ISSN 1864-0958

DIGITAL IM DIALOG!
www.lbf-jahresbericht.de/lbf1

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BETRIEBSFESTIGKEIT UND SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT LBF

JAHRESBERICHT ANNUAL REPORT 2017

Fraunhofer
LBF

BETRIEBSFESTIGKEIT, SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT, ADAPTRONIK, KUNSTSTOFFE
STRUCTURAL DURABILITY, SYSTEM RELIABILITY, SMART STRUCTURES, PLASTICS

POLYMERTECHNIK
POLYMER TECHNOLOGY

# JAHRESBERICHT
# ANNUAL REPORT
# 2017

LEICHTBAU
LIGHTWEIGHT DESIGN

SCHWINGUNGSTECHNIK
VIBRATION TECHNOLOGY

ZUVERLÄSSIGKEIT
RELIABILITY

»Digital im Dialog: Die physische Welt und die digitale Welt verschmelzen immer mehr – das sehen Sie erstmalig auch an unserem Jahresbericht 2017.«

**SCHWINGUNGSTECHNIK**
VIBRATION TECHNOLOGY

**ZUVERLÄSSIGKEIT**
RELIABILITY

**DAS BESTE AUS ZWEI WELTEN!**

Dieses gedruckte Exemplar wird online durch ausführliche Informationen, Projektbeispiele und Leistungsbeschreibungen ergänzt.

**POLYMERTECHNIK**
POLYMER TECHNOLOGY

**LEICHTBAU**
LIGHTWEIGHT DESIGN

**www.lbf-jahresbericht.de/lbf1**

INHALT

Index

# 2017 im Überblick.

2017 at a glance.


**EINBLICKE | INSIGHTS**

6 Vorwort der Institutsleitung.
10 Das Fraunhofer LBF in Zahlen.
12 Forschung mit Experten!
14 Mit Sicherheit auch digital!
16 Mitten im Markt.
20 Unsere Forschungsbereiche.
26 Das LBF Management Team.
28 Kuratorium.
30 Partner 2016.

8 Directos preface.
10 Fraunhofer LBF in numbers.
12 Research with Experts!
15 Digitally into the future!
18 At the center of the market.
21 Our Research Divisions.
26 LBF Management Team.
28 Board of Trustees.
30 Partner 2016.

**FORSCHUNG MIT SYSTEM! | SYSTEMATIC RESEARCH!**

34 Leichtbau
36 Schwingungstechnik
38 Zuverlässigkeit
40 Polymertechnik

34 Lightweight Design
36 Vibration Technology
38 Reliability
40 Polymer Technology

**PERSPEKTIVEN UND NETZWERKE | PROSPECTS AND NETWORKS**

42 Perspektiven.
46 Allianzen und Netzwerke.
47 Fraunhofer-Verbund MATERIALS.

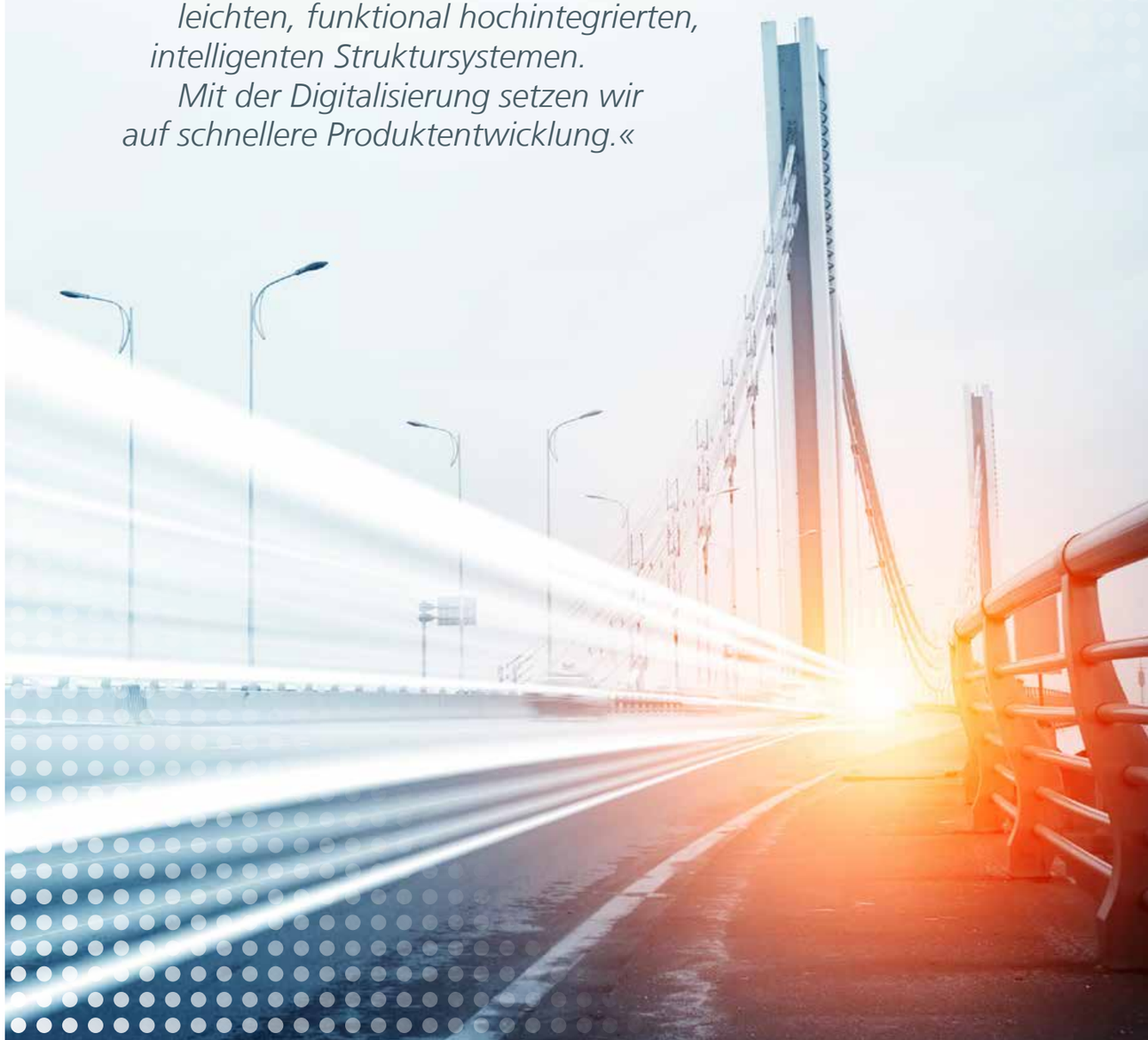
42 Prospects.
46 Alliances and networks.
47 The Fraunhofer Group MATERIALS.

**LABOREINRICHTUNG UND PRÜFLEISTUNGEN | LABORATORY EQUIPMENT AND TESTING SERVICES**

48 Für individuelle, komplexe Anforderungen.

48 For individual complex requirements.


*»Produkte von morgen basieren auf leichten, funktional hochintegrierten, intelligenten Struktursystemen. Mit der Digitalisierung setzen wir auf schnellere Produktentwicklung.«*



# Sicher – digital – vorausschauend.

Safe – digital – foresighted.

**2017 – gedruckt und digital**
Mit diesem Jahresbericht nutzen wir die haptischen und die digitalen Kanäle neu und eng verzahnt. Sie finden viele Inhalte attraktiv aufbereitet auf der online Präsenz www.lbf-jahresbericht.de/lbf1

**2017 – printed as well as digital**
With this annual report, we are using the haptic and digital channels in a new and closely interlinked way. You will find a lot of attractively prepared content within our online presence www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf1

**Sehr geehrte Kunden und Partner des Fraunhofer LBF,**

**»sicher – digital – vorausschauend«**, mit diesem Motto ist das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in sein Jubiläumsjahr 2018 gestartet.

Mit der Gründung des Laboratoriums für Betriebsfestigkeit (LBF) im Jahr 1938 wurde in Darmstadt eine zukunftsweisende Forschungsrichtung eingeschlagen, die bis heute nichts an Aktualität eingebüßt hat. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler konzentrierten sich von Beginn an auf die Frage, wie lasttragende Strukturen immer leichter und dennoch kosteneffizient und **sicher** umgesetzt werden können. Aus dieser Tradition heraus realisierte das Fraunhofer LBF stets fortschrittliche Leichtbaulösungen als Basis für erfolgreiche maschinenbauliche Produkte.

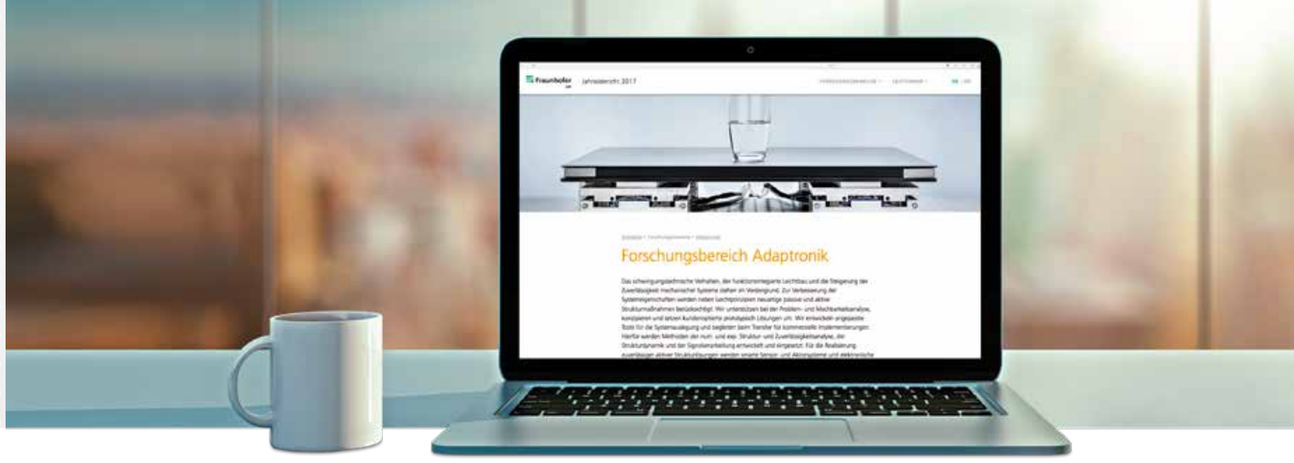
Dies gilt auch heute, erfordert aber mehr denn je eine ganzheitliche Betrachtung, die die verschiedenen Produktlebensphasen von Auslegung, Umsetzung und Betrieb bis hin zum Recycling umfasst. Auch fußen moderne Leichtbaulösungen immer stärker auf Multimaterialsystemen. Ein wichtiger Forschungsfokus ist für uns daher auch der **hybride Systemleichtbau**. Beiträge aus dem aktuellen Jahresbericht dazu sind etwa die Entwicklung einer effizienten Bemessungsmethode zur betriebssicheren Auslegung hochbelasteter Hybridverbindungen für Kunststoff-Metallbauteile oder die Konzeptentwicklung für ein Flugzeugbugrad aus carbonfaserverstärktem Kunststoffverbund (CFK), mit dem wir ein Leichtbaupotenzial von bis zu 40 Prozent erschließen wollen. Dies erfordert die genaue Kenntnis der für die finalen Struktureigenschaften relevanten Einflussparameter und verlangt die Berücksichtigung von Aspekten der Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit ebenso wie die Beachtung weiterer kundenspezifischer Anforderungen an die Funktionalität von Produkten.

Dementsprechend befassen wir uns auch mit neuen Fertigungsverfahren und deren Einfluss auf finale Produkteigenschaften, wie bei der **Additiven Fertigung** und mit der betriebsfesten Bauteilauslegung. Exemplarisch sei dafür ein vom BMWi gefördertes Forschungsprojekt zum vernetzten Produkt- und Produktions-Engineering am Beispiel variantenreicher, ultraleichter, metallischer Fahrzeugkarosserien genannt, zu dem Sie Detailinformationen ebenfalls in diesem Jahresbericht finden.

**Selbstverständlich digital**
Mit intelligenten Strukturlösungen, tragen wir dazu bei, die Grenzen des technisch Machbaren weiter zu verschieben. Mit der Ausrüstung von Bauteilen und Systemen mit zusätzlichen sensorischen und teils sogar aktorischen Funktionalitäten sowie deren signalverarbeitungstechnischer Vernetzung leisten wir auch einen Beitrag zur digitalen Transformation. Wir kombinieren Leistungen der Off- und Online-Datenerfassung im betrieblichen Feldeinsatz, der Datenanalyse und Dateninterpretation mit der Entwicklung cyberphysischer Test-, Analyse- und Auslegungsmethoden. Wir realisieren Bauteile, die sich selbst überwachen und ihre sichere Resteinsatzdauer **vorausschauend** bewerten. Und wir leiten auf Basis dieses datenbasierten Wissens Gestaltungs- und Verbesserungsoptionen für Produkte und Prozesse ab und tragen im Kontext von **»Industrie 4.0«** zur Reduktion von Entwicklungszeiten und zur Steigerung von Produktqualität und Effizienz bei.

Wie unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler etwa die Weiterentwicklung von Prüfverfahren mit digitalen Methoden vorantreiben, um die Effizienz und zugleich die Aussagekraft der Prüfungen kontinuierlich weiter zu erhöhen, lesen Sie unter **www.lbf-jahresbericht.de/lbf3**. Dieses und viele

*»Mit dem Einsatz digitaler Methoden begleiten wir ganzheitlich innovative Produktentwicklungen.«*




weitere Ergebnisse aus der Projektarbeit 2017 sind in unserem neuen, erstmals digitalen Jahresrückblick ausführlich dargestellt: **www.lbf-jahresbericht.de/lbf2**.

**Herausforderungen gemeinsam meistern**
Die Projekt- und Perspektivbeispiele zeigen, dass wir neben der erfolgreichen Bearbeitung öffentlich geförderter Forschungsprojekte auch im zurückliegenden Jahr erneut unsere traditionell sehr enge Zusammenarbeit mit privatwirtschaftlichen Unternehmen fortgesetzt haben. Unser Industrieertrag von gut 57 Prozent belegt erneut, wie ernst wir unseren anwendungsorientierten Forschungsauftrag nehmen.

Das Institut ist hervorragend aufgestellt, um weiterhin markt- und gesellschaftlich relevante Querschnittsthemen wie beispielsweise Ressourceneffizienz und Emissionsreduktion, Elektromobilität, autonomes Fahren oder die Realisierung cyberphysischer Systeme voranzubringen. Dies alles lässt sich nur auf der Basis einer kontinuierlichen, sehr intensiven Kooperation mit Kunden und Partnern aus Industrie und Wissenschaft realisieren, heute genauso wie vor 80 Jahren.

Gemeinsam mit Ihnen wollen wir auch künftig Produktinnovationen und erfolgreiche Lösungen für den Markt gestalten. Als neutraler Partner und FuE-Berater stehen wir Ihnen entlang einer breiten Entwicklungs- und Wertschöpfungskette zur Seite. Sprechen Sie uns an!

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

**Dear Customers and Partners of Fraunhofer LBF,**

**»safe – digital – foresighted«**, this is the motto with which the Fraunhofer Institute for Structural Durability and System Reliability LBF started its 2018 anniversary year.

When the Laboratory for Structural Durability (LBF) was established in Darmstadt in 1938, it embarked on a future-oriented research path that has lost none of its relevance to date. Right from the start, the scientists focused on the question of how load-bearing structures could be designed to be increasingly lighter yet still cost-effective and **safe**. Based on this tradition, Fraunhofer LBF has always implemented advanced lightweight design solutions as the basis for successful mechanical engineering products.

This is still true today, but more than ever before it requires a holistic approach that encompasses the different product life phases from design, implementation and operation to recycling. Cutting edge lightweight design solutions are also increasingly based on multimaterial systems. As a result, **hybrid lightweight systems** also are an important research focus for us. Articles about this in the current annual report include the development of an efficient design method enabling the reliable design of highly loaded hybrid joints for plastic-metal components or the development of a concept for an aircraft nose wheel made of carbon-fiber-reinforced plastic composite (CFRP), with which we want to unlock a lightweight design potential of up to 40 percent. This requires precise knowledge of the influencing parameters relevant for the final structural properties and requires that cost-effectiveness and reliability aspects are taken into account in addition to observing other customer-specific requirements for the functionality of products.

Accordingly, we also deal with new manufacturing processes and their influence on final product properties such as in **additive manufacturing** and with operationally reliable component design. One example of this is a research project sponsored by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy on networked product and production engineering using the example of a wide variety of ultra-light metallic vehicle bodies, detailed information for which is also available in this annual report.

**Digital of course**
With intelligent structural solutions, we help to push the boundaries of what is technically feasible. We are also making a contribution to digitalization by equipping components and systems with additional sensor and sometimes even actuator functions as well as networking them by means of signal processing technology. We combine services in offline and online data acquisition in field operations, in data analysis and data interpretation with the development of cyberphysical testing, analysis and design methods. We produce components which monitor themselves and evaluate their safe remaining service life **foresighted**. And using this data-based knowledge, we derive design and enhancement options for products and processes, contributing within the context of **»Industry 4.0«** to reducing development times and increasing product quality and efficiency.

or more information on how our scientists are using digital methods to drive the further development of test procedures in order to continually increase the efficiency and simultaneously the significance of the tests, see **www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf3**. These and many other results from the project work carried out in 2017 are presented in detail in our new annual review which for the first time is available digitally here: **www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf2**.

**Overcoming challenges together**
The examples of projects and perspectives show that, in addition to successfully carrying out publicly funded research projects, we also continued our traditionally very close working relationship with private companies last year. Our industrial yield of just over 57 percent proves once again how seriously we take our application-oriented research mission.

The Institute is excellently positioned to continue to promote cross-cutting market and societal topics, such as resource efficiency and emission reduction, e-mobility, autonomous driving or the implementation of cyberphysical systems. All this can only be achieved on the basis of continuous, intensive cooperation with customers and partners from industry and science, which is as applicable now as it was 80 years ago.

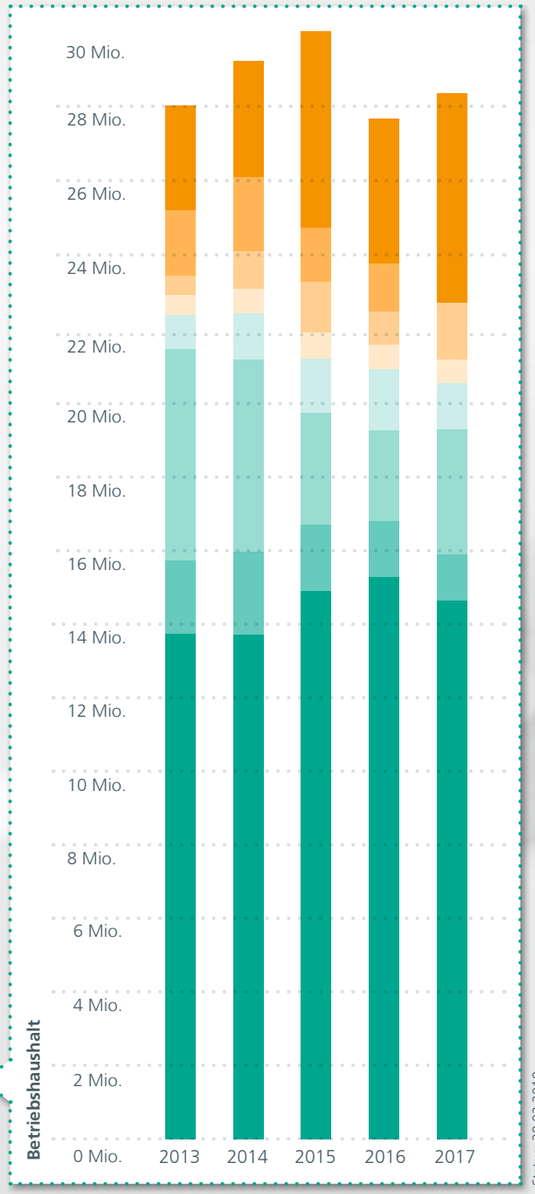
Together with you, we want to continue designing product innovations and successful solutions for the market. As a neutral partner and R&D consultant, we will support you along a broad chain of development and added value. Simply give us a call.

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

# Das Fraunhofer LBF in Zahlen.

Fraunhofer LBF in numbers.

| Betriebshaushalt \| Operational budget [T €] | 2017 |
|---|---|
| Aufwand Betriebshaushalt | 28.188 |
| **Erträge Betrieb \| Income of operation** | |
| Bearbeitung von Aufträgen aus der Industrie | 14.576 |
| Bearbeitung von Forschungsaufgaben für Wirtschaftsverbände | 1.259 |
| Bearbeitung von Forschungsaufgaben für die EU | 1.157 |
| Bearbeitung von Forschungsaufgaben für Bund/Länder | 3.378 |
| Institutionelle Förderung des BMBF und der Länder zum Betriebshaushalt | 5.680 |
| Interne Programme | 1.513 |
| sowie sonstige Erträge | 625 |
| **Summe \| total** | **28.188** |
| **Investitionen \| Investments** | |
| aus der institutionellen Förderung des BMBF und der Länder | 1.729 |
| aus Vertragsforschungsvorhaben | 334 |
| **Summe \| total** | **2.063** |




Status: 28.02.2018

**Personal**
2017 waren am Institut insgesamt 396 Mitarbeiter beschäftigt (inkl. Hiwis, Azubis, Praktikanten, Diplomanden und Leiharbeitnehmer). Zusätzlich waren 53 Mitarbeiter am assoziierten Lehrstuhl SAM der TU Darmstadt tätig.

**Personnel**
In 2017 the institute had 396 employees (including research assistants, apprentices, trainees, graduate students and borrowed workers). In addition 53 persons were employed by the Technical University Darmstadt (all numbers refer to persons).

**72 x** Wissenschaftliche Veröffentlichungen
Scientific publications

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

**20 x** Vorlesungen
Lectures

**55 x** Akademische Abschlüsse (Promotionen, Master, Diplomarbeiten)
Academic examinations

**251 x** Presseerwähnungen
Media coverages

**Detaillierte Informationen finden Sie online:**
www.lbf.fraunhofer.de/zahlen

**Detailed information online:**
www.lbf.fraunhofer.de/numbers

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf.fraunhofer.de/profil

**Detailed information online:**
www.lbf.fraunhofer.de/profile

# Forschung mit Experten!

Research with Experts!

Das Fraunhofer LBF erbringt auf Basis starker Kernkompetenzen, nämlich der numerischen und experimentellen **Betriebsfestigkeit, der Systemzuverlässigkeit, der Adaptronik und der Kunststofftechnik**, Leistungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, vom Werkstoff und dessen Verarbeitung über die Realisierung des fertigen Bauteils bis hin zur Qualifizierung des Systems im Hinblick auf Sicherheit und Zuverlässigkeit. Dies geschieht in den Leistungsfeldern **Schwingungstechnik, Leichtbau, Zuverlässigkeit und Polymertechnik**. Auf dem Gebiet der Polymertechnik unterstützt das Institut seine Kunden in einer besonders frühen Stufe der Wertschöpfung mit Materialsynthese und umfassender Materialcharakterisierung.

*»Wir sind verlässliche Begleiter im Innovationsprozess unserer Kunden.«*

Etwa 400 Mitarbeiter am Fraunhofer LBF setzen gemeinsam mit rund 50 Kollegen am assoziierten Fachgebiet Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM der TU Darmstadt ihr Know-how in der interdisziplinären Projektarbeit, für die Entwicklung fortschrittlicher FuE-Dienstleistungen ein. Zukunftsorientierte Forschungsthemen werden aktiv gestaltet und im Verbund mit Kunden und Partnern gezielt zu Produkt- und Prozessinnovationen weiterentwickelt.

Dank einer Kooperationserfahrung von acht Jahrzehnten mit OEM und mit Zulieferunternehmen, mit Unternehmen der Großindustrie und mit KMU, mit Partnern aus der Wirtschaft und aus der Wissenschaft, verfügen die Wissenschaftler des Instituts heute über ein **ausgeprägtes System- und Wertschöpfungsverständnis**.

Based on strong core competencies, namely numerical and experimental **structural durability, system reliability, smart structures and plastics technology**, Fraunhofer LBF provides services along the entire value chain, extending from the material and its processing to implementation of the finished component and qualification in respect of safety and reliability. This takes place in the fields of **vibration technology, lightweight design, reliability and polymer technology**. In the field of polymer technology, the institute supports its customers at a very early stage of value creation with synthesis and in-depth material characterization.

Around 400 employees at Fraunhofer LBF, together with some 50 colleagues in the associated specialist field of System Reliability, Smart Structures and Machine Acoustics SAM at the Technical University of Darmstadt, put their expertise into interdisciplinary project work for the development of advanced R&D services. Future-oriented research topics evolve in active collaboration with customers and partners. Over time they are developed into specific product and process innovations.

Thanks to eight decades of experience in cooperating with OEMs and subcontractors, with large industrial companies and SMEs, with partners from industry, commerce and from science, the institute's scientists now have a **strong understanding of systems and value creation**.

# Mit Sicherheit auch digital!

Digitally into the future!

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf4

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf4

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

Liebe Leserinnen und Leser,

Sie halten den Fraunhofer LBF-Jahresbericht im neuen, kompakten Format in Händen. – Nein, das Institut hat aus dem Jahr 2017 nicht weniger zu berichten als aus den Vorjahren! Im Gegenteil. Wer unser Institut und seine Jahresberichte in der Vergangenheit verfolgt hat, konnte eine stetig wachsende Anzahl erfolgreicher Projektbeiträge aus allen LBF-Leistungsfeldern, **Leichtbau, Schwingungstechnik, Zuverlässigkeit und Polymertechnik**, beobachten.

Dass sich dieser Trend ungebrochen fortsetzt, verdanken wir Ihnen, unseren Kunden und Projektpartnern, die Sie uns Ihr Vertrauen schenken und das Institut seit acht Jahrzenten mit der Lösung immer wieder neuer, herausfordernder FuE-Fragestellungen beauftragen. So sind wir bis heute gemeinsam mit Ihnen stets »Mit Sicherheit innovativ!« geblieben und werden in diesem Sinne auch gemeinsam mit Ihnen die **Chancen der Digitalisierung** für eine schnellere Produktentwicklung, einen schnelleren, noch tiefer gehenden Erkenntnisgewinn nutzen.

## *»Wir gestalten die Zukunft in unseren Zielmärkten aktiv mit.«*

Ganz konkrete, zugleich ganz unterschiedliche Beispiele aus dem aktuellen Jahresbericht sind etwa der *Digitale Zwilling eines Prüfstands, digitalisierte Kennwerte thermoplastischer Kunststoffe oder eine virtuelle Entwicklungsumgebung zur Entwurfsoptimierung von Kabelbäumen*:

- Durch das intelligente Zusammenspiel von Prüfling und Prüfsystem im **Digitalen Prüfstandszwilling** lassen sich die Machbarkeitsgrenzen der Prüfung und die erzielbaren Genauigkeiten bereits vor dem eigentlichen Versuch virtuell und damit effizient und kostensparend erfassen.
- Digitalisierte Versuchsdaten aus **über 6.000 geprüften thermoplastischen Kunststoffproben** hat das Fraunhofer LBF in einer spezifischen **Datenbank** erfasst. Mit Hilfe dieser Informationen können für ausgewählte Materialtypen Wirkzusammenhänge unterschiedlichster Einflussfaktoren auf die Schwingfestigkeit abgeleitet und damit die Anzahl erforderlicher Versuche stark reduziert werden.
- Mit jeder neuen Fahrzeuggeneration werden mehr Funktionen elektrifiziert und im Kabelbaum auf immer engerem Bauraum integriert. Im Rahmen eines BMBF-geförderten Projekts geht es um die durchgängige, integrative Nutzung u. a. von Computer Aided Design, Produktdatenmanagement, Simulation und **multidisziplinärer Entwurfsoptimierung** in der Entwicklung von Kabelbäumen.

Detailinformationen zu diesen und zahlreichen weiteren Projekten bieten wir Ihnen im aktuellen Jahresbericht digital unter **www.lbf-jahresbericht.de/lbf2**

Sie möchten mehr über unsere Leistungen erfahren? Nur einen Mausklick sind Sie von unseren Experten entfernt. Auf Wunsch informieren und beraten wir Sie entsprechend Ihren individuellen Bedarfen – mit Sicherheit auch digital!

Zur Vertiefung Ihrer Problemstellung laden wir Sie zum persönlichen Gespräch ein. Wir freuen uns auf Sie!

Darmstadt, im März 2018

Dr. Ursula Eul
Abteilungsleiterin Strategisches Management

Dear Readers,

You're currently holding the Fraunhofer LBF annual report in its new compact format. – No, this doesn't mean that the Institute has less to report on in 2017 than in previous years! Quite the reverse in fact. Anyone who has followed our Institute and its annual reports in the past will have observed a steadily growing number of successful project contributions from all LBF research divisions, **Lightweight Design, Vibration Technology, Reliability and Polymer Technology**.

## *»We actively shape the future in our target markets.«*

We have to thank you, our customers and project partners for the fact that this trend is continuing uninterrupted. You have entrusted us and the Institute with solving a constant stream of new and challenging R&D issues for eight decades. So, together with you, we have always remained »Definitely innovative!« And with this in mind, we will also use the **opportunities of digitization** for faster product development and to gain faster, even more in-depth knowledge along with you.

Specific but at the same time completely different examples from the current annual report are the digital twin of a test rig, digitized characteristics of *thermoplastic materials* and a *virtual development environment for the design optimization of wiring harnesses*:

- Thanks to the smart interaction between the test object and the test system in the **Digital Test Rig Twin**, it is possible to capture the feasibility limits of the test and the achievable accuracies virtually, before the actual test, and therefore to record them efficiently while saving costs.
- Fraunhofer LBF has recorded digitized test data from **over 6,000 tested thermoplastic material specimens** in a specific **database**. Using this information, it is possible to derive the cause-and-effect relationships of a wide variety of influencing factors on the fatigue strength for selected material types, thereby greatly reducing the number of tests required.
- With each new generation of vehicles, more functions are electrified and integrated in the wiring harness in an ever-decreasing space. The integrated use of computer aided design, product data management, simulation and **multidisciplinary design optimization** in the development of wiring harnesses is investigated within the framework of a project funded by the German Federal Ministry of Education and Research.

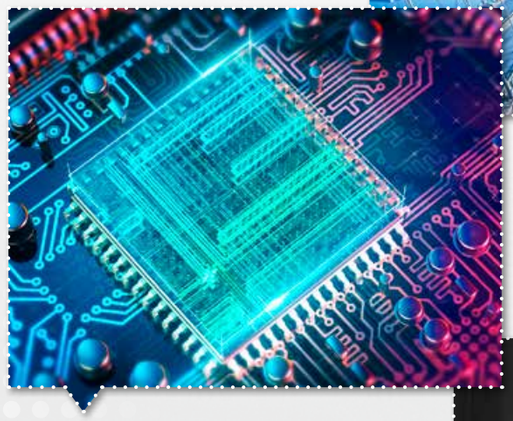
Detailed information about these and many other projects is available digitally in the current annual report at **www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf2**

Would you like to know more about our services? You're only a mouse click away from our experts. On request, we would be pleased to provide you with information and advice in line with your individual needs – including digital options!

We would like to invite you meet us in person to discuss the specifics of your problem. We look forward to seeing you.

Darmstadt, March 2018

Dr. Ursula Eul
Head of Strategic Management



# Mitten im Markt.

At the center of the market.

Über ein spezifisches Kompetenz- und Leistungsportfolio erreicht das Fraunhofer LBF unterschiedliche Märkte. Kunden stammen vor allem aus den Segmenten **Fahrzeug- und Maschinenbau** sowie aus der **Chemischen Industrie**. Aber auch für weitere Branchen, wie die **Energietechnik**, die **Medizintechnik**, die **Mess- und Prüftechnik**, **Sicherheit & Verteidigung**, **Elektrik / Elektronik** oder **Konstruktion / Bau,** erbringt das Institut innovative FuE-Leistungen.

Im Fokus stehen stets sicherheitsrelevante maschinenbauliche Systeme, schwingungsanfällige Leichtbaustrukturen und komplexe elektromechanische Systeme. Wissenschaftler am Fraunhofer LBF analysieren die jeweiligen Problemstellungen, konzipieren und realisieren marktfähige Lösungen. In strukturierten Produktentstehungsprozessen arbeiten sie Hand in Hand mit ihren Kunden, z. B. nach dem V-Modell.

*»Marktfähige Lösungen entstehen durch vertrauensvolles Zusammenspiel von Forschung und Praxis.«*

Im Bereich des **Fahrzeugbaus** gilt das Engagement des Instituts gleichermaßen konventionell wie alternativ angetriebenen, straßen- und schienengebundenen Fahrzeugen sowie autonomen Fahrzeugen. Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz sowie Kostensenkung über den gesamten Produktlebenszyklus stellen aber auch die Luftfahrt und den Schiffbau vor neue FuE-Herausforderungen und fordern etwa intelligente Energierückgewinnungsstrategien oder funktionsintegrierte bzw. systemische Leichtbaukonzepte. Den Erfordernissen einer nachhaltigen Mobilität trägt das Fraunhofer LBF u. a. mit der speziellen Prüftechnik des Zentrums für Systemzuverlässigkeit/Elektromobilität ZSZ-e Rechnung.

Ähnlichen Herausforderungen steht auch der **Maschinenbau** gegenüber. Die Verbesserung von Präzision, Energieeffizienz, Leichtbaueigenschaften und Einsatzdynamik sowie die Reduktion von Ausfall- und Wartungszeiten bringen in zahlreichen Segmenten des Maschinen- und Anlagenbaus Wettbewerbsvorteile. Das Fraunhofer LBF bietet hier – auch im Kontext von Industrie 4.0 – Lösungen auf Komponenten- und Systemebene.

Unternehmen der **Chemischen Industrie**, insbesondere der Kunststoffindustrie, setzen in der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer LBF auf neue, maßgeschneiderte Kunststoffe oder Kunststoff-Verbunde, einhergehend mit den entsprechenden Verarbeitungstechnologien, um etwa eine gewünschte Produktperformance, eine notwendige Energie- und Ressourceneinsparung oder geforderte Leichtbauoptionen zu erzielen. Von Chemie und Physik über Materialwissenschaft und Werkstofftechnik bis hin zur Expertise in Analytik, Prüfung und Modellierung sind alle zur Realisierung solcher und ähnlicher Anforderungen relevanten Kompetenzen im Fraunhofer LBF vorhanden.

## UNSERER MÄRKTE

Our markets

*»With the use of digital methods, we accompany holistically innovative product developments.«*

Die Entwicklung leichter, schwingungsarmer Produkte, die Verbesserung des vibroakustischen Verhaltens, die Optimierung der Zuverlässigkeit auf Komponenten- und Systemebene oder die Überwachung von Strukturen und Systemen, z. B. durch neuartige, energieautarke Sensornetzwerke, sind FuE-Leistungen, die auch von Unternehmen der **Energietechnik**, der **Medizintechnik**, der **Mess- und Prüftechnik** oder auch aus dem Bereich **Konstruktion / Bau** nachgefragt werden.

Die operative Arbeit im Institut wird durch Kundenzufriedenheitsanalysen kontinuierlich der kritischen Prüfung unterzogen. Das Managementsystem des Fraunhofer LBF ist nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert, das Prüflabor nach den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert.

Aufgrund seiner von Kundenseite immer wieder bestätigten hohen Leistungsqualität erfreut sich das Institut einer außerordentlich hohen Kundentreue.

DAkkS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-11140-18-00

Fraunhofer LBF reaches different markets through its specific portfolio of skills and services. Customers come mainly from the **vehicle and machine construction** segments and from the **chemical industry**. However, the institute also provides innovative R&D services for other sectors, such as **energy technology, medical technology, measuring and testing technology, security and defense, electrical / electronic engineering** or **design engineering / construction**.

The focus is always on safety-relevant mechanical engineering systems, vibration-sensitive lightweight structures and complex electromechanical systems. Scientists at Fraunhofer LBF analyze the relevant problems then design and implement marketable solutions. They work hand in hand with their customers in structured product design processes, based on to the LEBER V-model, for example.

In the **vehicle construction** sector, the institute's commitment applies equally to conventional and alternatively driven road and rail vehicles as well as autonomous vehicles. However, increasing energy and resource efficiency plus reducing costs across the entire product life cycle also pose new R&D challenges for aviation and shipbuilding, calling for the development of alternative drives, intelligent energy recovery strategies and functionally-integrated or system-based lightweight design concepts. Fraunhofer LBF takes account of the requirements for sustainable mobility using, among other things, the special testing technology at the Center for System Reliability/Electric Mobility ZSZ-e.

**Mechanical engineering** is also facing similar challenges. Improving precision, energy efficiency, lightweight design properties and application dynamics as well as reducing downtimes and maintenance times gives many segments of machine and plant construction a competitive edge. Here, Fraunhofer LBF offers solutions at component and system level, even within the context of Industry 4.0.

*»An interactive combination of research and practice results in marketable solutions.«*

In collaboration with Fraunhofer LBF, companies in the **chemical industry**, particularly the plastics industry, rely on new, custom-designed plastics or plastic composites, along with the relevant processing technologies, to achieve desired product performance, necessary energy and resource savings or required lightweight design options. All the relevant skills for implementing such and similar requirements are available at Fraunhofer LBF, from chemistry and physics, material sciences and material technology to expertise in analytics, testing and modeling.

Developing lightweight, low-vibration products, improving the vibroacoustic behavior, optimizing reliability at component and system level or monitoring structures and systems, e. g. by means of innovative, energy self-sufficient sensor networks, are R&D services for which there is also high demand from companies in the **energy technology, medical technology, measuring and testing technology** sector as well as the **design engineering / construction** sector.

The Institute's operational work is under constant critical examination as a result of ongoing customer satisfaction analyses. Fraunhofer LBF's management system is certified in accordance with DIN ISO EN 9001:2015, the testing laboratory is accredited in accordance with the requirements of DIN ISO-IEC 17025:2005. The Institute enjoys an extremely high level of customer loyalty due to its high quality of service which is repeatedly confirmed by the customer.

# Betriebsfestigkeit.

Structural durability.

*»Wir behandeln die Betriebsfestigkeit mit den für die jeweilige Phase der Produktentstehung am besten geeigneten Methoden.«*

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

## 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.

Mit hoher Anwendungsorientierung forschen und arbeiten wir 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.

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

- Prüfung und Bewertung der Betriebsfestigkeit: metallische und keramische Werkstoffe/Bauteile unter zyklischer Schwingbelastung mit konstanten und variablen Lastamplituden.
- Entwicklung und Anwendung numerischer Methoden, 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, Kleinlastprüfungen mit hochgenauer, reproduzierbarer Kraft- und Wegvorgabe.
- Ermittlung der Schwingfestigkeit von Werkstoffen/Bauteilen unter der Einwirkung von aggressiven Medien wie Kraftstoffe, korrosive wässrige Lösungen oder Wasserstoff.

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

- Charakterisierung von Gummi-/Metallbauteilen, Ermittlung der Betriebsfestigkeit.
- Numerische Elastomermodelle, quantitative Belegung mit Daten aus dem Versuch.
- Beschreibung komplexer Kinematiken mittels Mehrkörpersimulation (MKS), Aufbau und Verifikation entsprechender Modelle bis zum Gesamtfahrzeug.
- Ableitung zeitgeraffter Versuchsprogramme für die Laborerprobung (Basis: gemessene Last-Zeitreihen).
- Multiaxiale Laborprüfungen für Baugruppen/Systeme (lasttragende Komponenten, u. a. radführende und rotierende Fahrwerkssysteme).
- Konzeption, Entwicklung und Durchführung angepasster Erprobungsumfänge inkl. Aufbau notwendiger Spezialprüfstände.
- Betriebslastennachfahrversuche, Absicherung der Betriebsfestigkeit von Baugruppen/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.

We follow a highly application-oriented approach to researching into and working 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.

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

- Testing and assessment of structural durability: metallic and ceramic materials/components under cyclic loading with constant and variable load amplitudes.
- Development and application of numerical methods, consideration of production properties and surface post-treatment.
- Efficient determination of component fatigue strengths in such as 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, low-load tests with highly accurate, reproducible force and path specification.
- Determination of the fatigue strength of materials/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.
- Numerical elastomer models, assignment of quantitative data from the experiment.
- Description of complex kinematics using multi-body simulation (MBS), construction and verification of such models up to the complete vehicle.
- Derivation of time-lapse test programs for laboratory testing (basis: measured load-time series).
- Multiaxial laboratory tests for assemblies/systems (load-bearing components, such as wheel-guiding and rotating chassis systems).
- Design, development and implementation of customized testing scopes incl. construction of any necessary special test rigs.
- Operational load simulation trials, ensuring the structural durability of assemblies/systems.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf5

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf5

# Adaptronik.

Smart Structures.

*»Wir entwickeln moderne, effiziente und zuverlässige Systeme mit optimierter Strukturdynamik und smarte Lösungen für deren Überwachung.«*

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

## BEREICH ADAPTRONIK

Das schwingungstechnische Verhalten, der funktionsintegrierte Leichtbau und die Steigerung der Zuverlässigkeit mechanischer Systeme stehen im Vordergrund. Zur Verbesserung der Systemeigenschaften werden neben Leichtprinzipien neuartige passive und aktive Strukturmaßnahmen berücksichtigt. Wir unterstützen bei der Problem- und Machbarkeitsanalyse, konzipieren und setzen prototypisch kundenoptierte Lösungen um. Wir entwickeln angepasste Tools für die Systemauslegung und begleiten beim Transfer für kommerzielle Implementierungen. Hierfür werden Methoden der numerischen und experimentellen Struktur- und Zuverlässigkeitsanalyse, der Strukturdynamik und der Signalverarbeitung entwickelt und eingesetzt. Für die Realisierung zuverlässiger aktiver Strukturlösungen werden smarte Sensor- und Aktorsysteme und elektronische Subsysteme entwickelt und regelungstechnische Lösungen auf Eingebetteten Systemen abgeleitet. Es steht eine ganzheitliche Entwurfskette zur Verfügung: messtechnische Analyse, numerische Verfahren für Konzeptevaluation, Auslegung und Simulation, Fertigung von prototypischen mechanischen, elektromechanischen und elektronischen Funktionsmustern, Methoden und Werkzeuge zur Absicherung von Funktion und Zuverlässigkeit im Labor und im Feldversuch.

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

- Experimentelle Charakterisierung neuer Leichtbaumaterialien.
- Bewertung/Optimierung der Betriebsfestigkeit von Leichtbaustrukturen, z. B. über integrative Simulation.
- Auslegung/prototypische Fertigung konventioneller, faserverstärkter und funktionsintegrierter Kunststoffbauteile.
- Angepasste Berechnungs- und Prüfverfahren für Kunststoffbauteile.
- Angepasste SHM-Systeme.
- Schadensfortschrittuntersuchungen mit Hilfe von 4d-CT (inSitu CT).

**Strukturdynamik und Schwingungstechnik (Dr.-Ing. Sven Herold):**

- Strukturdynamische Analyse, Auslegung, Bewertung von Systemen.
- Schwingungstechnische, rotordynamische, vibroakustische Systemoptimierung, passive und aktive Maßnahmen.
- Signalverarbeitung und Regelungstechnik für aktive Systeme.
- Entwicklung und Anwendung moderner numerischer Systemsimulation.
- Systementwicklung mit Rapid-Control-Prototyping und Hardware-in-the-Loop.
- Analyse und Bewertung der Zuverlässigkeit mechatronischer Komponenten/Systeme.

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

- Moderne Methoden der Schwingungsmesstechnik.
- Messtechnische Untersuchungen, Ermittlung von Betriebslasten/Betriebsbeanspruchungen, Messdatenanalyse.
- Systemidentifikation (EMA, TPA, u. a.).
- Entwicklung, Umsetzung, Integration anwendungsoptimierter Aktor- und Antriebssysteme.
- Applikation und Integration kundenspezifisch angepasster Sensoren, Entwicklung energieautarker intelligenter Sensorknoten und -systeme.
- Elektronische und eingebettete Systeme, autonome Strukturanalyse, Schadensdetektion.

## SMART STRUCTURES DIVISION

We focus on vibrational behavior, functionally integrated lightweight design and increasing the reliability of mechanical systems. To improve the system properties, we consider innovative passive and active structural measures in addition to lightweight construction principles. We provide support during the feasibility study, design and implement prototypical customer-optimized solutions. We develop adapted tools for system design and assist during their transfer to commercial implementations. For this we develop and use modern methods of numerical and experimental structural and reliability analysis, structural dynamics and signal processing. Smart sensor and actuator systems and electronic subsystems are developed to implement reliable active structural solutions, and control technology solutions are derived from embedded systems. There exists an integrated design chain: metrological analysis, numerical methods for concept evaluation, design and simulation, production of prototype mechanical, electromechanical and electronic functional models, methods and tools for ensuring function and reliability in the laboratory and in field trials.

**Structurally Durable and Function-integrated Lightweight Design (Prof. Dr.-Ing. Andreas Büter):**

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

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

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

**Experimental Analysis and Electromechanics (Dipl.-Ing. Michael Matthias):**

- Modern methods of vibration measurement.
- Metrological investigations, determination of operating loads/operating stresses, measured data analysis.
- System identification (EMA, TPA, etc.)
- Development, implementation, integration of application-optimized actuator and drive systems.
- Application and integration of custom-matched sensors, development of energy self-sufficient intelligent sensor nodes and systems.
- Electronic and embedded systems, autonomous structural analysis, damage detection.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf6

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf6

# Kunststoffe.

Plastics.

*»Leistungsfähige Additive sind der Schlüssel zu Innovationen und Garanten für den dauerhaften Einsatz von Kunststoffen z. B. im Außenbereich.«*

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

## 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):**
- 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.

**Rezepturentwicklung und Dauerhaftigkeit**
**(Dr. rer. nat. Rudolf Pfaendner):**
- Entwicklung von Additiven zur gezielten Beeinflussung von Kunststoffeigenschaften z. B. hinsichtlich Materialsicherheit, Zuverlässigkeit, Versagenscharakteristik, Ressourceneffizienz.
- Materialanalytik, Polymeranalytik und Charakterisierung.
- Methodenentwicklung bei analytischen Fragestellungen.
- Kinetik reaktiver Prozesse.

**Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung**
**(Dr.-Ing. Christian Beinert):**
- 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 reliable and rapid access to innovative and high-performance materials can be offered competitively on the world market today. Tailored plastics, plastic composites and plastic processing technologies play a central role in meeting high 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 and the affects of weathering, 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 implementation 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 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):**
- Development of chemical syntheses for monomers, polymers, additives, reactive modifiers.
- Technical synthesis optimization and upscaling.
- Development and screening of thermosets.
- Specific adjustment of interface and surface properties.

**Formulation Development and Durability**
**(Dr. rer. nat. Rudolf Pfaendner):**
- Development of additives for customized modification of properties, e. g. with regard to material safety, reliability, failure characteristics, resource efficiency.
- Materials analysis, polymer analysis and characterization.
- Development of analytical techniques.
- Kinetics of reactive processes.

**Polymer Processing and Component Design**
**(Dr.-Ing. Christian Beinert):**
- Plastics processing: compounding, reactive extrusion and injection molding.
- Processing of the material into the component, prediction of mechanical properties.
- Interlinking of process- and material properties.
- Material modeling: material behavior under high strain rates and with multiaxial loading.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf7

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf7

*»High-performance additives are the key to innovations and a guarantee for the long-term use of plastics, e.g. in outdoor applications.«*

# Ein starkes Team.

A strong team.

## ZENTRALE DIENSTE
Central Services

Administration und strategisches Controlling:
**Dipl.-Betriebswirt P. Betzholz**
+49 6151 705-233
peter.betzholz@lbf.fraunhofer.de

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

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

Innovationsmanagement:
**Dr.-Ing. D. Mayer**
+49 6151 705-261
dirk.mayer@lbf.fraunhofer.de

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

## BEREICH BETRIEBSFESTIGKEIT
Structural Durability Division

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

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

## BEREICH ADAPTRONIK
Smart Structures Division

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

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

Experimentelle Analyse und Elektromechanik:
**Dipl.-Ing. M. Matthias**
+49 6151 705-260
michael.matthias@lbf.fraunhofer.de

## BEREICH KUNSTSTOFFE
Plastics Division

Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung:
**Dr.-Ing. C. Beinert**
+49 6151 705-8735
christian.beinert@lbf.fraunhofer.de

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

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

## ASSOZIIERTES FACHGEBIET
Associated Department

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

**www.sam.tu-darmstadt.de**

# An unserer Seite.

At our side.

**VIELEN DANK AN:**

**Prof. Dr. Hartmut Baumgart (Vorsitzender)**
Opel Automobile GmbH, Rüsselsheim

**Dr. Thomas Schumacher**
Volkswagen AG, Wolfsburg

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

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

**Sven Hamann**
Robert Bosch GmbH, Renningen

**Dr.-Ing. Ferdinand Hollmann**
Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn

**Dr. Stefan Kienzle**
Daimler AG, Ulm

**Dr. Patrick Kim**
Bridge Builder, München

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

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

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

**Dr.-Ing. Oliver Schlicht**
Audi AG, Ingolstadt

**Dr. Ludwig Sporer**
BMW Group, München

**MinR Norbert Weber**
Bundesministerium der Verteidigung, Bonn

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

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

Partner 2017

# Partnerschaften wachsen im Dialog.

Partnerships flourish through communication.

*»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!

Systematic research!

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf2

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf2

**In unseren zentralen Leistungsfeldern innovative Lösungen für Märkte von heute und morgen zu erarbeiten, maßgeschneidert für unsere Kunden, systematisch vom Produktdesign bis zur Nachweisführung, diesem Auftrag fühlen wir uns verpflichtet, dafür forschen wir.**

**Leichtbau** Ressourceneffizienter Systemleichtbau erfordert umfassende Methodenkompetenz. Für das Fraunhofer LBF ist dies seit jeher Arbeitsphilosophie, denn für maschinenbauliche Produkte, insbesondere für sicherheitsrelevante Komponenten, ist Leichtbau nicht ohne Betriebsfestigkeit denkbar.

**Schwingungstechnik** Schwingungstechnisch optimierte Produkte und Systeme stellen wirtschaftlich, ökologisch und gesundheitlich relevante Güter dar. Am Fraunhofer LBF werden neben klassischen passiven Ansätzen auch aktive Maßnahmen zur Verbesserung der Systemdynamik eingesetzt. Die abschließende Bewertung der Systeme sichert Funktionalität und Zuverlässigkeit ab.

**Zuverlässigkeit** 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.

**Polymertechnik** Maßgeschneiderte Kunststoffe tragen zur Lösung globaler Herausforderungen bei Mobilität, Kommunikation, Gesundheit, Ernährung, Klimaschutz und Sicherheit bei. Kunststoffe sind nachhaltig, können nach ihrem ersten Leben rezykliert oder aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. Sie können mit Funktionen, wie elektrischer und thermischer Leitfähigkeit, Sensorik oder Flammschutz ausgestattet werden.

**In our key service areas, we are committed to developing systems-based innovative solutions from product design to verification, tailored to our customers and destined for present and future markets. This is the purpose of our research.**

**Lightweight design** Resource-efficient lightweight design therefore requires extensive methodological expertise. This has always been the work philosophy of Fraunhofer LBF because for mechanical engineering products, particularly safety-relevant components, lightweight design is inconceivable without structural durability.

**Vibration technology** Vibration-optimized products and systems represent goods which are relevant in economic, environmental and health terms. In addition to traditional passive approaches, Fraunhofer LBF also employs active measures to improve system dynamics. Final evaluation of the systems ensures functionality and reliability.

**Reliability** The reliability of technical products and systems is not directly measurable. It is not possible to completely rule out the failure of a component or a system. Nevertheless, thanks not least to the work and research results of Fraunhofer LBF, many technical products are now highly developed, robust and low-maintenance.

**Polymer technology** Customized plastics help to meet the global challenges in mobility, communication, health, nutrition, climate protection and safety. Plastics are sustainable, they can be recycled after their first life cycle or they can be manufactured from renewable raw materials. They can also be equipped with functions such as electrical and thermal conductivity, sensor technology or flameproofing.

# Leichtbau.

Lightweight Design.

**ELEKTROMOBILITÄT, LASERSTRAHLSCHWEISSEN, BEWERTUNGSKONZEPTE, PROZESSKETTE**

### Variantenvielfalt durch additiv gefertigte Bauteile.

Ausgehend von der Charakterisierung des zyklischen Werkstoffverhaltens erfolgen die Umsetzung additiv gefertigter Bauteile und deren Anbindung an die umgebende Struktur in der Prototypenphase. Damit werden die Voraussetzungen für den späteren Serieneinsatz geschaffen.

**E-MOBILITY, LASER BEAM WELDING, EVALUATION CONCEPTS, PROCESS CHAIN**

### Variety of versions due to additively manufactured components.

Based on characterization of the cyclic material behavior, the implementation of additively manufactured components and joining of them to the surrounding structure takes place in the prototype phase. This creates the conditions for subsequent series production.

**VERBUNDWERKSTOFFE, FLUGZEUGRAD, KOHLENSTOFFFASER-KUNSTSTOFF-VERBUND**

### Konzeptentwicklung für ein Flugzeugrad aus Faser-Kunststoff-Verbund.

Leichtbau hat in der Luftfahrt hohe Priorität. Die Entwicklung eines Flugzeugbugrads aus carbonfaserverstärktem Kunststoffverbund (CFK) im Rahmen eines EU-Forschungsprojekts birgt ein Leichtbaupotential von bis zu 40 Prozent..

**COMPOSITES, AIRCRAFT WHEEL, CARBON FIBER-PLASTIC COMPOSITE**

### Concept development for an aircraft wheel made of fiber-plastic composite.

Lightweight design is a high priority in aviation. The development of an aircraft nose wheel made of carbon fiber-plastic composite (CFRP) as part of an EU research project has a lightweight design potential of up to 40 percent.

**BETRIEBSFESTE BEMESSUNG, PROZESSOPTIMIERUNG, FUNKTIONSINTEGRATION**

### Materialhybride – Verbindung von Kunststoffen und Metallen.

Hybridbauteile versprechen beste Ergebnisse in Bezug auf Leichtbau und Funktionsintegration. Die Bemessungsmethode des Fraunhofer LBF ermöglicht es, Verbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen und Metallen betriebssicher auszulegen.

**RELIABLE DESIGN, PROCESS OPTIMIZATION, FUNCTIONAL INTEGRATION**

### Material hybrids – joining of plastics and metals.

Hybrid components promise the best results in terms of lightweight design and functional integration. Fraunhofer LBF's design method makes it possible to design joints made of thermoplastic materials and metals which are fail-safe.

**LEBENSDAUERABSCHÄTZUNG, FÜGEVERBINDUNGEN, MULTIMATERIAL**

### Schwingfestigkeit von EMPT-geschweißten Aluminium-Stahl Verbindungen.

Leichtbaulösungen für die Automobilindustrie fordern es häufig, Stahl- und Aluminiumlegierungen zu verbinden. Es wurde gezeigt, dass die Schwingfestigkeit von EMPT (elektromagnetische Puls-Technologie) - Verbindungen hohen Ansprüchen genügt.

**LIFETIME ASSESSMENT, JOINTS, MULTIMATERIAL**

### Fatigue strength of EMPT-welded aluminum-steel joints.

Lightweight design solutions for the automotive industry frequently make it necessary to join steel and aluminum alloys. It was shown that the fatigue strength of EMPT (electromagnetic pulse technology) joints meets high standards.

**ELEKTROMOBILITÄT, THERMOMANAGEMENT, LEICHTBAU**

### Traktionsbatterie als thermischer Speicher zur Reichweitensteigerung von Elektrofahrzeugen.

Das Fraunhofer LBF hat eine thermisch speicherfähige Traktionsbatterie mit entworfen. So wurde ein Phasenwechselmaterial-Verbundsystem (PCM-Verbund) entwickelt, welches es ermöglicht, thermische Energie innerhalb der Batterie gezielt zu speichern.

**E-MOBILITY, THERMAL MANAGEMENT, LIGHTWEIGHT DESIGN**

### Traction battery as thermal storage to extend the range of electric vehicles.

Fraunhofer LBF has been involved in the design of a traction battery capable of thermal storage. As a result a phase change material composite system (PCM composite) was developed which makes it possible to store thermal energy selectively within the battery.

**HYBRIDANTRIEB, ENERGIEEFFIZIENZ, $CO_2$-REDUKTION, LADEVOLUMENSENSOR**

### TRANSFORMERS: konfigurierbare Lastkraftwagen für effizienten Transport.

Der Güterverkehr erfordert Verbesserungen bei der Effizienz von Lastkraftwagen. Im EU-Forschungsprojekt TRANFORMERS hat das Fraunhofer LBF eine Sensorik zur Ladevolumenmessung sowie ein Batteriegehäuse zur Versorgung eines elektrischen Hilfsantriebes im Trailer entwickelt.

**HYBRID DRIVE, ENERGY EFFICIENCY, $CO_2$ REDUCTION, LOAD VOLUME SENSOR**

### TRANSFORMERS: configurable trucks for efficient transport.

Freight traffic requires improvements in truck efficiency. In the EU research project TRANSFORMERS, Fraunhofer LBF developed a sensor system for measuring the load volume and a battery housing to supply an electric auxiliary drive in the trailer.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf8

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf8

# Schwingungstechnik.

Vibration technology.

**SENSITIVITÄTSANALYSE, AKTIVER STABILISATOR, NUMERISCHE SIMULATION, SYSTEMDYNAMIK**

### Prüfung mechatronischer Wankstabilisatoren: Digitaler Zwilling eines Prüfstands.

Digitalisierung in der Betriebsfestigkeit erfordert nicht nur die Erstellung digitaler Zwillinge der Produkte, sondern auch der Prüfumgebungen, in denen Funktionalität und Betriebsfestigkeit abgesichert werden. Das Zusammenspiel von Prüfling und Prüfsystem muss auch virtuell erfasst werden.

**SENSITIVITY ANALYSIS, ACTIVE STABILIZER, NUMERICAL SIMULATION, SYSTEM DYNAMICS**

### Testing of mechatronic roll stabilizers: digital twin of a test rig.

Digitization in structural durability requires not only the creation of digital twins of the products, but also of the test environments in which functionality and structural durability are ensured. The interaction between the test object and the test system also has to be captured virtually.

**FERTIGUNGSTECHNIK, ANTRIEBSREGELUNG, FLEXMATIK**

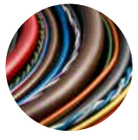
### Alles unter Kontrolle – Digitale Antriebsregelungen für hochgenaue Roboter.

Roboter auf Basis serieller Mehrachs-Kinematiken können künftig hochflexibel eingesetzt werden. Die erreichbare Bahngenauigkeit hängt von den Antriebsregelungen ab. Im Rahmen eines Fraunhofer-internen Verbundprojekts (MAVO) wird eine Simulationsumgebung zur frühzeitigen Regelungsplanung geschaffen.

**PRODUCTION TECHNOLOGY, DRIVE CONTROL, FLEXMATIK**

### Everything under control – digital drive controls for high-precision robots.

In future, it will be possible to use robots based on serial multi-axis kinematics in a highly flexible manner. The path accuracy achievable depends on the drive controls. A simulation environment for early control planning is being created as part of a joint in-house project at Fraunhofer (MAVO).



**NUMERISCHES BERECHNUNGSWERKZEUG, KABELBÄUME, EFFIZIENTE PRODUKTENTWICKLUNG**

### Numerische Simulation von Kabelbündeln.

Für eine Entwicklungsumgebung zur multidisziplinären Entwurfsoptimierung entwickelt und validiert das Fraunhofer LBF im Rahmen eines BMBF-geförderten Projekts numerische Modelle zur mechanischen Beschreibung flexibler Kabelbaumkomponenten.

**NUMERICAL CALCULATION TOOL, WIRING HARNESSES, EFFICIENT PRODUCT DEVELOPMENT**

### Numerical simulation of wiring harnesses.

As part of a project funded by the German Federal Ministry of Education and Research, Fraunhofer LBF is developing and validating numerical models for the mechanical description of flexible wiring harness components for a development environment for multidisciplinary design optimization.

**ADAPTRONIK, OPEN SOURCE, DIGITALISIERUNG, MAKER**

### OpenAdaptronik

Das Projekt hat das Ziel, die Adaptronik über einen frei verfügbaren Baukasten (Open Source Toolkit) für ein breites Anwendungsfeld nutzbar zu machen. Die Werkzeuge sollen auch kleinen und mittelständischen Unternehmen zur Verfügung gestellt werden.

**SMART STRUCTURES, OPEN SOURCE, DIGITALIZATION, MAKER**

### OpenAdaptronics

The aim of the project is to make adaptronics usable for a broad field of applications via a freely available modular system (open source toolkit). The intention is to make the tools available to even small and medium-sized enterprises.

**SIMULATION, ÜBERTRAGUNGSVERHALTEN, ALTERUNG**

### Elastomerlagermodell mit einstellbaren Alterungseffekten.

Das MKS-simulierte Übertragungsverhalten schwingungsdämpfender Elastomerbauteile kann sich im realen Einsatz durch mechanische Beanspruchung, Temperatur, Medieneinfluss, etc. stark verändern. Da das in der Simulation i. d. R. nicht berücksichtigt wird, hat das Fraunhofer LBF einen Alterungsparameter in das eigene Lagermodell integriert.

**SIMULATION, TRANSMISSION BEHAVIOR, AGING**

### Elastomeric mount model with scalable aging effects.

The MBS-simulated transmission behavior of vibration-damping elastomeric components can change drastically in real use due to mechanical stress, temperature, media influence, etc. As this is not usually taken into account in the simulation, Fraunhofer LBF has integrated an aging parameter into its own mount model.

**AKUSTIK, BAUTEILEIGENSCHAFT, ZUVERLÄSSIGKEIT**

### Bestimmung der Schallabsorption im Impedanzrohr.

Für die Gestaltung akustischer Bauteileigenschaften sind gute Kenntnisse der Einflussparameter auf die Materialmodellierung notwendig. Das Fraunhofer LBF forscht gemeinsam mit dem Fachgebiet Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik der TU Darmstadt an neuen Methoden, um die individuellen Einflussparameter zukünftig zuverlässig zu ermitteln.

**ACOUSTICS, COMPONENT PROPERTIES, RELIABILITY**

### Determination of sound absorption in the impedance tube.

Good knowledge of the parameters influencing material modeling is required when designing acoustic component properties. Fraunhofer LBF, together with the Department of System Reliability, Smart Structures and Machine Acoustics of the Technical University of Darmstadt, is researching new methods for reliably determining the individual influencing parameters in the future.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf9

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf9

# Zuverlässigkeit.

Reliability.

VERBUNDWERKSTOFFE, FÜGEVERBINDUNGEN, FESTIGKEIT

**Fügeverbindungen einer Helikopterstruktur.**

Im EU-Projekt Clean Sky 2 entwickelt Airbus Helicopters den flugfähigen Demonstrator eines super-schnellen Helikopters (RACER). Das LBF liefert die rechnerische Bewertung der Festigkeit an den Fügestellen der vorderen Rumpfstruktur.

COMPOSITE MATERIALS, JOINTS, STRENGTH

**Joints in a helicopter structure.**

In the EU project Clean Sky 2, Airbus Helicopters is developing the flight-capable demonstrator of a super-fast helicopter (RACER). The LBF is supplying the mathematical assessment of strength at the joints of the front fuselage structure.

FÜHRERLOSES PERSONENTRANSPORTSYSTEM, FAHRBETRIEBSMESSUNG, TECHNOLOGIEBERATUNG

**Festigkeitsnachweis am Fahrwerk eines Personentransportsystems für den Flughafen München.**

Für die Betriebsgenehmigung eines neuen führerlosen Personentransportsystems von Bombardier Transportation wurde ein Festigkeitsnachweis für das Fahrwerk erstellt. Der Nachweisprozess wurde von Gutachtern im Auftrag der Zulassungsbehörde begleitet.

DRIVERLESS PASSENGER TRANSPORT SYSTEM, DRIVING MEASUREMENT, TECHNOLOGY CONSULTING

**Stress analysis on the chassis of a passenger transport system for Munich airport.**

A stress analysis for the chassis was prepared for the operating license of a new driverless passenger transport system from Bombardier Transportation. The verification process was supervised by experts on behalf of the licensing authority.

E-FAHRZEUGE, REICHWEITE, REALE FAHRZEUGEIGENSCHAFTEN, REALE NUTZUNGSBEDINGUNGEN

**Verbrauchssimulation von E-Fahrzeugen.**

Neben hohen Anschaffungskosten ist die Sorge vor zu geringer Reichweite in der Regel ein wesentliches Kauf- und Nutzungshemmnis für E-Fahrzeuge. Die Verbrauchssimulation soll zu einer realistischen Reichweiteneinschätzung verhelfen. Dabei werden Batteriekapazität, -performance und Ladeinfrastruktur mit berücksichtigt.

ELECTRIC VEHICLES, RANGE, REAL VEHICLE CHARACTERISTICS, REAL CONDITIONS OF USE

**Energy consumption simulation of electric vehicles.**

In addition to high initial outlay, concerns about insufficient range are usually a major obstacle to purchasing and using electric vehicles. The consumption simulation aims to help with achieving a realistic estimation of range. It takes into account battery capacity, battery performance and charging infrastructure.

SYSTEMANALYSE, BETRIEBSMESSUNG, BETRIEBSLASTEN, PEDELECS

**Mehr Sicherheit bei Pedelecs.**

Das Fraunhofer LBF ist Partner der »Qualitätsinitiative E-Bikes«, die die Zweirad Einkaufsgenossenschaft (ZEG) im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts startete. Ziel ist es, einen belastbaren Qualitäts- und Sicherheitsstandard für Pedelecs zu schaffen.

SYSTEMS ANALYSIS, OPERATIONAL MEASUREMENT, OPERATING LOADS, PEDELECS

**Greater safety for pedelecs.**

Fraunhofer LBF is a partner of the »Quality Initiative E-Bikes«, which was launched by the Zweirad Einkaufsgenossenschaft (ZEG) [Bicycle Purchasing Cooperative] as part of a research and development project. The aim is to create a dependable quality and safety standard for pedelecs.

SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT, QUALITÄT, ABSICHERUNG, MEDIZINTECHNIK

**Zuverlässigkeitsabsicherung eines Kontrolldisplays für Medizinanwendungen.**

Für die künftige Produktentwicklung soll ein Konzept zur weiteren Zuverlässigkeitsabsicherung von Kontrolldisplays entwickelt werden, wie sie in Krankenhäusern zur Darstellung von Vitaldaten des Patienten verwendet werden.

SYSTEM RELIABILITY, QUALITY, ASSURANCE, MEDICAL TECHNOLOGY

**Assuring the reliability of a control display for medical applications.**

For future product development, a concept is to be developed for further assuring the reliability of control displays, such as are used in hospitals to display patients' vital data.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf10

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf10

# Polymertechnik.

Polymer technology.

MEDIZINFORSCHUNG, KUNSTSTOFFE, METAMATERIALIEN

**Preiswürdige Innovation: Skoliose Korsett aus Metamaterialien.**

Die harte Basisstruktur stützt den Körper, weiche Übergänge ermöglichen einen bequemen Sitz. Somit kommen medizinische Anforderungen zur Behandlung von Wirbelsäulenerkrankungen in Einklang mit Komfort und individualisierbarem Design.

MEDICAL RESEARCH, PLASTICS, METAMATERIALS

**Prize-worthy innovation: scoliosis corset made of metamaterials.**

The hard basic structure supports the body while soft transitions enable a comfortable fit. Medical requirements for the treatment of spinal conditions are thus reconciled with comfort and customizable design.

UMWELT, SICHERHEIT, RESSOURCENEFFIZIENZ

**Recycling halogenfrei flammgeschützter Kunststoffe.**

Alterungs- und Schädigungsmechanismen können einen erheblichen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften und das Brandverhalten von Kunststoffen haben. Eine gezielte Additiverung mit maßgeschneiderten Rezyklat-Additiven ermöglicht eine Verbesserung der Rezyklatqualität.

ENVIRONMENT, SAFETY, RESOURCE EFFICIENCY

**Recycling halogen-free flame retardant plastics.**

Aging and damage mechanisms can have a significant impact on the mechanical properties and fire behavior of plastics. Targeted addition of customized recycle additives makes it possible to improve the recycle quality.

ADDITIVE, ALTERUNG, KUNSTSTOFF, NEUE ANTIOXIDANTIEN

**Neue Stabilisatoren für die Langzeitstabilität von Polyolefinen.**

Neue Antioxidantien ermöglichen die kostengünstige Verwendung von Commodity-Kunststoffen wie Polypropylen unter thermischer Dauerbelastung. Darüber hinaus zeigen sie eine geringe Flüchtigkeit und niedrige Verfärbungstendenz des Polymers.

ADDITIVES, AGING, PLASTIC, NEW ANTIOXIDANTS

**New stabilizers for the long-term stability of polyolefins.**

New antioxidants enable the cost-efficient use of commodity plastics such as polypropylene under long-term thermal stress. They also show the polymer's low volatility and low discoloration tendency.



MATERIALENTWICKLUNG, NATURFASER-COMPOSITE, REDUZIERTE FEUCHTEAUFNAHME

**Vielseitig einsetzbare biobasierte Werkstoffe.**

Die am Fraunhofer LBF neu entwickelten Materialien werden insbesondere in solchen Außenanwendungen und in Bereichen mit erhöhter Feuchtigkeit zum Einsatz kommen können, die bisher glas- und kohlefaserverstärkten Materialien vorbehalten waren.

MATERIAL DEVELOPMENT, NATURAL FIBER COMPOSITES, REDUCED MOISTURE ABSORPTION

**Versatile biobased materials.**

In particular, it will be possible to use the materials newly developed at Fraunhofer LBF in such outdoor applications and areas with high humidity as were previously reserved for glass- and carbon-fiber-reinforced materials.

VERPACKUNGEN, SCHADENSANALYTIK, RAMAN-SPEKTROSKOPIE

**Laser-Scan verschafft Einblick in hauchdünne Verpackungsfolien.**

Etwa 3.000.000 Tonnen Kunststoff werden in Deutschland jährlich für Verpackungszwecke verbraucht. Wissenschaftler des Fraunhofer LBF haben eine Methode entwickelt, mit der der Aufbau von Mehrschicht-Kunststofffolien schnell und zerstörungsfrei mit einer Genauigkeit von einem Tausendstel Millimeter analysiert werden kann.

PACKAGING, DAMAGE ANALYSIS, RAMAN SPECTROSCOPY

**Laser scanning provides insight into wafer-thin packaging films.**

Every year Germany uses around 3,000,000 tons of plastic for packaging purposes. Scientists at Fraunhofer LBF have developed a method with which the structure of multilayer plastic films can be analyzed quickly and non-destructively with one thousandth of a millimeter accuracy.

MATERIALDATENBANK, SCHWINGFESTIGKEIT, BAUTEILAUSLEGUNG

**Datenbankbasierte Digitalisierung von Schwingfestigkeitskennwerten.**

Im Zuge von Industrie 4.0 spielen auch Materialdatenbanken eine immer größere und bedeutendere Rolle. Das Fraunhofer LBF hat Versuchsdaten von etwa 6.000 geprüften thermoplastischen Proben in einer Datenbank zusammengefasst. Mit deren Hilfe können Wirkzusammenhänge unterschiedlichster Einflussfaktoren auf die Schwingfestigkeit abgeleitet werden.

MATERIAL DATABASE, FATIGUE STRENGTH, COMPONENT DESIGN

**Database-based digitization of fatigue strength characteristics.**

In the course of Industry 4.0, material databases are also playing an ever larger and more important role. Fraunhofer LBF has collated experimental data from around 6,000 tested thermoplastic specimens in a database. With their help, it is possible to derive the cause-and-effect relationships of a wide variety of influencing factors on the fatigue strength.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf11

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf11

# Starke Perspektiven – die Projekte von morgen.

Strong prospects – the projects of the future.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf3

**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf3

**Neue Arbeitsgruppe für Elastomertechnologie.**

Die neue Arbeitsgruppe bündelt die FuE-Arbeiten zur Elastomerverarbeitung und Entwicklung im Fraunhofer LBF. Zukünftig können im neu eingerichteten Labor für Elastomertechnologie maßgeschneiderte Werkstoffe entwickelt und entlang der gesamten Wertschöpfungskette hergestellt werden.

**New working group for elastomer technology.**

The new working group pools the R&D work on elastomer processing and development at Fraunhofer LBF. In future, it will be possible to develop and produce customized materials along the entire value chain in the newly equipped laboratory for elastomer technology.

**4SMARTS – erfolgreiches zweites Symposium!**

Nach einem erfolgreichen Auftakt im April 2016 in Darmstadt und einer gelungenen Folgeveranstaltung im Juni 2017 in Braunschweig geht das »Symposium für Smarte Strukturen und Systeme« – 4SMARTS nun in Serie. Die nächste Veranstaltung führt 2019 erneut nach Darmstadt.

**4SMARTS – Successful second Symposium!**

Following a successful kick-off in Darmstadt in April 2016 and a rewarding follow-up event in Braunschweig in June 2017, 4SMARTS – the »Symposium for Smart Structures and Systems« – is going into series production. The next event will return to Darmstadt in 2019.

**Systemzuverlässigkeit und Sicherheit für autonom fahrende E-Fahrzeuge.**

Für autonome E-Fahrzeuge entstehen somit sehr weitreichende Forderungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit der unterschiedlichen Fahrzeugkomponenten. Sie müssen die Erfahrung, Reaktion und Voraussicht des Menschen zuverlässig übernehmen.

**System reliability and safety for autonomously driven electric vehicles.**

For autonomous electric vehicles, this therefore results in very far-reaching demands on the safety and reliability of the various vehicle components. They have to reliably adopt the experience, response and foresight of humans.

# Starke Perspektiven – die Projekte von morgen.

Strong prospects – the projects of the future.

**Detaillierte Informationen online:**
www.lbf-jahresbericht.de/lbf3

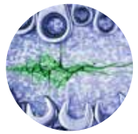
**Detailed information online:**
www.lbf-jahresbericht.de/en/lbf3

**Generator-elektrische Antriebe für Elektrofahrzeuge.**

Elektromobile Zukunftsperspektiven lassen sich durch die Abkehr vom Dogma realisieren, die elektrische Energie für eine gesamte Fahrstrecke vollständig speichern zu müssen. Ein am Fraunhofer LBF entwickeltes generator-elektrisches Antriebskonzept zeigt, dass auch Wärmekraftmaschinen und elektrische Generatoren während der Fahrt elektrische Energie erzeugen können.

**Generator-electric drives for electric vehicles.**

Prospects for the future of electric mobility can be realized by moving away from the principle of having to store all the electrical energy for an entire journey. A generator-electric drive concept developed at Fraunhofer LBF shows that even heat engines and electric generators can generate electrical energy while driving.



**Beherrschung von Unsicherheiten lasttragender Systeme.**

Im DFG Sonderforschungsbereich 805 »Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus« untersucht das Fraunhofer LBF mit neuartigen piezoelastischen Lagersystemen den Einfluss aktiver bzw. adaptiver Lösungen zur Stabilisierung und Schwingungskontrolle einzelner Balken in Tragwerken.

**Managing the uncertainties of load-bearing systems.**

In the DFG Collaborative Research Center 805 »Managing uncertainty in load-bearing mechanical engineering systems«, Fraunhofer LBF is using innovative piezoelastic mount systems to investigate the influence of active and smart solutions for the stabilization and vibration control of individual beams in structures.

**Effiziente Entwicklungsmethoden für zukünftige Produkte.**

Die Komplexität moderner Produkte steigt, die Entwicklungszyklen werden hingegen immer kürzer. Das Fraunhofer LBF arbeitet an neuen Entwicklungsmethoden für Anwendungen mit multiphysikalisch gekoppelten Funktionalitäten, um deren Entwicklung genauer, effizienter und kostengünstiger zu gestalten.

**Efficient development methods for future products.**

The complexity of modern products is increasing, whereas development cycles are getting shorter and shorter. Fraunhofer LBF is working on new development methods for applications with multiphysically linked functionalities with the aim of making their development more accurate, efficient and cost-effective.

**Digitalisierung in der Prüftechnik.**

Gerade in zuverlässigkeitsorientierten Branchen besteht ein großes Interesse an effizienten Entwicklungsprozessen, um neue Technologien in Produkte zu integrieren. Die Digitalisierung bietet im Bereich der Prüftechnik aufgrund der besseren Vernetzung und erhöhten Verfügbarkeit von Informationen das Potenzial, Entwicklungsprozesse zukünftig agiler zu gestalten und zu verkürzen.

**Digitalization in test technology.**

In reliability-oriented industries in particular, there is great interest in efficient development processes which make it possible to integrate new technologies into products. Due to better networking and increased availability of information, digitalization offers the potential in test technology to make the design of development processes more agile in the future and so shorten them.

**Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Darmstadt. – Wir begleiten Ihre Digitalisierungsprojekte.**

Das Kompentenzzentrum Mittelstand 4.0 Darmstadt ist eine zentrale Anlaufstelle für kleine und mittlere Unternehmen und Handwerksbetriebe zu Fragen der Digitalisierung. Das Fraunhofer LBF begleitet interessierte Kunden bei der Erhöhung der Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen sowie bei der Entwicklung von neuen, sensor- und prozessdatengetriebenen Geschäftsmodellen.

**SME 4.0 Competence Center Darmstadt – We will assist with your digitalization projects.**

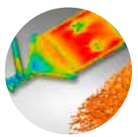
The SME 4.0 Competence Center Darmstadt is a central contact point for questions about digitalization for small and medium-sized enterprises and craft businesses. Fraunhofer LBF assists interested customers to increase the reliability of machinery and installations and to develop new sensor-driven and process-data-driven business models.

**Phänomenologische Berechnungsstrategien für kurzglasfaserverstärkte, thermoplastische Spritzgussformteile.**

Mithilfe des am Fraunhofer LBF erarbeiteten Konzeptes ist es möglich, schon in einer frühen Phase der Bauteilentwicklung das von der Faserrichtung abhängige Verhalten kurzglasfaserverstärkter, spritzgegossener Kunststoffbauteile abzuschätzen und das Bauteil belastungsgerecht auszulegen.

**Phenomenological calculation strategies for short-glass-fiber-reinforced, injection molded thermoplastic parts.**

Using the concept developed at Fraunhofer LBF, it is possible to estimate the behavior of short-glass-fiber-reinforced, injection molded thermoplastic parts depending on the direction of the fibers at an early stage of component design and to design the component in accordance with the load.



# Allianzen und Netzwerke.

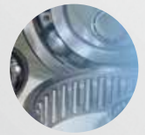
Alliances and networks.

Mit unserem Engagement in Verbünden 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 MATERIALS
Fraunhofer SIMULATION
Fraunhofer LEICHTBAU
Fraunhofer ACADEMY
Fraunhofer ADAPTRONIK
Fraunhofer BATTERIEN
Fraunhofer VERKEHR
Fraunhofer AUTOMOBIL
Fraunhofer BIG DATA
Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Darmstadt
materials valley
KOMPETENZNETZ Adaptronik
DVM Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V.
Forum ElektroMobilität e.V.
earpa European Automotive Research Partners Association
FutureCar
isys adaptive solutions
STRESS AND STRENGTH
AUTOMATISIERUNGS REGION RHEIN MAIN NECKAR



Fraunhofer MATERIALS



# Fraunhofer-Verbund MATERIALS.

The Fraunhofer Group MATERIALS.

**Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS bündelt seit nunmehr 20 Jahren die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Mit über 2.500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und einem Gesamthaushalt von jährlich ca. 500 Mio € im Leistungsbereich Vertragsforschung ist er 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 quasiindustriellen 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 international gut vernetzt und tragen in einer großen Spannweite zu werkstoffrelevanten Innovationen 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.

**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
+49 6151 705 -262 · ursula.eul@lbf.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF · Bartningstraße 47 · 64289 Darmstadt

**Mehr Informationen über den Fraunhofer-Verbund MATERIALS finden Sie hier:**
www.materials.fraunhofer.de

# Für individuelle, komplexe Anforderungen.

For individual complex requirements.

1

**Mehr Informationen über unsere Ausstattung finden Sie hier:**
www.lbf.fraunhofer.de/services

## BERATUNG DURCH EXPERTEN

Das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF bietet komplette Lösungen für die Entwicklung und Qualifikation innovativer Strukturen, Komponenten und Systeme durch Vernetzung von experimenteller und numerischer Simulation. Mit unserem langjährigen und anerkannten Know-how, den vielseitigen Versuchseinrichtungen und den modularen Versuchsaufbauten können wir auf Ihre individuellen Anforderungen flexibel und schnell reagieren.

Das Expertenteam des Fraunhofer LBF realisiert anwendungsorientierte, effiziente und ressourcenschonende Lösungen von höchster Qualität, die Sie bei Ihrer Produktentwicklung unterstützen. Dabei vereinen wir Kompetenzen von der Datenerfassung im betrieblichen Feldeinsatz über die Datenanalyse und die Dateninterpretation bis hin zur Ableitung von konkreten Maßnahmen zur Auslegung und Verbesserung von Material-, Bauteil- und Systemeigenschaften.

**Wir beraten Sie gerne, beispielsweise über diese Leistungen:**

- Flexibel testen und realitätsnah simulieren
- Experimentelle Simulation, variable und stationäre Versuchsaufbauten
- Material- und Bauteilentwicklung
- Realitätsnahe Simulation und neue Entwicklungsprozesse
- Mechanical Simulation in Matlab®
- Polymercharakterisierung
- Elastomerprüfung

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

DAkkS
Deutsche Akkreditierungsstelle
D-PL-11140-18-00

**1** *Messzelle für Zugprüfungen in organischen Flüssigkeiten.*
*Measuring cell for tensile tests in organic liquids.*

**2** *Energieeffiziente Aktoren für die aktive Schwingungsminderung.*
*Energy-efficient actuators for active vibration control.*

# 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
www.lbf-jahresbericht.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 und Konzeption Print/Digital** |
Design and Conception Print/Digital
Gute Botschafter GmbH
Für echt erfolgreiche Marktpositionen.
Haltern am See, Köln am Rhein, Wien an der Donau
www.gute-botschafter.de

**Fotografie** | Photography
fotolia (archy13, Eisenhans, fotohansel, gjp311,
Grafvision, Grispb, Gorodenkoff, gunnar_assmy,
industrieblick, Monstar_Studio, peshkov, sdecoret,
underverse), LBF-Archiv, Piotr Banczerowski,
Ursula Raapke

**Druck** | Printing
gutenberg beuys gesellschaft für digital-
und printmedien mbh, feindruckerei, Hannover
www.feindruckerei.de

**ISSN**
1864-0958



© Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt, März 2018

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


Um Strukturen sicher und optimiert auszulegen, sind genaue Last- und Spannungsberechnungen notwendig.

Den Quellen von Lärm und Vibrationen auf den Grund zu gehen und effektive Gegenmaßnahmen zu entwickeln, das gehört seit 2001 zu den Forschungsschwerpunkten des Fraunhofer LBF.

Die steigenden Anforderungen an das Praxisverhalten von Material, Bauteil und resultierendem Gesamtsystem können nur erfüllt werden, wenn Kunststoffentwicklung auf´s Engste mit der Bauteil- und System-entwicklung verflochten ist.

Mit maßgeschneiderten Prüfkonzepten lernen wir das bauteilgebundene Werkstoffverhalten besonders in komplexer Umgebung noch besser zu verstehen und schaffen die Möglichkeit, sowohl das Leichtbau- als auch das Festigkeitspotenzial optimal auszunutzen.

**www.lbf-jahresbericht.de/lbf1**