer LBF has constructed a monitoring system based

on smart sensor nodes for a compounding process with twin-screw extruders. The system enables the early detection of damage as well as scheduling of maintenance and repair. Optimization algorithms are used to exert an effect on process control with the aim of reducing wear. We identify appropriate solutions jointly with our customers.

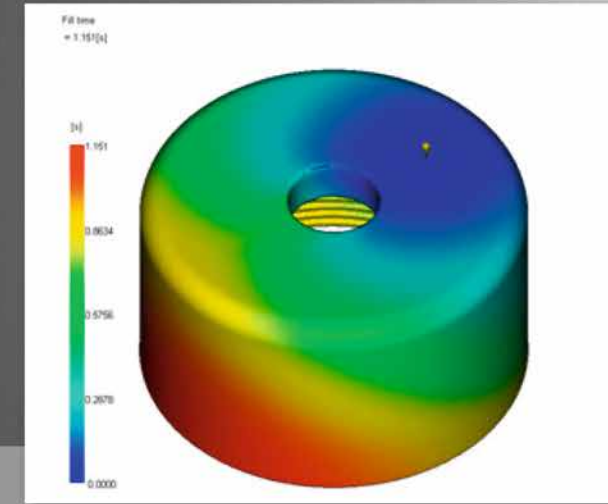
»Durch die Kombination aus messtechnisch erfassten Maschinendaten und ausgewählten ergänzenden Messungen, können kritische Betriebszustände oder Materialschwankungen erkannt und Fehlchargen und/oder Maschinenausfällen minimiert werden.«

Dr. Christian Beinert, Abteilungsleiter Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung

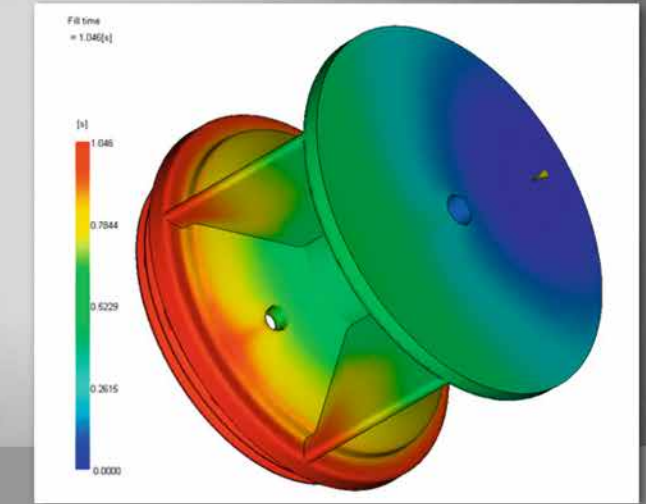




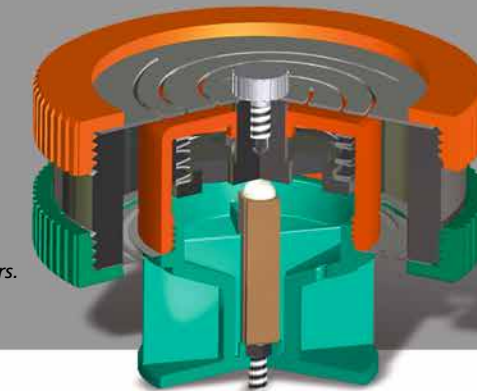
Inertialmassenaktor –
kostengünstig hergestellt.
Inertial mass actuator –
manufactured economically.



Spritzgiesssimulation einzelner Bauteile.
Injection molding simulation of individual components.



Zusammenbauübersicht des Inertialmassenaktors.
Assembly overview of the inertial mass actuator.



ADAPTRONIK, KUNSTSTOFFVERARBEITUNG, FUNKTIONSINTEGRATION

Seriennahe Fertigung adapttronischer Systeme für anspruchsvolle Einsatzbedingungen.

Near-series production of adaptronic systems for demanding operating conditions.

Contact: Dr.-Ing. Christian Beinert · Phone: +49 6151 705-8735 · christian.beinert@lbf.fraunhofer.de
Thorsten Koch · Phone: +49 6151 705-391 · thorsten.koch@lbf.fraunhofer.de

Piezoaktoren sind sehr empfindlich gegenüber umgebenden Medien und Feuchtigkeit. Dennoch werden sie oft in Anwendungen eingesetzt, in denen sie rauen Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind, beispielsweise in hochfrequenten Pumpen oder Inertialmassenaktoren. Eine Einhausung der Piezoaktoren ist dann unumgänglich. Für die Einhausung, Kontaktierung und den Verguss der Aktoren existiert jedoch kein serientauglicher Prozess. Dies hat zur Folge, dass der entsprechende Herstellungsvorgang aktuell sehr aufwändig und teuer ist und die tatsächliche Anwendung von Piezoaktoren limitiert bleibt. Wissenschaftler am Fraunhofer LBF haben nun ein kostengünstiges, serientaugliches Verfahren entwickelt, das die Herstellung eines medienbeständigen Piezoaktors bzw. eines Inertialmassenaktors durch integrativen Spritzguss ermöglicht, so dass auch in anspruchsvollen Einsätzen auf eine Einhausung verzichtet werden kann.

Spritzguss bietet neue Möglichkeiten

Ziel des Entwicklungsprojekts war die Herstellung eines Inertialmassenaktors zur Schwingungsreduktion. Ein vergleichsweise einfacher Aufbau und die Nutzung des Spritzgießens für einzelne Komponenten soll die Voraussetzung für eine seriennahe Umsetzung liefern.

Wesentliche Herausforderung war der »spritzgussgerechte Aufbau« des Inertialmassenaktors und damit verbunden die Abschätzung der Belastungen bei der Fertigung, sowohl analytisch als auch mittels Spritzgießsimulation. Im weiteren Projektverlauf wurde die Funktion des Inertialmassenaktors experimentell validiert, u. a. durch die systematische Analyse der Funktion in Abhängigkeit von Temperatur und Wirkdauer.

Grundlage für eine seriennahe Herstellung aktiver Systeme

Neben der eigentlichen Herstellung eines Prototyps des Inertialmassenaktors wurde mit dem Projekt die Grundlage für eine seriennahe Herstellung aktiver Systeme geschaffen. Die Berücksichtigung serientauglicher, automatisierter Fertigungsmethoden bereits in der Designphase ermöglichte alternative Fertigungskonzepte für zuverlässige aktive Systeme mit Piezoaktoren, die mit wenig Vormontageschritten weitgehend komplett im Spritzgussverfahren hergestellt werden können. Durch den Einsatz funktionaler Materialien können zudem bestimmte Barriereigenschaften (z. B. gegen Feuchtigkeit) oder elektrische Eigenschaften (z. B. gespritzte Kontaktierung) gezielt genutzt werden. Durch die Abbildung komplexer Vorgänge in der Spritzgießsimulation konnten zudem die Kompetenzen im Bereich des funktionsintegrierten Spritzgusses hinsichtlich Design und Fertigung komplexer Bauelemente erweitert werden.

Customer Benefits Manufacturers and users of complex injection molded and hybrid injection molded components benefit from the opportunities of simulation-supported development and implementation of injection molding processes. Added to this are opportunities for material functionalization, e. g. in the form of sensor integration for structural health monitoring, thermoplastic-based connector systems or injection molded micro actuators. The use of a low-cost, near-series production process for active systems also offers significant cost reduction potential for active components. The experienced, multidisciplinary teams at Fraunhofer LBF will be pleased to advise you on the opportunities for using active systems in application areas that were previously unattractive due to the high cost.

Summary Piezo actuators are very sensitive to surrounding media and humidity. Nevertheless, if they are to be used in harsh environments (e. g. in high-frequency pumps, inertial mass actuators), they must be enclosed. Until now, this has been time-consuming and expensive, and has limited the use of piezo actuators. Based on their experience gained in the (metal) enclosure of piezo actuators using additive manufacturing, scientists at Fraunhofer LBF developed a low-cost method suitable for series production for manufacturing

a media-resistant piezo actuator or inertial mass actuator using integrative injection molding. Manufacturers and users of complex injection molded and hybrid injection molded components benefit from the opportunities of simulation-supported development and implementation of injection molding processes and the opportunities for material functionalization, e. g. in sensor integration for structural health monitoring, thermoplastic-based connector systems or injection molded micro actuators. The use of a low-cost, near-series production process for active systems also offers significant cost reduction potential for the active components. This makes it possible to expand the use of active systems into application areas that were previously unattractive due to the high cost.

»Bei der Zusammenarbeit in den fachübergreifenden Teams entstehen immer wieder neue und erfolgversprechende Ideen. Das motiviert und unsere Kunden profitieren davon!«

Thorsten Koch, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Schwingungstechnische Optimierung





Perspektiven und Netzwerke.

Prospects and networks.



Erfolgreiche Evaluation des Bereichs »Kunststoffe«.
Successful evaluation of the »Plastics« Division.

108



Projektbereich Systemzuverlässigkeit.
System Reliability Project Area.

110



Das assoziierte Fachgebiet SAM.
Associated research group SAM.

112



Kompetenznetz Adaptronik.
One partnership – many advantages.

113



4SMARTS – Symposium für Smarte Strukturen und Systeme.
4SMARTS-Conference.

114



Die Fraunhofer-Gesellschaft.
The Fraunhofer Gesellschaft.

116



Fraunhofer-Verbund MATERIALS.
The Fraunhofer Group MATERIALS.

117



Allianzen und Netzwerke.
Alliances and networks.

118

Erfolgreiche Evaluation des Bereichs »Kunststoffe«.

Successful evaluation of the »Plastics« Division.



Contact: Dr. Rudolf Pfaendner · Phone: +49 6151 705-8605 · rudolf.pfaendner@lbf.fraunhofer.de

Im November 2016 fand die Evaluation des Bereichs Kunststoffe im Fraunhofer LBF statt – nach fünf Jahren Zugehörigkeit zur Fraunhofer-Familie obligatorisch. Ziel der Evaluation ist ein Abgleich des ursprünglichen Integrationsplans mit den erreichten Zielen, eine Standortbestimmung und die Vorstellung der zukünftigen Schwerpunkte und Entwicklungsthemen. Für die Evaluation konnten 10 Persönlichkeiten aus der Industrie, der akademischen Forschung und der Fraunhofer-Gesellschaft gewonnen werden. Weiterhin war das Land Hessen durch Frau Dr. Mattig, zuständig für außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und überregionale Forschungsförderung, vertreten.

Die fachlichen Präsentationen der Instituts- und Bereichsleitung zeigten, dass die Fraunhofer-Einheit Kunststoffe, hervorgegangen aus dem ehemaligen Deutschen Kunststoff-Institut (DKI), die bisherige Kompetenzkette des Fraunhofer LBF im materialtechnischen und hier konkret im kunststofftechnischen Bereich komplementär vervollständigt. In einer einmaligen Kombination ingenieurwissenschaftlicher und naturwissenschaftlicher Kompetenz entwickelt sich das Fraunhofer LBF durch die Synergien der Bereiche im Kunststoffgebiet zu einem

umfassenden Systemanbieter, der die gesamte Wertschöpfungskette vom Material bis zur Anwendung im Blick hat und damit seinen Kunden und Partnern passgenaue Lösungen anbietet. Kunststoffe der Zukunft sind funktionsintegrierte, hybride und Multimaterialsysteme, optimiert in Material- und Energieverbrauch in Produktion und Nutzung z. B. bei Leichtbaustrukturen. Ein durch den Bereich Kunststoffe material- und verfahrensseitig erweitertes Fraunhofer LBF ist in der Lage, diese Entwicklung voll umfänglich mit seinen Industriepartnern direkt und in öffentlichen Projekten zu begleiten. Strategische Forschungsthemen können damit weitaus umfangreicher und fundierter adressiert werden.

Weiterhin erweitert der Bereich Kunststoffe die traditionellen Geschäftsfelder des Instituts mit dem Schwerpunkt Automotive durch das **neue Geschäftsfeld Chemie**, dies mit dem Fokus auf der kunststofferzeugenden und -verarbeitenden Industrie sowie der Spezialitätenchemie. Dieses Geschäftsfeld ist in einer zukunftsorientierten, höchst innovativen und finanzstarken Branche mit substantiellen FuE-Ausgaben angesiedelt. Mit den Alleinstellungsmerkmalen des Bereichs

Kunststoffe, die im Besonderen die Synthesekompetenz, die Polymeradditivierung, die Polymer- und Materialanalytik, die Kopplung von Prozess- und Materialeigenschaften und das Aufstellen von Werkstoffmodellen umfassen, ist das Fraunhofer LBF damit heute ein anerkannter Partner sowohl von der chemischen Großindustrie als auch von klein- und mittelständischen Unternehmen in Hessen, Deutschland und zunehmend auch im internationalen, heute insbesondere europäischen Raum.

In Fachvorträgen wurden von den Abteilungsleitern des Bereichs Kunststoffen zukünftige Wachstumsziele dieser Einheit mit einer Erweiterung des FuE-Portfolios um Angebote auf den Forschungsgebieten Integrative Simulation, Polymeradditive und Elastomere vorgestellt. Zusätzlich werden bereichsübergreifender FuE-Angebote an den Markt, z. B. auf den Themenfeldern Faser-Strukturbauteile, additive Fertigung, Funktionsintegration und Intelligentes Monitoring für Industrieprozesse 4.0 implementiert.

Die präsentierten Ergebnisse und die geplante Entwicklung wurden dann im Gremium und abschließend im Kreis der Evaluatoren diskutiert. Die Gutachter kamen einstimmig zu dem Ergebnis, dass das Ziel der Integration, die Verschmelzung von DKI und LBF zu einem einheitlichen, national und international stark aufgestellten Fraunhofer LBF mit Standorten in Darmstadt-Mitte und Darmstadt-Kranichstein erreicht wurde.

Der Forschungsbereich Kunststoffe ist zukunftsfähig aufgestellt, die richtigen Themen sind vorhanden, was sich u. a. in den positiven Wirtschaftszahlen widerspiegelt. Die Evaluatoren empfahlen dem Vorstand uneingeschränkt, das in das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit integrierte, ehemalige Deutsche Kunststoff-Institut, nunmehr als Forschungsbereich Kunststoffe, weiterzuführen. Dieser Empfehlung hat der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft zugestimmt.

Projektbereich Systemzuverlässigkeit.

System Reliability Project Area.

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

»In der Elektromobilität verfolgen wir einen ganzheitlichen Ansatz. Deshalb betrachten wir alle Aspekte dieses Ökosystem, nicht allein die Traktionskomponenten.«

Dipl.-Ing. R. Heim

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 ZSZe 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 Radnaben-

motoren – 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 Leitanbieterschaft zu erreichen.

Zentrum für Systemzuverlässigkeit, Schwerpunkt »Future Mobility« am Beispiel des »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.

»In electric mobility, we take a holistic approach. We therefore consider all aspects of this »ecosystem«, not just the electrified traction components.«

Dipl.-Ing. R. Heim

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 degradation mechanisms, failure rates, sensitivity and robustness. In the »Center for System Reliability / Electric Mobility – 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 HV 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 traction drives, electric wheel hub motors and even whole vehicles – are operated in other parts of the laboratory.

The center's own fleet of fully equipped research vehicles are also used to study relevant use and load scenarios of electric vehicles.

The Center for System Reliability is therefore making significant contributions to increasing the functional safety and reliability of the drives and energy accumulators of future generations of vehicles in addition to making potential synergies available for other applications in electronics and electrical engineering.

Center for System Reliability, Key Area »Future Mobility«, example »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.



Mit dem GEV/one-Antriebskonzept kann die Energiewende eine runde Sache werden. The GEV/one drive concept takes the energy revolution full circle.

Das assoziierte Fachgebiet SAM.

Associated research group SAM.

Contact: Prof. Dr.-Ing. T. Melz · Phone: +49 6151 705-252 · tobias.melz@lbf.fraunhofer.de
Dr.-Ing. J. Bös · Phone: +49 6151 16-23512 · boes@sam.tu-darmstadt.de

Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM

Das Fachgebiet Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM der Technischen Universität Darmstadt ist mit seinen insgesamt etwa 38 Mitarbeitenden personell und inhaltlich eng mit dem Fraunhofer LBF verbunden. Das Fachgebiet SAM entwickelt und erweitert wissenschaftliche Grundlagen und wendet Methoden und Verfahren zur Bewertung der Zuverlässigkeit komplexer technischer Systeme an. Dies umfasst auch die Untersuchung und gezielte Minderung von Unsicherheit im Rahmen des Sonderforschungsbereiches SFB 805 »Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus«, an dem das Fachgebiet SAM maßgeblich beteiligt ist. In Kombination mit der Maschinenakustik können leise und zuverlässige Produkte entwickelt

werden. Zusätzlich zu Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik wurde zum Jahresbeginn 2016 mit der Berufung von Herrn Prof. Melz zum neuen Fachgebietsleiter das Forschungsgebiet der Adaptronik in Forschung und Lehre des Fachgebiets SAM verankert. Dies wird auch im neuen Fachgebietsnamen deutlich und unterstreicht die enge Verbindung zum Fraunhofer LBF.

System reliability, Adaptive Structures, and Machine Acoustics SAM

The Technische Universität Darmstadt research group System Reliability, Adaptive Structures, and Machine Acoustics SAM with around 38 employees is closely connected to Fraunhofer LBF in terms of staff and content. The research group develops and expands scientific principles and applies methods and procedures for evaluating the reliability of complex

technical systems. This includes the investigation and targeted reduction of uncertainty within the framework of the Collaborative Research Center SFB 805 »Control of Uncertainty in Load-carrying Structures in Mechanical Engineering«, in which the research group has a significant involvement. In combination with machine acoustics, it is possible to develop quiet and reliable products. In addition to system reliability and machine acoustics, at the beginning of 2016 the research field of adaptive structures was included in the research and teaching of the research group on the appointment of Prof. Melz as the new head of the research group SAM. This is also clearly expressed in the research group's new name and underlines the close connection with Fraunhofer LBF.

Kompetenznetz Adaptronik.

One partnership – many advantages.

Das Technologienetzwerk wurde 2007 auf Initiative des Fraunhofer LBF als Rhein-Main Adaptronik e.V. in Darmstadt gegründet. Hier ist auch die Geschäftsstelle angesiedelt. Im Zuge der bundesweiten Ausweitung der Vereinsaktivitäten hat sich der Verein mittlerweile in Kompetenznetz Adaptronik e.V. umbenannt.

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 Kompetenznetz 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. Das Kompetenznetz Adaptronik e.V. richtet sich vor allem an die Zielmärkte Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Luft- und Raumfahrt sowie Automation und Sondermaschinenbau.

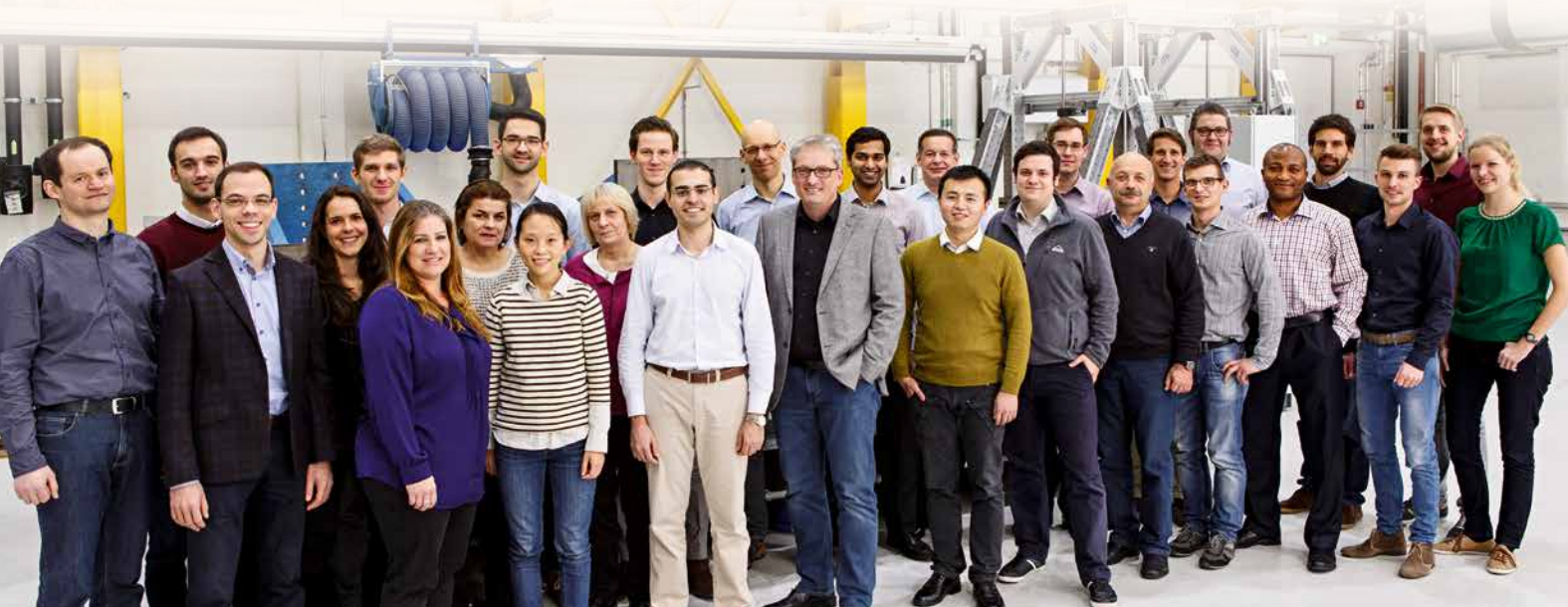
Vorstand:

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz (Vorsitzender), Fraunhofer LBF
Dipl.-Ing. Klaus Osterhage, Adam Opel AG
Prof. Dr.-Ing. Hans Peter Monner, DLR
Dr. phil. nat. Ursula Eul (Geschäftsführung), Fraunhofer LBF
Phone: +49 6151 705-262
eul@kompetenznetz-adaptronik.de

www.facebook.com/kompetenznetzadaptronik
www.kompetenznetz-adaptronik.de

Mitglieder im Netzwerk sind (Stand März 2017):

- Adam Opel AG
- ContiTech Vibration Control GmbH
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Freudenberg Technology Innovation SE & Co. KG
- Hochschule Darmstadt
- Institut für Verbundwerkstoffe GmbH
- KSB Aktiengesellschaft
- Linz Center of Mechatronics GmbH
- LORD Germany GmbH
- Mecatronix AG
- Sparkasse Darmstadt (Fördermitglied)
- Technische Universität Darmstadt
- ts³ – the smart system solution gmbh



KOMPETENZNETZ
Adaptronik



4SMARTS – Symposium für Smarte Strukturen und Systeme.

4SMARTS-Conference.



Contact: Dr. Ursula Eul · Phone: +49 6151 705-262 · ursula.eul@lbf.fraunhofer.de

Es begann in den 90er Jahren als Forschungsthema auf Materialebene. Dank der Beharrlichkeit und des Engagements vieler Wissenschaftler in Forschung und Entwicklung, aber auch dank der Kontinuität in Forschungsförderung und -management sind inzwischen vielfach Anwendungen in der Luftfahrt, in der Windenergietechnik, im Fahrzeug- und Maschinenbau, in der Sportindustrie, der Medizintechnik und in etlichen weiteren Branchen erschlossen: Die »intelligenten Materialien« wurden in intelligente Strukturen integriert und aus diesen wurden intelligente Struktursysteme.

Diese Entwicklung geht weiter. Neue Anwendungsmöglichkeiten und -bedarfe definieren neue Forschungsaufgaben, auf Material-, Bauteil- und Systemebene. Immer wichtiger werden Aspekte der Systemintegration und Validierung sowie Methoden zur Bewertung und Verbesserung der Systemzuverlässigkeit. Die wirtschaftliche und gesellschaftliche Relevanz smarterer Lösungen wächst; sie übernehmen auch im Alltag immer öfter die Aufgaben traditioneller Technik. So mindern smarte adaptive und aktive Systeme Schwingungen und Lärm, verbessern den Komfort, eröffnen zusätzliche Leicht-

baupotenziale, überwachen und steigern die Lebensdauer und Sicherheit mobiler und stationärer maschinenbaulicher Strukturen wie Autos oder Bauwerke.

Wichtiger denn je für die Überführung der vielfältigen technischen Möglichkeiten in Markterfolge sind effiziente und industrieorientierte Kooperationen, funktionierende Ketten von Forschung und Entwicklung über die technische Umsetzung von Prototypen und spätere Produktion bis hin zur systemtechnischen Nutzung.

Diesen Prozess will die neue Veranstaltungsreihe 4SMARTS – Symposium für Smarte Strukturen und Systeme unterstützen und beschleunigen. Entsprechend dem Motto »Innovation durch fokussierte Vernetzung von Forschung und Anwendung« steht das interdisziplinäre Themenfeld der aktiven, intelligenten und adaptiven – kurz: smarten – Strukturen und Systeme im Fokus.

Im April 2016 erlebte die »4SMARTS« mit ca. 100 Teilnehmern in Darmstadt ihre erfolgreiche Premiere. Im Laufe von zwei

Konferenztage wurden alle relevanten Themen, ausgehend vom Material über die Auslegung von Bauteilen und die Integration von Funktionen bis hin zur Zuverlässigkeit komplexer Systeme adressiert. Neben den klassischen Einsatzgebieten aktiver Schwingungs-, Schall- und Gestaltkontrolle wurden weitere Anwendungen wie etwa Structural Health Monitoring (SHM) oder Energy Harvesting diskutiert.

Wissenschaftliche Schirmherren der 4SMARTS sind das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF mit seinem Forschungsbereich Adaptronik und das Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR).

Die zweite 4SMARTS findet vom **21. bis 22. Juni 2017** in **Braunschweig** statt und soll dann in einen 2-jährigen Turnus überführt werden. **Seien auch Sie dabei, gestalten Sie die 4SMARTS mit!**

4SMARTS[®]
Symposium für Smarte Strukturen und Systeme

Funktionsintegration
Haptische Systeme

Aktive Schallbeeinflussung

Smarte Materialien

Structural Health Monitoring
Systemintegration, Validierung und Test

Energy Harvesting
Geschäftsmodelle und Wirtschaftlichkeit smarterer Systeme

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 69 Institute und Forschungseinrichtungen. 24.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen 1,9 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 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.

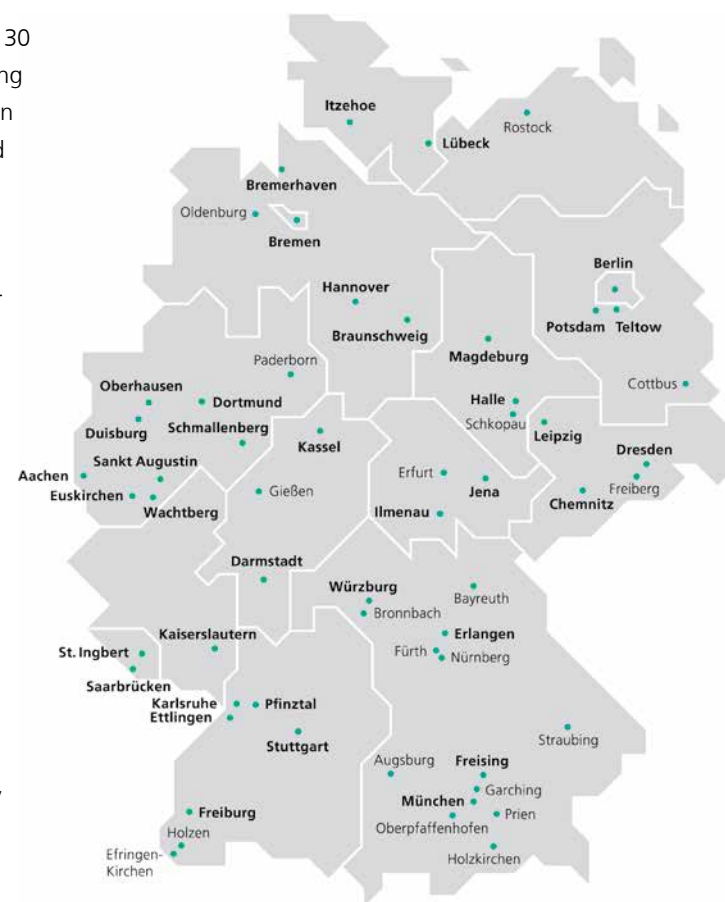
Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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 Group MATERIALS.

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS ist mit über 2.500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie einem Gesamthaushalt von jährlich ca. 500 Mio. € im Leistungsbereich Vertragsforschung der größte Verbund innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik umfassen bei Fraunhofer die gesamte Wertschöpfungskette, von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien und Werkstoffe über passende Fertigungsverfahren im quasi-industriellen Maßstab, Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Werkstoffen hergestellten Bauteile und Produkte und deren Verhalten in den jeweiligen Anwendungssystemen.

In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors, Technika und Pilotanlagen gleichrangig Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt, dies über alle Skalen, vom Molekül über das Bauteil bis hin zum komplexen System 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. Eine große Bedeutung haben in den letzten Jahren hybride Materialien und Verbundwerkstoffe gewonnen. Mit strategischen Vorschauen unterstützt der Verbund die Entwicklung von Materialien und Technologien für die Zukunft. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den Verbund-Instituten sind national und in-

ternational gut vernetzt und tragen in einer großen Spannweite zu werkstoffrelevanten Innovationen und in den Bereichen Energie und Umwelt, Mobilität, Gesundheit, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen und Wohnen, Mikrosystemtechnik und Sicherheit bei. Mit der Initiative Materials Data Space® (MDS) legt der Verbund eine Roadmap zu industrie-4.0-tauglichen Werkstoffen vor. Die Digitalisierung von Werkstoffen entlang ihrer gesamten Wertschöpfungskette ist eine wesentliche Voraussetzung für den nachhaltigen Erfolg von Industrie 4.0. Mit dem Materials Data Space® verbindet sich das Konzept einer neuen Plattform, die unternehmensübergreifend digitale Informationen zu Materialien und Werkstoffeigenschaften entlang der gesamten Wertschöpfungskette bereitstellt.

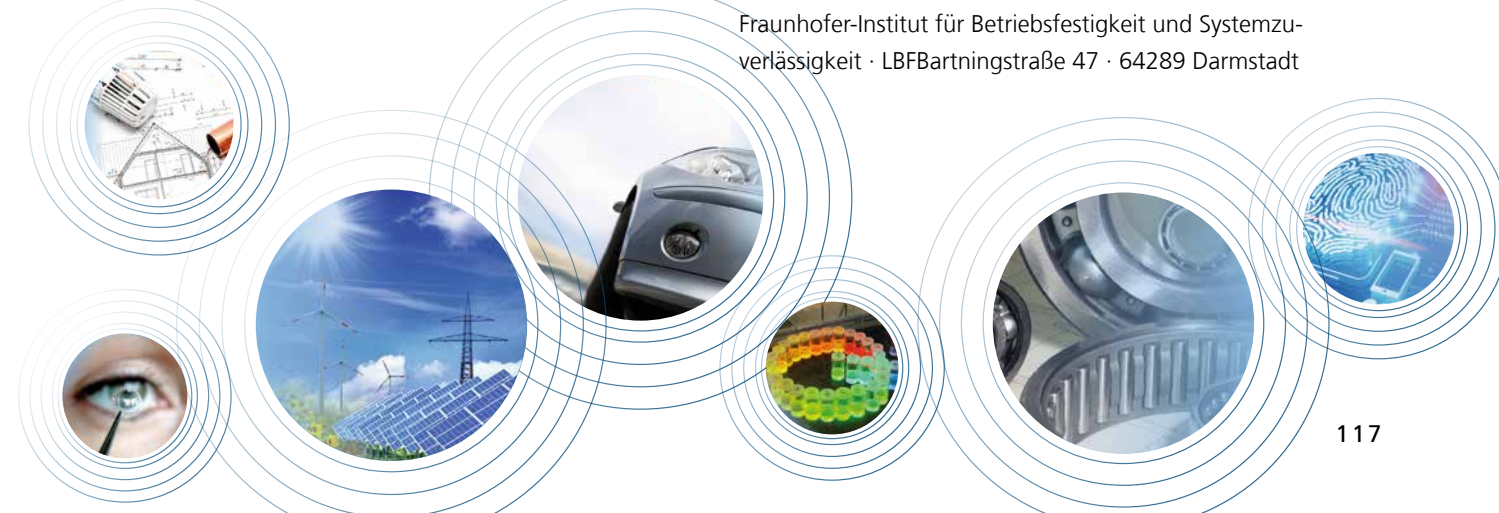
Ständige Gäste sind die Institute für

- 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. Ralf B. Wehrspohn
 Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen, IMWS · Walter-Hülse-Straße 1 · 06120 Halle

Geschäftsführung: Dr. phil. nat. Ursula Eul
 Phone: +49 6151 705 -262 · ursula.eul@lbf.fraunhofer.de
 Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit · LBF Bartningstraße 47 · 64289 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.materials.fraunhofer.de
 Geschäftsführung: Dr. phil. nat. Ursula Eul
 ursula.eul@lbf.fraunhofer.de
 Verbundsprecher: Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner (Fraunhofer ICT)

Fraunhofer-Allianz Numerische Simulation von Produkten und Prozessen
www.simulation.fraunhofer.de
 Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
 Dr.-Ing. Riccardo Möller · riccardo.moeller@lbf.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Leichtbau
www.leichtbau.fraunhofer.de
 Sprecher: Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter
 andreas.bueter@lbf.fraunhofer.de

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

Fraunhofer-Allianz Adaptronik
www.adaptronik.fraunhofer.de
 Geschäftsführung: Dipl.-Ing. Heiko Atzrodt
 Sprecher: Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz
 tobias.melz@lbf.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Batterien
www.batterien.fraunhofer.de
 Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
 Dipl.-Ing. Christian Debes
 christian.debes@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 autoMOBILproduktion
www.automobil.fraunhofer.de
 Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
 Dipl.-Ing. Ivo Krause
 ivo.krause@lbf.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Big Data
www.bigdata.fraunhofer.de
 Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
 Dipl.-Ing. Andreas Friedmann
 andreas.friedmann@lbf.fraunhofer.de

Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Darmstadt
www.mit40.de
 Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
 Jannes Kloepfer, M.Sc.
 jannes.kloepfer@lbf.fraunhofer.de

PERSPEKTIVEN UND NETZWERKE | PROSPECTS AND NETWORKS

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.

KOMPETENZNETZ Adaptronik
www.kompetenznetz-adaptronik.de
 Vorstandsvorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz
 Geschäftsführung: Dr. phil. nat. Ursula Eul
 eul@kompetenznetz-adaptronik.de

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

DVM
 Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V.
www.dvm-berlin.de
 Mitglied im Vorstand:
 Dipl.-Ing. Rüdiger Heim
 ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de

Forum ElektroMobilität e.V.
www.forum-elektromobilitaet.de
 Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
 Dipl.-Ing. Rüdiger Heim
 ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de

earpa
 European Automotive Research Partners Association
www.earpa.org
 Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
 Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein
 thilo.bein@lbf.fraunhofer.de

Fraunhofer Innovationsnetzwerk FutureCar
 Ansprechpartner im Fraunhofer LBF:
 Dipl.-Ing. Christian Debes
 christian.debes@lbf.fraunhofer.de

ISYS Adaptive Solutions GmbH
www.isys-as.de
 Ansprechpartner:
 Dipl.-Kfm. André Neu
 info@isys-as.de

Stress & Strength GmbH
www.s-and-s.de
 Ansprechpartner:
 Dipl.-Kfm. André Neu
 info@s-and-s.de

Laboreinrichtung und Prüfleistungen für Ihre individuellen Anforderungen.

Laboratory equipment and testing services – 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 Einsatzerprobung – das Fraunhofer LBF erstellt im engen Dialog mit Ihnen das passende Leistungspaket.

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 2.500 kN und Torsionsmomente bis 64 kNm (> 200 hydraulische Prüfzylinder, 450 Kraftsensoren, Dehnungsaufnehmer)
- Diverse elektrodynamische Schwingererregter (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
- Entwicklung neuartiger Antriebe für mechanische Sonderprüfaufbauten
- Versuchseinrichtung für aktive Systeme im Antriebsstrang (VaSA)
- Integration von Verbrennungsantrieben in komplexe Prüfaufbauten
- Prüfstandsdesign, Spannzeugkonstruktion und Probenherstellung nach Kundenanforderung

Stationäre Versuchsaufbauten:

- 8 Zweiachse Rad-/Naben-Versuchsstände für Pkw, Nutzfahrzeuge und Motorräder einschließlich Bremssimulation und Antriebssimulation
- Vollkinematischer Rad-Straßensimulator W/ALT (Wheel Accelerated Life Testing)

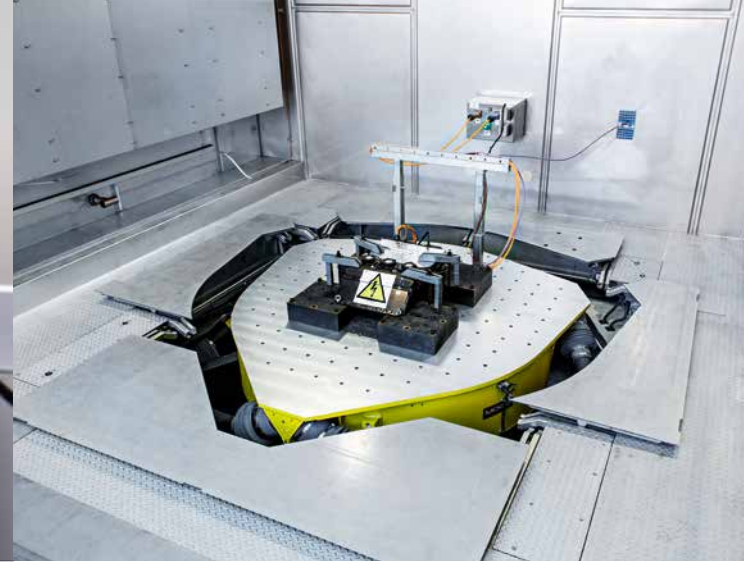
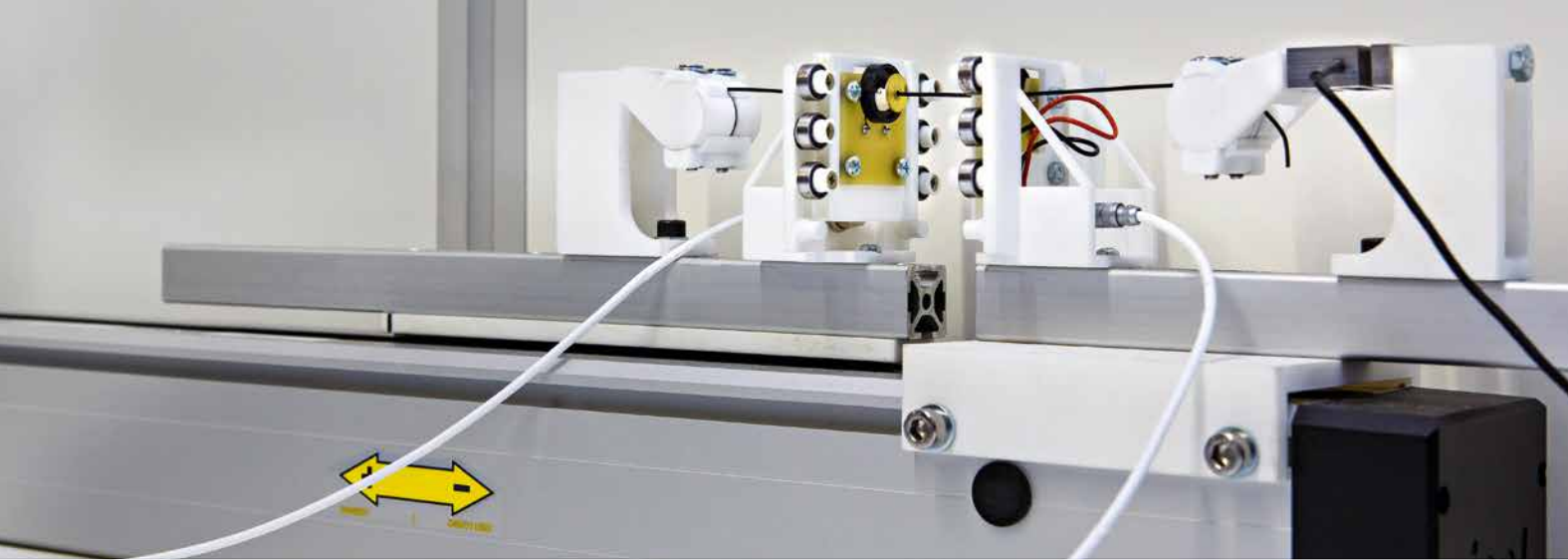
- 25-Kanal Ganzfahrzeugprüfstand für Pkw, Transporter, Elektro- und Hybridfahrzeuge
- 12-Kanal-Achsprüfstand für Betriebsfestigkeitsuntersuchungen komplexer Systeme von Pkw- und Nutzfahrzeugachsen
- Flexibel einsetzbarer 8-Kanal-Prüfstand (Nutzfahrzeuge, Militärfahrzeuge, Schienenfahrzeuge)
- Versuchsaufbau zur 2- oder 3-kanaligen Prüfung von Sattelkupplungen
- Getriebeprüfstand für Komponenten im Antriebsstrang (Antriebswellen, Gelenke, Kupplungen und Kompletgetriebe), Nenndrehmoment max. 2.000 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 2.500 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 11.000 J Energieeintrag
- Impactprüfstände von 2 bis 800 J, z. B. für Leichtbaustrukturen
- Statische Zug- und Druckprüfung mit bis zu 200 kN, z. B. Compression after Impact (CAI)
- 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



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

www.lbf.fraunhofer.de/de/labor-pruefeinrichtungen

Fraunhofer LBF
FORSCHUNG MIT SYSTEM



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
- Schienenmessrad für multiaxiale Beanspruchungsermittlung LBF®.R-Wheelos
- 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 Kistler-IGel RoaDyn® S6HT mit Vertikal- und Longitudinalkraft maximal 200kN, Seitenkraft maximal 100kN, und entsprechenden Brems-/Antriebs-, Hoch- und Längsmomenten 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 20.000 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
- 3D-Schallintensitäts-Messung
- 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 1.100°C
- Einrichtungen zur Simulation von Medieneinflüssen, wie z. B. Salz, Bremsflüssigkeit, Kraftstoffen 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)
- Kraft- und dehnungsgeregelte Schwingfestigkeitsuntersuchungen unter verschiedenen Medien wie: Druckwasserstoff bis 50bar, Stickstoffatmosphäre oder Umgebungsluft sowie Prüftemperaturen von -40°C bis 150°C. Prüffrequenzen bis 30Hz.

Sonderversuchsstände:

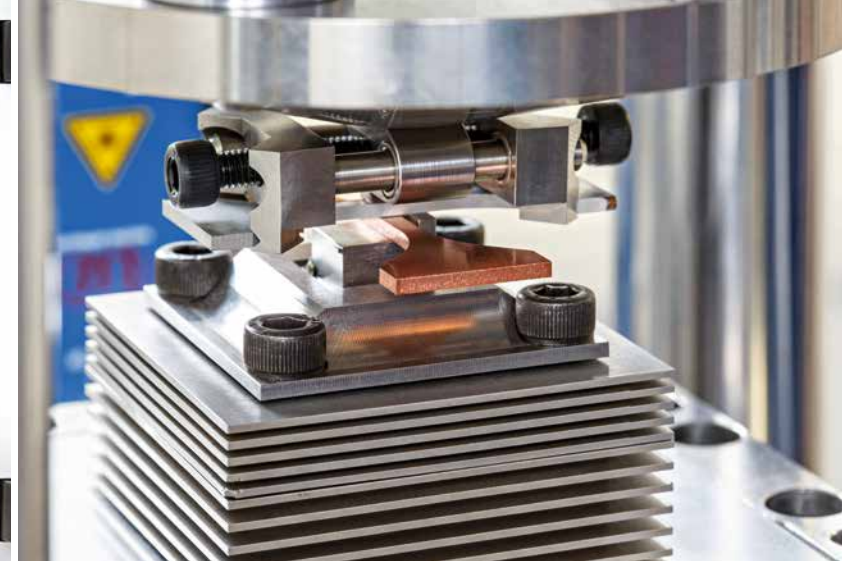
- Kombiniert elektrisch, mechanische Prüfung von Sensoren (z. B. DMS, FOBG) und strukturintegrierten Komponenten (z. B. Faserverbund-Sensor-Wechselwirkungen)
- Belastungseinrichtungen zur Qualifikation multifunktionaler Materialien
- Hochdynamische Prüfanlagen für Anwendungen bis zu 2000 Hz (z. B. zur Prüfung von Mikrosystemen, Charakterisierung von Elastomeren etc.)
- Elektrische, mechanische und thermomechanische Zuverlässigkeitsprüfung von Akkus und Elektronik-Bauteilen

Prototypen Fertigung:

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

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





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
- Korrosions- und Verschleißuntersuchungen
- 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

Matereigenschaften / Materialographie:

- 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 Kunststoffen
- Faservolumenbestimmung durch Veraschung
- Feuchtigkeitsbestimmung an Kunststoffproben
- Sorptionsmessungen an organischen Lösemitteln und Wasser
- Bestimmung von Diffusions- und Permeationskoeffizienten
- Ultraschallprüfung
- Flüssigchromatographie zur Trennung von Polymeren nach chemischer Zusammensetzung, Funktionalität, Topologie
- Infrarot-Kamera-Messsystem
- Ultraschallmikroskopie, FTIR- und Raman-Mikroskopie
- Licht-, Transmissionselektronen- und Rasterelektronenmikroskopie mit EDX-Analyse
- Härteprüfung nach Vickers, Brinell, Rockwell
- Oberflächenmessungen

REALITÄTSNAH SIMULIEREN

Mit unserem Know-how und der vielseitigen Ausrüstung können wir auf Ihre individuellen Anforderungen flexibel und schnell reagieren. Wir bieten die numerische Analyse von Systemen, ihre Optimierung und auch die Neuentwicklung von passiven und aktiven Teil- oder Gesamtsystemen.

Profitieren Sie auch von unserer engen Zusammenarbeit mit richtungsweisenden Gremien. Das Fraunhofer LBF realisiert anwendungsorientierte, effiziente Lösungen von höchster Qualität, die Sie bei Ihrer Produktentwicklung unterstützen.

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

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 adaptronischer 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 Spritzgießsimulation und Struktursimulation
- Aufstellen von anisotropen Steifigkeitsmatrizen über Homogenisierungsmethoden

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

Impressum.

Editorial notes.



Herausgeber | Publisher

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

Phone: +49 6151 705-0
Fax: +49 6151 705-214
info@lbf.fraunhofer.de
www.lbf.fraunhofer.de

Institutsleitung | Director of Institute

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

Redaktion | Editor

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

Koordination | Coordination

Anke Zeidler-Finsel,
Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Die Anfahrtsbeschreibung finden

Sie im Internet unter:

www.lbf.fraunhofer.de/kontakt

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, fotolia (Gunnar Assmy, Clarini, PictureArt),
Hessen schafft Wissen, istock (koi88), Felix Krumbholz,
LBF-Archiv, Jürgen Mai, MEV Verlag GmbH, 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, Mai 2017

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

Forschung mit Leidenschaft, Entwicklung mit System!

Passionate research, systematic development!

» Mit dem Fraunhofer LBF erleben wir ein Institut, das die erstaunliche Fähigkeit besitzt, sich immer wieder neu zu definieren und Veränderungsprozesse am Markt selbst aktiv und dynamisch mitzuprägen.«

» Mit dem Fraunhofer LBF haben wir einen erfahrenen Partner an unserer Seite.«

» Smarte Strukturen, smarte Methoden, smarte Menschen!«

» Wir schätzen das Know-how und die vielfältigen Möglichkeiten des Fraunhofer LBF, mit modernster Messtechnik und auf Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse individuell und passgenau Methoden der Zustandsüberwachung zu entwickeln und zu validieren.«

» Wer fortschrittliche und unbedingt zuverlässige Strukturlösungen für seine Produkte sucht, sollte das Fraunhofer LBF kontaktieren.«

