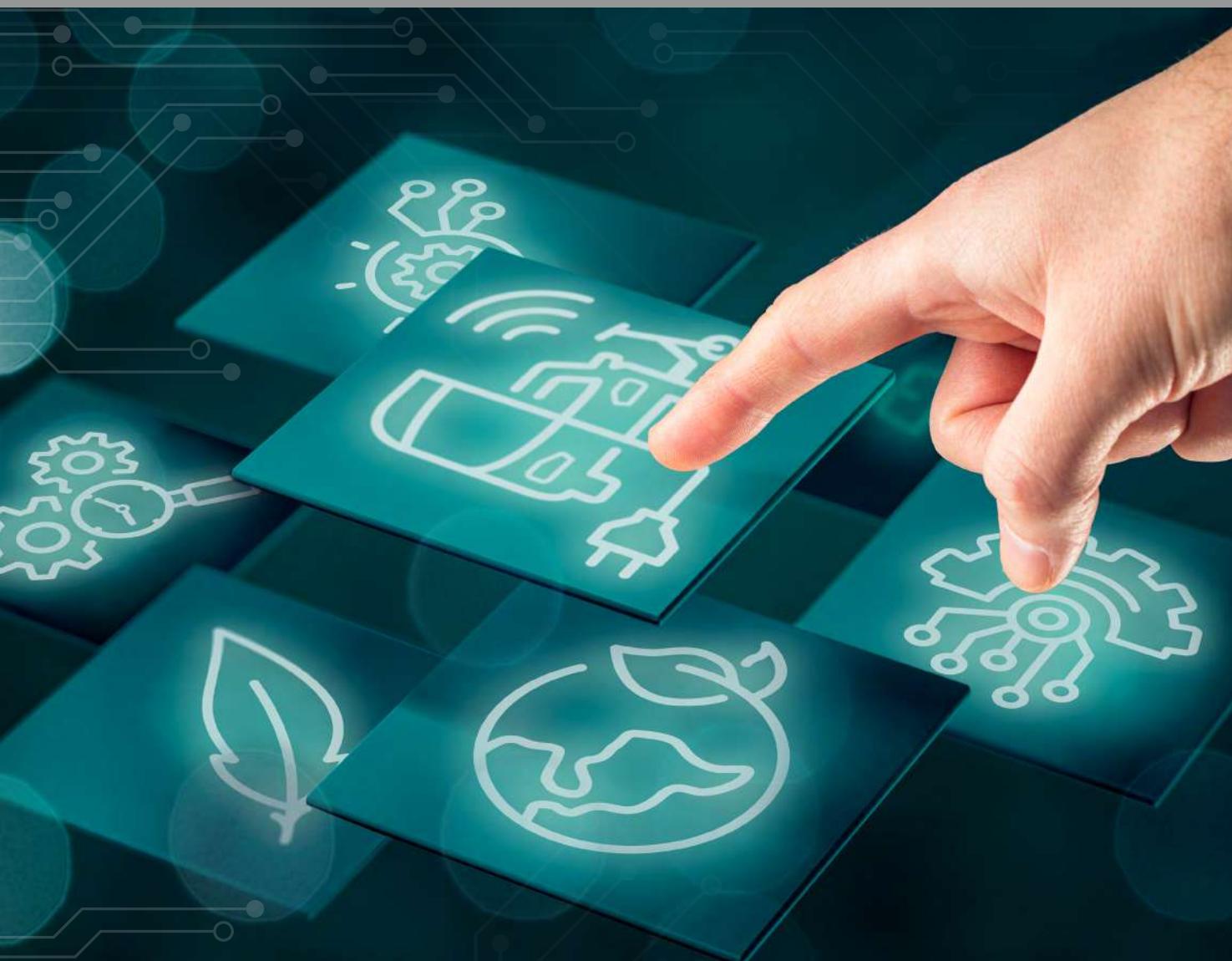




Fraunhofer
LBF

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



Jahresbericht 2020 Annual report





The annual report 2020 – digital
www.lbf.fraunhofer.de/annual-report



Digital Engineering



Reliability Design



Smart Solutions



Future Mobility



Circular Economy

2020 im Überblick.

2020 at a glance.

EINBLICKE | INSIGHTS

- | | | | |
|----|------------------------------------|----|----------------------------------|
| 4 | Resilient. Nachhaltig. Digital. | 4 | Resilient. Sustainable. Digital. |
| 9 | Kuratorium. | 9 | Board of trustees. |
| 10 | Das Fraunhofer LBF in Zahlen 2020. | 10 | Fraunhofer LBF in numbers 2020. |

FORSCHUNG MIT SYSTEM! | SYSTEMATIC RESEARCH!

- | | | | |
|----|---------------------------|----|---------------------------|
| 12 | Leistungsfelder. | 12 | Areas of Expertise. |
| 14 | Digital Engineering. | 14 | Digital Engineering. |
| 20 | Smart Solutions. | 20 | Smart Solutions. |
| 26 | Reliability Design. | 26 | Reliability Design. |
| 32 | Circular Economy. | 32 | Circular Economy. |
| 38 | Ultra Lightweight Design. | 38 | Ultra Lightweight Design. |
| 44 | Future Mobility. | 44 | Future Mobility. |

FORSCHUNGSBEREICHE | RESEARCH DIVISIONS

- | | | | |
|----|---------------------|----|------------------------|
| 50 | Betriebsfestigkeit. | 50 | Structural Durability. |
| 52 | Adaptronik. | 52 | Smart Structures. |
| 54 | Kunststoffe. | 54 | Plastics. |

EINBLICKE | INSIGHTS

- | | | | |
|----|--------------------------|----|-------------------------|
| 56 | LBF Management Team. | 56 | LBF management team. |
| 58 | Allianzen und Netzwerke. | 58 | Alliances and networks. |

Impressum | Editorial notes.

Herausgeber | Publisher Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Barthningstraße 47, 64289 Darmstadt, Telefon: +49 6151 705-0, info@lbf.fraunhofer.de, www.lbf.fraunhofer.de
 Institutsleitung | Director of institute Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz
 Redaktion | Editor Heiko Hahnenwald
 Koordination | Coordination Anke Zeidler-Finsel
 Konzeption | Conception Fraunhofer LBF, Technologiemarketing und Kommunikation
 Design/Konzeption | Design/conception www.gute-botschafter.de
 Druck | Printing www.halternerdruckerei.com
 Fotografie | Photography LBF-Archiv, Ursula Raapke, Katrin Binner, Piotr Banczerowski, Fraunhofer IVI, Fraunhofer IIS, BPW Gruppe, AdobeStock (jirsa, royyimzy_B, kras99, issaronow, Quardia Inc, OceanProd, Ints, vegefox.com, kv_san, Oleshko Artem)
 © Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt, April 2021
 Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten.

**2020 – gedruckt und digital**

Mit diesem Jahresbericht nutzen wir die digitalen Kanäle neu und eng verzahnt. Sie finden viele Inhalte attraktiv aufbereitet auf der Onlinepräsenz
www.lbf.fraunhofer.de/jahresbericht

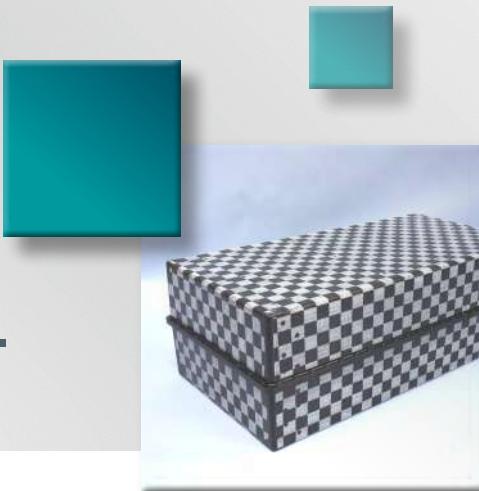
2020 – printed as well as digital

With this annual report, we are using the digital channels in a new and closely interlinked way. You will find a lot of attractively prepared content within our online presence
www.lbf.fraunhofer.de/annual-report



Resilient. Nachhaltig. Digital.

Resilient. Sustainable. Digital.



Batteriegehäuse:
Leicht, sicher,
serientauglich.
Battery housing:
Lightweight,
safe, and suitable
for series
production.

Sehr geehrte Kunden und Partner des Fraunhofer LBF!

Wir alle haben 2020 als besonders kräftezehrendes Jahr erlebt. Viele Menschen standen im beruflichen und im privaten Umfeld vor großen Herausforderungen. Mit besonderer Wucht wurden die ausgeprägten Wechselwirkungen und Abhängigkeiten unserer modernen Lebenswelt verdeutlicht. Gleichzeitig wurde die Wichtigkeit eines Perspektiv- und Kurswechsels im Kontext von Resilienz, Nachhaltigkeit und Klimaschutz sowie Mobilität und Digitalisierung unterstrichen, die Bedeutung der gemeinsamen Aufgabe und Verantwortung klar betont. Neben allen Schwierigkeiten und Herausforderungen lassen sich aber auch spannende Chancen erkennen.

Mich hat beeindruckt, welche Ideen für Veränderungen und Optionen im Großen wie im Kleinen in kurzer Zeit entstanden sind, wie aufmerksam und verantwortungsvoll zusammengearbeitet wurde und wie engagiert und pragmatisch innovative Lösungen an so vielen Stellen umgesetzt wurden – all das im Spannungsfeld des Schutzes der Gesundheit und der Beherrschung wirtschaftlicher Implikationen. Dabei haben sich nicht nur etablierte Beziehungen bewährt, sondern es sind spannende neue Partnerschaften entstanden.

Als industrienah ausgerichtetes Institut haben wir die großen Unsicherheiten, Sorgen und Herausforderungen unserer Kunden deutlich miterlebt. Und wir stehen fest an der Seite unserer Partner. Gemeinsam mit Ihnen haben wir Veränderungsbedarfe herausgearbeitet, zeitliche und inhaltliche Entwicklungsperspektiven abgeglichen, Innovationsthemen priorisiert, Forschungskapazitäten justiert und wichtige Zukunftsvorprojekte vorbereitet und gestartet. Dies war sehr konstruktiv und wertvoll, es hat die vertrauensvolle Achse weiter gestärkt. Ich bin außerordentlich zuversichtlich, dass hieraus auch zukünftig eine sehr positive gemeinsame Entwicklung resultiert.

Vor diesem Hintergrund entwickelt das Fraunhofer LBF seine Forschungsausrichtung weiter: Durch ein umfassendes Verständnis von Prozessen und Wechselwirkungen – von der Gestaltung über die Realisierung und Nutzung bis zur Verwertung – helfen wir unseren Kunden damit bestmöglich, effiziente und sicher zuverlässige Produktinnovationen zu schaffen. Dabei konzentrieren wir uns auf die Ebene Material, Bauteil und System und bauen konsequent unsere virtuellen, physischen und cyberphysischen Entwicklungs- und Bewertungsmethoden weiter aus. So verankern wir die Themen **Resilienz, Nachhaltigkeit und Digitalisierung** noch fester in unserem Portfolio. In unseren FuE-Projekten erarbeiten wir kontinuierlich neue Lösungen hinsichtlich der Entwicklung effizienter Entwurfs-, Simulations- und Absicherungswerkzeuge. Gestaltung, Bewertung und Modellierung von Prozessen für zuverlässige Produkte, Beherrschung von Unsicherheiten entlang der Wertschöpfungskette sowie nachhaltige Lösungen für Kunststoffe, deren Recycling und biobasiertem Aufbau, sind einige Beispiele.

»Im Fraunhofer LBF entwickeln wir konsequent virtuelle, reale und cyberphysische Methoden weiter.«

Wir haben uns das Ziel gesetzt, unsere Projekte und FuE-Leistungen konsequent marktorientiert auszurichten. Im Zuge dessen haben wir diese im aktuellen Jahresbericht in sechs Clustern gebündelt: **Ultra Lightweight Design, Digital Engineering, Smart Solutions, Circular Economy, Future Mobility Research und Reliability Design.** Entlang dieser Themencluster präsentieren wir Ihnen Ergebnisse ausgewählter Forschungsprojekte und wie diese unsere Kunden in der Mobilität, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Kunststoffchemie und der Energie- sowie der Medizintechnik unterstützen.

*Entwicklung leichter Räder,**z. B. für Cargo-Bikes.**Development of lightweight**rims, e.g. for cargo bikes.*

Zu den Highlights der Arbeiten im Leistungsfeld **Ultra Lightweight Design** zählt das Projekt L-BF, in dessen Rahmen wir material-, gestaltungs-, absicherungs- und fertigungsprozesstechnische Kompetenzen gebündelt haben, um ein radikal im Gewicht optimiertes elektrisches Lastenfahrrad für die Mikromobilität umzusetzen. Neben der erheblichen, kostengünstigen Leichtbauoptimierung der metallischen Rahmenstruktur und Räder, der Entwicklung neuer Beschichtungsmaterialien und smarter Sensorik sowie der Umsetzung eines neuen Batterie- und Energiemanagementsystems haben wir ein aktives Stabilisierungssystem zur Steigerung der Lenkfähigkeit und Fahrsicherheit realisiert. Ergebnisse aus diesem Projekt fließen in ein jüngst gestartetes Kooperationsprojekt ein, in dessen Rahmen ein ultraleichtes, elektrisch autonom fliegendes Drohnen-Gleitkopter-Konzept für Just-In-Time Logistiknetzwerke entsteht.

Noch laufende Forschungsarbeiten im Leistungsfeld **Future Mobility** konzentrieren sich auf die alternative Elektrifizierung von Nutzfahrzeugantrieben. Im Projekt HANNAE arbeiten wir an der Umsetzung eines hocheffizienten, generatorelektrischen Antriebs für mittelschwere Nutzfahrzeuge. Für ein weiteres Future Mobility-Projekt entwickeln wir gemeinsam mit Industriepartnern ein Konzept zur Zustandsbestimmung fahrdynamischer und sicherheitsrelevanter Komponenten eines elektrifizierten LKW-Trailers.

Für den zunehmenden Wandel von einer linearen in eine **Circular Economy** von Polymeren gelingt es durch gezielte Additivierung, Biopolymere für den Einsatz in anspruchsvollen technischen Kunststoffbauteilen zu ertüchtigen. Diese sind in Leistungsfähigkeit und Lebensdauer herkömmlichen Kunststoffen teils überlegen. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen aktuell in ein Leitprojekt ein, das sich der Aufbereitung von kunststoffhaltigen Abfallströmen widmet. Die entstehenden Patente sollen unseren Partnern bei deren Produktentwicklungen helfen.

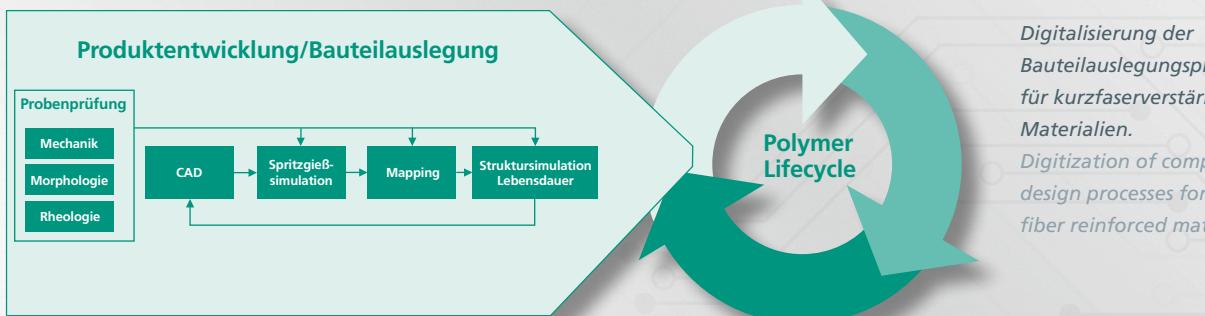
Im Leistungsfeld **Smart Solutions** arbeiten wir in mehreren Projekten zum Thema programmierbare Materialien, smarte Sensorik und Metamaterialien. Diese setzen wir zur Überwachung und Beeinflussung des vibroakustischen und dynamischen Verhaltens von Leichtbaustrukturen ein. Dabei gelingt es, mittels digitaler Funktionen passive Strukturfunktionen zu erweitern und aufzuwerten.

Projekte im **Digital Engineering** und **Reliability Design** beschäftigen sich mit neuen Modellierungs-, Simulations- und Entwicklungsansätzen zur Beschreibung und Optimierung schwingungstechnischer Eigenschaften sowie der Auslegung und Lebensdauerbewertung von Bauteilen und Systemen. Zudem haben wir neue cyberphysische Methoden und Tools entwickelt, mit denen die frühe, entwicklungsbegleitende Validierung von Produktfunktionen erreicht wird. Last but not least wurde im letzten Jahr ein neues Laboratorium für die Untersuchung und Entwicklung betriebsfest ausgelegter, additiv gefertigter Bauteile eingerichtet. Wir wollen beitragen, diese neue Fertigungstechnologie für lasttragende Produkte zuverlässig zu erschließen.

Auch wenn es ein herausforderndes Jahr war, so blicken wir mit Stolz auf das gemeinsam Erreichte zurück und danken Ihnen in besonderem Maße für Ihr Vertrauen und die gute, intensive Zusammenarbeit. Diese führen wir auch in 2021 fort!

Wir, das Team des Fraunhofer LBF, freuen uns, diesen Weg mit innovativen Produktlösungen aktiv zu gestalten. Wir wünschen Ihnen eine erkenntnisreiche und anregende Lektüre.

Prof. Dr. Tobias Melz



Digitalisierung der Bauteilauslegungsprozesse für kurzfaser verstärkte Materialien.
Digitization of component design processes for short fiber reinforced materials.

Dear customers and partners of Fraunhofer LBF!

2020 was an incredibly strenuous year for us all. Many people faced major challenges in their professional and private lives. This revealed the deep interactions and inter-dependencies that shape the modern world in which we live, in a truly profound way. At the same time, it underscored the importance of a change of perspective and course in the context of resilience, sustainability and climate protection, as well as mobility and digitization, and clearly emphasized the significance of our common task and responsibility. However, alongside all the difficulties and challenges, exciting opportunities are being revealed.

I have been impressed by the ideas for change and options, both large and small, that have emerged in a short time, how thoughtfully and responsibly people have worked together, and the committed and pragmatic way in which innovative solutions have been implemented in so many places – all while balancing the need to protect health and deal with economic implications. In this context, not only have established relationships stood the test of time, but exciting new partnerships have emerged. As an industry-oriented institute, we have of course witnessed the major uncertainties, concerns and challenges facing our customers. Indeed, we are standing firmly by our partners. Together with you, we have identified needs for change, aligned development opportunities in terms of timing and content, prioritized innovation topics and adapted research capacities, while preparing and launching important projects for the future. This was very constructive and valuable – it further strengthened the trust between us. I am extremely confident that this will continue to result in very positive joint development in the future.

Against this background, Fraunhofer LBF is continuing to develop its research focus: Using a comprehensive understanding of processes and interactions – from design and implementation to use and recycling – we can provide our customers with the best possible help in creating efficient, safe and reliable product innovations. In doing so, we focus on the material, component and system level, consistently expanding our virtual, physical and cyber-physical development and evaluation methods. In this way, we are enshrining the themes of **resilience, sustainability and digitization** even more firmly in our portfolio. In our R&D projects, we are continuously working on new solutions for developing efficient design, simulation and validation tools. Examples of this include the design, evaluation and modeling of processes for reliable products; the management of uncertainties along value chains; as well as sustainable solutions for plastics, their recycling and bio-based construction.

“At Fraunhofer LBF, we are making consistent progress in the development of virtual, real and cyber-physical methods.”

We have set ourselves the goal of consistently aligning our projects and R&D services with the market. In doing this, we have combined them into six clusters within the current annual report: **Ultra Lightweight Design, Digital Engineering, Smart Solutions, Circular Economy, Future Mobility Research and Reliability Design**. Through these thematic clusters, we present you with the results of selected research projects and how they support our customers in mobility, mechanical and plant engineering, plastics chemistry and energy – as well as medical technology.



Radnabenmotor: Die im Fraunhofer LBF entwickelte Abdeckung reduziert Schallemissionen, stützt und schützt den Rotor.

Wheel hub motor: The cover developed at the Fraunhofer LBF reduces noise emissions, supports and protects the rotor.

Highlights of our work in the area of **Ultra Lightweight Design** include the L-LBF project, in which we have pooled expertise in materials, design, validation and manufacturing processes to implement a radically weight-optimized electric cargo bike for micromobility. In addition to the significant, cost-effective lightweight optimization of the metallic frame structure and wheels, as well as the development of new coating materials and smart sensor technology – plus the implementation of a new battery and energy management system – we have created an active stabilization system to increase steering ability and ride safety. The results of this project are being incorporated into a recently-launched collaborative project to develop an ultralight, electric drone glidecopter concept with autonomous flight for just-in-time logistics networks.

Research work still underway in the **Future Mobility** topic area is focusing on the alternative electrification of commercial vehicle powertrains. As part of the HANNAe project, we are working on the implementation of a highly efficient, generator-electric drive for medium-duty commercial vehicles. For another Future Mobility project, we are working with industry partners to develop a concept for determining the condition of components in an electrified truck trailer that are relevant to driving dynamics and safety.

It has been possible to make biopolymers suitable for use in sophisticated technical plastic components by using targeted additives, for the increasing shift from a linear to a **Circular Economy** of polymers. In some cases, these are superior to conventional plastics in terms of performance and service life. The knowledge gained is currently being incorporated into a lighthouse project dedicated to the processing of waste streams containing plastics. The resulting patents should help our partners with their product developments.

In the topic area of **Smart Solutions**, we are working on several projects regarding the issue of programmable materials, smart sensor technology and metamaterials. We use these to monitor and influence the vibroacoustic and dynamic behavior of lightweight structures. In doing so, we have succeeded in expanding and upgrading passive structural functions by using digital functions.

Projects in **Digital Engineering** and **Reliability Design** are dealing with new modeling, simulation and development approaches for describing and optimizing vibration-related properties as well as the design and lifetime assessment of components and systems. We have also developed new cyber-physical methods and tools to achieve early validation of product functions during development. Last but not least, a new laboratory was established last year aimed at investigating and developing additively manufactured components designed for operational stability. We want to contribute to reliably opening up this new manufacturing technology for load-bearing products.

Even though it was a challenging year, we look can back on what we have achieved together with pride and extend our special thanks for your trust and how well and intensely we have worked together. We will continue doing this in 2021!

The team at Fraunhofer LBF are looking forward to actively shaping this path with innovative product solutions. We hope you have insightful and stimulating read.

Prof. Dr. Tobias Melz

Kuratorium.

Board of trustees.

Vielen
Dank!

Sven Hamann
(Vorsitzender)
Robert Bosch
GmbH, Renningen

Dr. Patrick Kim
Bridge Builder,
Kassel

Dr. Kurt Pötter
BMW Group,
München

Dr. Peter Klose
Valantic Supply Chain
Excellence AG

Florian Sprenger
Dr. Ing. h.c. F.
Porsche AG,
Weissach

Rainer Salomon
FOSTA – Forschungs-
vereinigung
Stahlanwendung e.V.,
Düsseldorf

Dr. Ralf Kunkel
Audi AG,
Ingolstadt

Prof. Dr.
Tim Hosenfeldt
Schaeffler Technologies
AG & Co. KG,
Herzogenaurach

MinR Norbert
Michael Weber
Bundesministerium
der Verteidigung,
Bonn

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

Prof. Dr. Mathias
Glasmacher
Diehl Stiftung & Co. KG,
Nürnberg

Dr. Xenia Beyrich-Graf
BASF SE, Ludwigshafen

Dr. Ferdinand
Hollmann
Deutsche Forschungs-
gemeinschaft,
Bonn

Prof. Dr.
Matthias Oechsner
Technische Universität
Darmstadt, Darmstadt

Das Fraunhofer LBF in Zahlen 2020.

Fraunhofer LBF in numbers 2020.

84 Mitarbeit in
internationalen
Fachausschüssen
und Gremien

Work in international expert
committees and panels

39 Akademische Abschlüsse
(Promotionen, Masterarbeiten)
Academic examinations

16 Neue Patente
New patents

Personal

2020 waren am Institut insgesamt 373 Mitarbeitende beschäftigt (inkl. Hiwis, Azubis, Praktikanten, Diplomanden und Leiharbeitnehmer). Zusätzlich waren 40 Personen am assoziierten Lehrstuhl Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM der Technischen Universität Darmstadt tätig.

13 Vorlesungen
Lectures

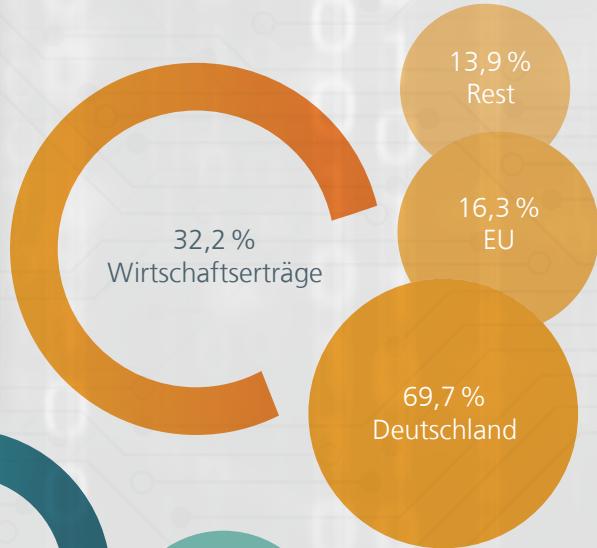
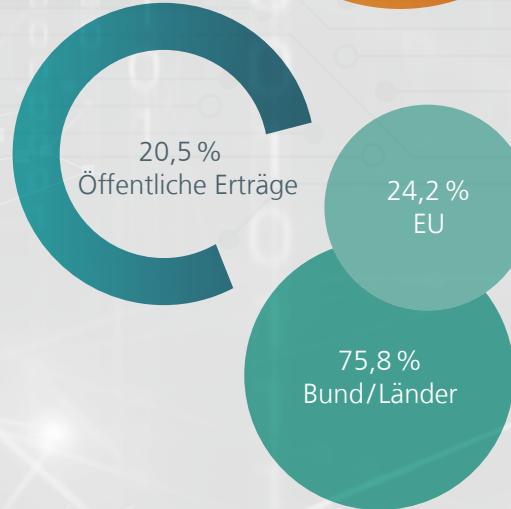
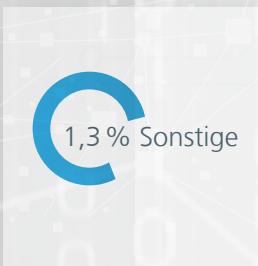
77 Wissenschaftliche
Veröffentlichungen
Scientific publications

495 Presseerwähnungen
Media coverages

Personnel

In 2020 the institute had 373 employees (including research assistants, apprentices, trainees, graduate students and borrowed workers). In addition 40 persons were employed by Research group System Reliability, Adaptive Structures, and Machine Acoustics SAM at Technische Universität Darmstadt.

28,06 Millionen €
Betriebshaushalt



Betriebshaushalt 2020 | Operational budget [T €]

Wirtschaftserträge	9.048
Öffentliche Erträge	5.765
Sonstige Erträge	373
Interne Programme	3.670
Institutionelle Förderung (Grufi)	9.204
Summe total	28.060

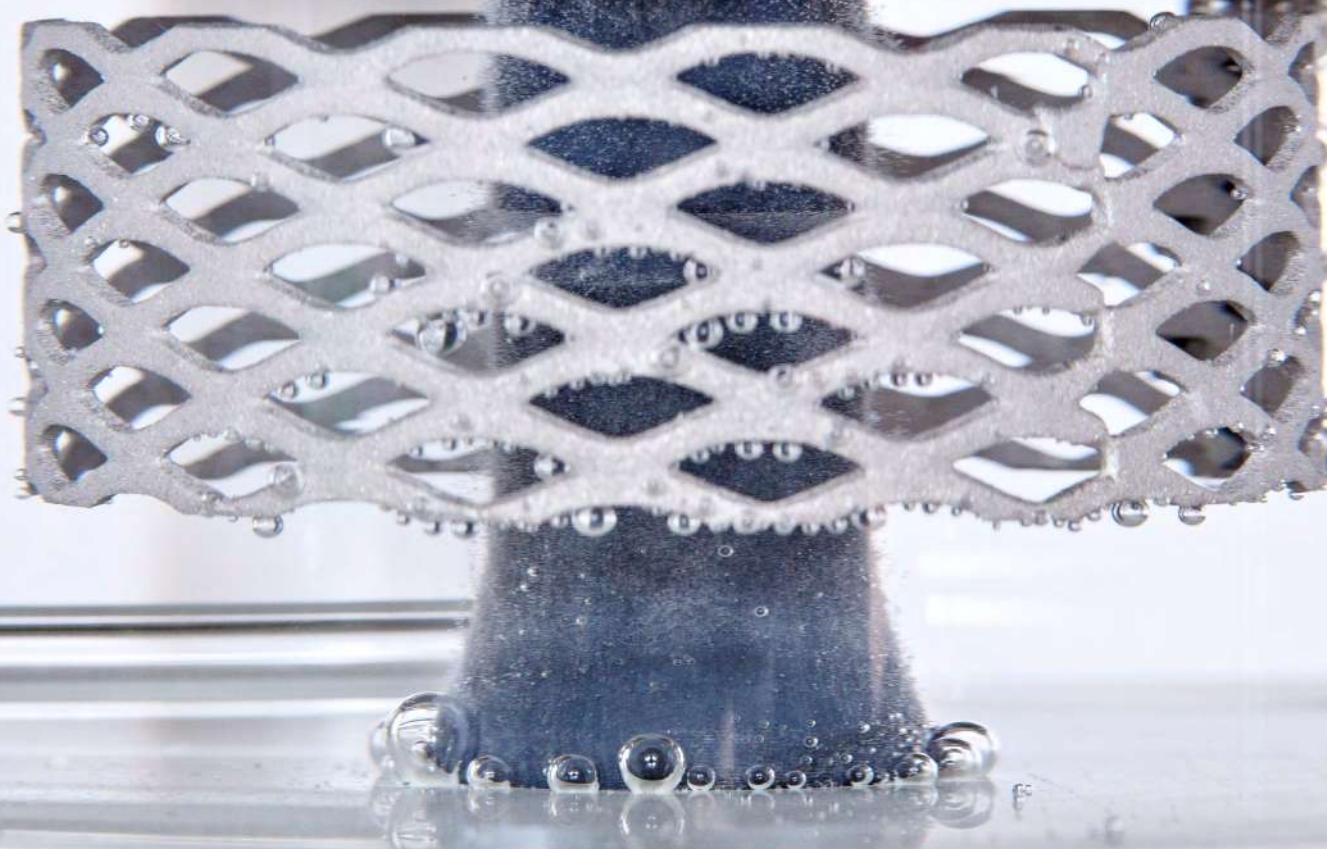
Investitionen | Investments [T €]

aus institutioneller Förderung	1.483
Projekinvestitionen	297
Summe total	1.780

Im Fraunhofer LBF werden Lösungen
für die Wasserstoffwirtschaft entwickelt.
Fraunhofer LBF develops solutions
for the hydrogen economy.

**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
jahresbericht](http://www.lbf.fraunhofer.de/jahresbericht)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
annual-report](http://www.lbf.fraunhofer.de/annual-report)



Leistungsfelder.

Areas of Expertise.

In unseren zentralen Leistungsfeldern erarbeiten wir innovative Lösungen für die Märkte von morgen, maßgeschneidert für unsere Kunden, systematisch vom Produktdesign bis zur Nachweisführung.

Digital Engineering: Die Produktentwicklung der Zukunft ist schnell, effizient, flexibel und digital. Am Fraunhofer LBF erarbeiten wir innovative Modellierungs- und Simulationslösungen von der Produktentstehung über die Nutzung bis zum End of Life.

Smart Solutions: In einem Umfeld, in dem Wert schöpfungsketten, Produktionsabläufe sowie Materialien und Bauteile bis an die Grenzen optimiert werden, entwickeln wir intelligente Monitoringlösungen, um Schäden zu vermeiden, Wartungsmaßnahmen zu optimieren und ungeplante Ausfälle zu minimieren.

Reliability Design: Die zuverlässige Funktion ist seit jeher eine Grundanforderung an Produkte. Wir entwickeln neue Methoden und Werkzeuge zur zuverlässigen Gestaltung von Materialien, Bauteilen und Systemen.

Circular Economy: Kunststoffmaterialien besitzen ein großes weiteres Einsatzpotenzial. Damit dieses auch umweltschonend genutzt werden kann, arbeiten wir intensiv an Lösungen für ressourceneffiziente, nachhaltige und biobasierte Kunststoffe.

Ultra Lightweight Design: Leichtbau ist eine der wichtigsten Querschnittstechnologien der Zukunft. Mit unserer Forschung gehen wir bewusst immer stärker an die Grenzen des Machbaren und entwickeln eigenschafts optimierte, besonders leichte Strukturlösungen.

Future Mobility: Nachhaltig, vernetzt und autonom wird die Mobilität in der Zukunft sein. Mit unseren Kernkompetenzen im Leichtbau, dem Reliability Design und den Werkzeugen des Digital Engineering gestalten wir innovative Fahrzeugkonzepte.

In our areas of expertise, we systematically develop innovative solutions for the markets of tomorrow, from product design to proof testing, tailor-made for our customers.

Digital Engineering: The product development of the future is fast, efficient, flexible and digital. In Fraunhofer LBF, we develop innovative modeling and simulation solutions from product creation and use to the end of life.

Smart Solutions: In an environment in which value chains, production flows, as well as materials and components are being optimized as much as possible, our researchers are developing smart monitoring systems to prevent damage, limit the need for maintenance and minimize unplanned failures.

Reliability Design: Reliable functioning has always been a key requirement for products. We continuously develop new methods and tools for the reliable design of materials, components and systems.

Circular Economy: Plastic materials have a large amount of untapped potential applications. We are intensively working on solutions for resource-efficient, sustainable and bio-based plastics so that they can be used in an environmentally friendly way.

Ultra Lightweight Design: Lightweight construction is one of the most important cross-sectional technologies of the future. With our research, we are consciously pushing the boundaries of what is possible ever further and developing particularly lightweight structural solutions.

Future Mobility: Sustainable, networked and autonomous – these features are the hallmarks of future mobility. With our core competencies in Lightweight Construction, Reliability Design and Digital Engineering tools, we design innovative vehicle concepts.

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Digital Engineering.

Die industrielle Wertschöpfung ist geprägt von immer kürzeren Produktlebenszyklen bei gleichzeitig steigender Produktrivalität mit teils individuell maßgeschneiderten Eigenschaften und zudem verteilter Entwicklung, Realisierung und Nutzung der Produkte. Dazu kommen steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz ebenso wie eine höhere funktionale Komplexität von Systemen bei unterschiedlichen Betriebs- und Nutzungsszenarien. Vor diesem Hintergrund geraten Produktentwicklungsprozesse immer weiter unter Effizienz-, Kosten- und Flexibilisierungsdruck, z.B. durch die Reduktion verfügbarer prototypischer Systeme oder den steigenden Bedarf nach frühzeitigen, entwicklungsbegleitenden Entscheidungs- und Absicherungsprozessen. Um dennoch die Anforderungen an Qualität, Sicherheit und Zuverlässigkeit der Produkte zu gewährleisten, bedarf es daher alternativer Entwicklungswerkzeuge und realitätsnaher digitaler Modelle. Das Ziel dabei ist es, durch geeignete Modellbildungen die Prognosegüte des tatsächlichen Bauteil- und Systemverhaltens so zu erhöhen, dass u.a. die Anzahl prototypischer Systeme reduziert und physische Validierungen durch virtuelle Analysen ergänzt und optimiert werden können.

»Wir entwickeln die Werkzeuge für Ihre effiziente, digitale Produktentwicklung.«

Im Leistungsfeld **Digital Engineering** entwickeln Forscherinnen und Forscher neue Methoden und, wenn nötig, kundenspezifisch maßgeschneiderte Werkzeuge, welche die virtuelle Abbildung von Entwicklungs-, Absicherungs- oder Validierungsprozessen zum Ziel haben. Innovative Modellierungs- und Simulationslösungen ermöglichen z.B. die Berücksichtigung erweiterter funktionaler Eigenschaften in Kunststoffbauteilen und in mechanischen Systemen bereits im frühen Gestaltungs- und Realisierungsprozess. Gleichzeitig werden Nutzungsdaten aus der Praxis, der Fertigung und dem Betrieb zur validierten Modellbildung und Simulation integriert. Hierdurch können Einflüsse, Belastungen oder Schädigungen auf Material-, Bauteil- und Gesamtsystemebene realitätsnah digital abgebildet werden. So lässt sich bereits frühzeitig im Gestaltungs- und Entwicklungsprozess die mögliche Variantenvielfalt für eine spätere Produktrealisierung minimieren. In Verbindung mit neuen cyber-physischen Methoden und Tools kann darüber hinaus eine durchgängige, entwicklungsbegleitende Validierung von Produkten und Produktfunktionen auf Bauteilebene realisiert werden. Durch die Ergänzung und den zielgerichteten Ersatz experimenteller Analysen und durch numerische Methoden und Absicherungsprozesse können so knapper werdende Entwicklungskapazitäten effizient ausgeschöpft werden.

**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
digital-engineering](http://www.lbf.fraunhofer.de/digital-engineering)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
digital-engineering-en](http://www.lbf.fraunhofer.de/digital-engineering-en)





Industrial value creation is characterized by ever shorter product life cycles and, at the same time, increasing product diversity – sometimes with individually tailored properties – as well as the distributed development, realization and use of products. In addition, there are increasing requirements for sustainability and resource efficiency, as well as increased functional complexity of systems in different operating and usage scenarios. Against this background, product development processes are coming under increasing pressure in terms of efficiency, costs and flexibility, e.g. due to the reduction of available prototype systems or the increasing need for early decision-making and safeguarding processes to accompany development. Alternative development tools and realistic digital models are therefore needed to ensure that the requirements for quality, safety and reliability of the products can still be met. The aim here is to increase the predictive quality of the actual component and system behavior through suitable modeling in such a way that, among other things, the number of prototype systems can be reduced and physical validations can be supplemented and optimized by virtual analyses.

In the **Digital Engineering** area of expertise, researchers are developing new methods and, where necessary, customized tools that aim to virtually map development, safeguarding and validation processes. For instance, innovative modeling and simulation solutions allow for extended functional properties in plastic components

and in mechanical systems to be considered as early on as the early design and realization process. At the same time, usage data from practice, production and operation are integrated for validated modeling and simulation. This allows influences, stresses or damage at the material, component and overall system level to be realistically digitally reproduced. In this way, the number of possible variants for the later realization of a product can be reduced to a minimum at an early stage of the design and development process. In conjunction with new cyber-physical methods and tools, it is also possible to implement end-to-end validation of products and product functions at the component level throughout the development process. Increasingly scarce development capacities can be utilized efficient by supplementing and replacing specific experimental analyses, as well as through numerical methods and validation processes.

“We develop the tools to make your digital product development efficient.”

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Digital Engineering.

**WISSENSMANAGEMENT, ONTOLOGIE,
AUSLEGUNG VON KUNSTSTOFFBAUTEILEN****Vom Realversuch zur virtuellen Auslegung
von Kunststoffbauteilen – Ontologien
für ein neues Wissensmanagement.**

Kunststoffbauteile werden in ihrem Verhalten entscheidend von ihrer eigenen Vergangenheit geprägt. Ein umfassendes Verständnis der Wirkzusammenhänge von Prozessen und Eigenschaften im Produktlebenszyklus ist die Voraussetzung für eine zuverlässige Produktauslegung. Im Projekt DMD4Future wurde eine strukturierte Basis geschaffen, um sämtliche Daten und Prozesse der Kunststoffbauteilauslegung in einer sogenannten Ontologie abzubilden und Wirkzusammenhänge zu beschreiben. Dies ermöglicht im nächsten Schritt über z. B. maschinelles Lernen die Identifikation von neuen Wechselwirkungen und die Ableitung von neuen Leichtbaupotenzialen.

**KNOWLEDGE MANAGEMENT, ONTOLOGY,
DESIGN OF PLASTIC COMPONENTS****From real testing to the virtual design of
plastic components – ontologies for new
knowledge management**

The behavior of plastic components is significantly influenced by what they have gone through in the past. A comprehensive understanding of the interactions between processes and properties during the product life cycle is a prerequisite for reliable product design. In the DMD4Future project, a structured basis was created to map all data and processes in plastic component design within a so-called "ontology" and to describe cause-effect relationships. The next step of this will allow new interactions to be identified and new potential for lightweight design to be ascertained, e.g. via machine learning.

**FUTURE MOBILITY, HV BATTERIE, FMEA****Neue Methoden zur Absicherung von elektrifizierten Antriebsstrang-Komponenten.**

Im Fokus des EU-Projekts »OBELICS« standen für das Fraunhofer LBF zum einen die experimentelle Bewertung des Schwingungsverhaltens von HV-Batterie-Komponenten unter verschiedenen Temperatur- und Ladezuständen, zum anderen die Entwicklung einer probabilistischen FMEA mit der Möglichkeit, die Ergebnisse von Multiskalen-Simulationen ab Zellebene zu implementieren. Die entwickelten Methoden gestatten es, zukünftig die Zuverlässigkeit und Sicherheit von Antriebsstrang-Komponenten effizienter zu bewerten und damit eine zeit- und kostenoptimierte Entwicklung zu unterstützen.

FUTURE MOBILITY, HV BATTERY, FMEA**New methods for safeguarding electrified powertrain components.**

Although the EU "OBELICS" project for Fraunhofer LBF focused on experimental evaluation of the vibration behavior of HV battery components under different temperature and charging conditions, it also investigated the development of a probabilistic FMEA with the option of implementing the results of multiscale simulations from a cellular level. The methods developed will allow the reliability and safety of powertrain components to be evaluated more efficiently in the future, thereby supporting time and cost-optimized development.



KUNSTSTOFFFALTERUNG, LEBENSDAUER

Lebensdauerabschätzung für Kunststoffe durch die Verknüpfung von Experiment und Modellierung.

Kunststoffe sind im Alltag wechselnden Umwelt-einflüssen und komplexen Belastungskollektiven ausgesetzt. Für Industriepartner werden auf die jeweilige Anwendung zugeschnittene Prüfmethoden und Prüfprotokolle entwickelt. Diese Kenntnisse fließen in Software-Tools ein. Durch die Kopplung der Modelle und deren Parametrisierung durch Alterungsexperimente können bereits in der Entwicklungsphase praxisnahe Belastungsszenarien modelliert und bewertet werden. Das verkürzt Entwicklungszeiten und mindert Ausfall- und Haftungsrisiken.

LEICHTBAU, DIGITALER ZWILLING

Automatische FE-Berechnungen eines digitalen parametrisierten Elektromotorberechnungsmodells.

Die Elektromobilität gilt als Schlüssel zur klimafreundlichen Mobilität und als wichtiger Baustein der Energiewende. Das Projekt »fabulous« beschäftigt sich mit funktionsintegrierten Antriebsbauteilen aus Hochleistungs-Verbundstoffen. Neben der Prozess- und Materialentwicklung wird ein Leichtbau-Radnabenmotor entwickelt. Ziel sind Effizienzsteigerung sowie die Gewichtsreduktion von Radnabenmotoren durch die Substitution von Metallkomponenten mittels neu entwickelter Hochleistungsmaterialien.

ERSATZVERSUCH, BETRIEBSFESTIGKEITSERPROBUNG

Teilstrukturen realitätsnah prüfen mit einstellbaren Anbindungselementen

Ausführliche Informationen auf **Seite 18**.

PLASTIC AGING, SERVICE LIFE

Estimating the service life of plastics by linking experimentation and modeling.

Plastic components are exposed to changing environmental influences and complex load collectives while in operation. Test methods and test protocols tailored to the relevant application being developed for industrial partners. This knowledge has been incorporated into software tools for predicting property changes. By linking the models and parameterizing them through aging experiments, practical load scenarios can be modeled and evaluated as early as the development phase. This makes it possible to shorten development times and reduce the risk of failure and incurring liability during use.



LIGHTWEIGHTING, DIGITAL TWIN

Automatic FE calculations of a digital parametric electric motor calculation model.

Electromobility is regarded as the key to climate-friendly mobility and as an important building block for energy transition. The "fabulous" project is concerned with functionally integrated drive components made of high-performance composites. As well as the process and material development, a lightweight wheel hub motor is being developed. The aim of the project is to increase the efficiency and reduce the weight of wheel hub motors by substituting metal components with newly-developed high-performance materials.



SUBSTITUTIONAL TEST, STRUCTURAL DURABILITY TEST

Realistic testing of substructures with adjustable connection elements.

See **Page 18** for detailed information.





ERSATZVERSUCH, ANBINDUNGSSTEIFIGKEIT, BETRIEBSFESTIGKEITSERPROBUNG

Teilstrukturen realitätsnah prüfen mit einstellbaren Anbindungselementen.

Realistic testing of substructures with adjustable connection elements.

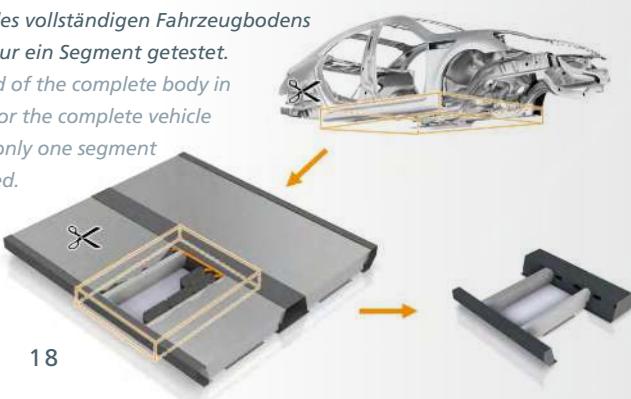
Am Ende einer erfolgreichen Produktentwicklung steht der Nachweis der Produkteignung. Ein oft aufwändiger Aspekt ist dabei der experimentelle Nachweis der Lebensdauer unter Betriebsbedingungen. Die hier ermittelten Schwachstellen werden also erst sehr spät erkannt, was zu erheblichen Projektverzögerungen führen kann. Im Fraunhofer LBF wurden methodische Kompetenzen der Lebensdauerbewertung mit Technologien der Schwingungstechnik zusammengeführt und weiterentwickelt. Dies erlaubt einen schnelleren erfolgreichen Abschluss der Produktvalidierung.

Einstellbare Interfaces ersetzen die umgebende Struktur

Am Beispiel eines Fahrzeugbodens für ein Elektrofahrzeug, welcher die Batteriezellen aufnimmt, konnte die Integration und Demonstration eines Workflows zur Ableitung und Realisierung einer realitätsnahen Erprobung gezeigt werden. Diese Bodenstruktur muss große mechanische Belastungen ertragen, etwa die Karosserieverwindung, die sich bei einer Schlaglochüberfahrt ergibt. Im Demonstrationsprüfstand wurde dafür eine realitätsnahe Bauteilbeanspruchung erzeugt, obwohl statt der gesamten Karosserie nur eins der sechs Segmente der Bodenstruktur für die Prüfung zur Verfügung steht.

Anstatt der vollständigen Rohkarosserie oder des vollständigen Fahrzeugbodens wird nur ein Segment getestet.

Instead of the complete body in white or the complete vehicle floor, only one segment is tested.



Modellbasierter digitaler Prozess zur Ableitung des Ersatzversuchs

In einem numerischen Modell der Gesamtstruktur wird ermittelt, welche Beanspruchung im Prüfling während des Betriebs auftreten würde. Diese wird neben der äußeren Belastung auch durch die Steifigkeit der Umgebungsstruktur beeinflusst, welche im Prüfaufbau durch Lagerpunkte mit einstellbarer Steifigkeit nachgebildet wird. Mittels eines numerischen Modells des Prüfaufbaus wird ein, hinsichtlich Aufwand und Nutzen optimiertes, Prüfstandssetup identifiziert.

Einstellbare Lager und programmierbare Interfaces*

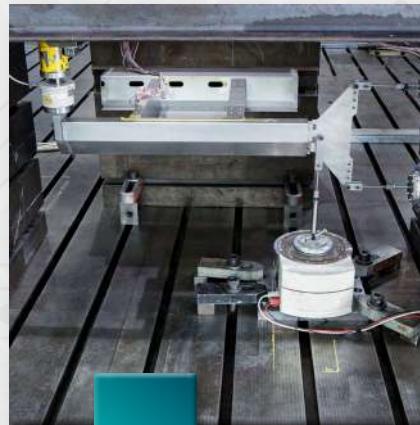
Durch die Verwendung von einstellbaren Lagern oder programmierbaren Interfaces wird eine schnelle Parametervariation im physischen Versuch ohne Umbauarbeiten möglich. Es muss lediglich die gewünschte Steifigkeit am Lager eingestellt werden oder das numerische Ziel-Modell des nachzubildenden Fahrzeuges geladen werden. Die Steifigkeiten von einstellbarem Lager und mHIL-Interface sind zwischen 0,4 kN/mm und »starr« (> 60 kN/mm) stufenlos einstellbar.

Deutliche Beschleunigung von Produkt-Validierungsprozessen

Die Prüfung von Teilstrukturen mit einstellbaren Steifigkeitsrandbedingungen ermöglicht es, Bauteile und Baugruppen früher im Produktentwicklungsprozess zu validieren. Auch ist auf Teilstrukturebene die Prüfung größerer Stückzahlen möglich, was zu einer besseren statistischen Absicherung der Lebensdauer führt. Die Verstellbarkeit der Ersatzsteifigkeitselemente erlaubt zudem die einfache Prüfung der Baugruppe für verschiedene Varianten der Umgebungsstruktur, etwa von unterschiedlichen Karosserieversionen. Insgesamt ermöglichen die einstellbaren Anbindungselemente somit einen schnelleren erfolgreichen Abschluss der Produktvalidierung.

* www.hystestsolutions.com

Realisierter Prüfstand mit Nachbildung der z- und x-Steifigkeit, sowie der Biegesteifigkeit um y.
Realized testing bench with simulation of z- and x-stiffness, as well as bending stiffness around y.



Detaillierte Informationen online:
www.lbf.fraunhofer.de/teilstrukturen
Detailed information online:
www.lbf.fraunhofer.de/partial-structures



Successful product development ends with validation of the product's suitability. An often time-consuming aspect of this is the experimental verification of service life under operating conditions. The weaknesses identified here are only detected at a very late stage, which can lead to considerable project delays. At Fraunhofer LBF, methodological competencies in service life assessment have been combined with technologies in vibration engineering and further developed. This enables product validation to be successfully completed more quickly.

Adjustable interfaces that replace the surrounding structure

Using the example of a vehicle floor of an electric vehicle, which accommodates the battery cells, the integration and demonstration of a workflow for developing and realizing a realistic test could be shown. This floor structure must endure large mechanical loads, such as the twisting of the bodywork that results from driving over a pothole. In the demonstration testing bench, a realistic component load was generated for this purpose. However, only one of the six segments of the floor structure is available for testing, as opposed to the entire body.

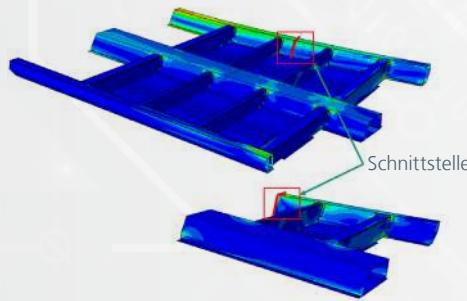
Model-based digital process for developing the substitutional test

A numerical model of the overall structure is used to determine the strain that would occur in the test specimen during operation. In addition to the external load, this is also influenced by the stiffness of the surrounding structure, which is simulated in the test setup by bearing points with adjustable stiffness. This is followed by a digital model of the test setup with adjustable boundary conditions. Here, there is also a cost-benefit analysis.

Adjustable mounts and programmable interfaces*

The use of adjustable mounts and programmable interfaces allows for the parameters to be varied quickly

without modification work. It is only necessary to set the desired stiffness on the mount or load the numerical target model of the vehicle to be simulated. The stiffnesses of adjustable mount and mHIL interface are continuously adjustable between 0.4 kN / mm and "rigid" (> 60 kN/mm).



FE-Analyse zur Ermittlung der mechanischen Randbedingungen für den Prüfling.
FE analysis to determine the mechanical boundary conditions for the test specimen.

Significant acceleration of product validation processes

Testing substructures with adjustable stiffness boundary conditions makes it possible to validate components and assemblies earlier in the product development process. It is also possible to test larger quantities at the substructure level, which leads to better statistical validation of service life. The adjustability of the equivalent stiffness elements also enables easy testing of the assembly for different variants of the surrounding structure, such as different body versions. Overall, the adjustable connecting elements therefore enable successful completion of product validation at a faster pace.

ANSPRECHPARTNER | CONTACT

Dr. Volker Landersheim

+49 6151 705-475

volker.landersheim@lbf.fraunhofer.de

Jan Hansmann

+49 6151 705-8366

jan.hansmann@lbf.fraunhofer.de

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Smart Solutions.

Intelligente Sensorik zur gezielten Erfassung und Bewertung großer Datenmengen, die zunehmende Vernetzung, die Funktionsverteilung und die echtzeitfähige, systemübergreifende Datenkommunikation sowie die Funktionssteigerung und Mechatronisierung, all dies sind Treiber für die Digitalisierung moderner Produkte. Durch künstliche Intelligenz und Data-Based-Services können nicht nur Prozessketten in der Produktion analysiert, vereinfacht und optimiert werden. Sie ermöglichen auch eine an die aktuellen Umgebungs- und Einsatzbedingungen angepasste Strukturüberwachung sowie eine aktive Beeinflussung der z. B. schwingungstechnischen Eigenschaften von Maschinen und Fahrzeugen.

»Neuartige Materialien und KI-basierte Lösungen für intelligente Zustandsüberwachung und Lärmbekämpfung.«

Im Leistungsfeld **Smart Solutions** erforschen und entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Hard- und Software-Lösungen, u. a. basierend auf Modellierungsansätzen des Digital Engineering, für Smart Maintenance-Anwendungen, zur Prognose und Vermeidung von ungeplanten Maschinen- und Systemausfällen und zur Steigerung technischer Verfügbarkeiten. Ein weiteres Thema ist die gezielte Beeinflussung schwingungstechnischer Eigenschaften von Strukturen in mobilen Systemen, wie Fahrzeugen sowie in Maschinen und Anlagen. In beiden Fällen kommen Methoden des maschinellen Lernens zur erweiterten Analyse wachsender Datenmengen in Verbindung mit intelligenten Sensoren und Sensornetzwerken sowie integrierter Aktorik zum Einsatz. Noch weiter gehen in diesem Zusammenhang die Arbeiten mit sogenannten Metamaterialien. Diese haben hohes Potenzial zur strukturintegrierten Beeinflussung und Einstellung z. B. akustischer oder strukturdynamischer Eigenschaften, um unerwünschte oder schädliche Schwingungen und Schallabstrahlung zu reduzieren oder alternativ einzustellen. Die in den Arbeiten angestrebte Verknüpfung von den in der Zuverlässigkeit, Schwingungstechnik und Werkstofftechnik etablierten Methoden mit neuen datengetriebenen, digitalen Ansätzen ist zudem ein wichtiger Baustein für die Entwicklung und Realisierung intelligenter Leichtbaustrukturen.

**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
smart-solutions](http://www.lbf.fraunhofer.de/smart-solutions)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
smart-solutions-en](http://www.lbf.fraunhofer.de/smart-solutions-en)





Intelligent sensor technology for the targeted collection and assessment of large amounts of data, increasing networking, function distribution and real-time, cross-system data communication, as well as function enhancement and mechatronization, are all drivers of digitization in modern products. Artificial intelligence and data-based services not only enable process chains in production to be analyzed, simplified and optimized. In fact, they also allow for structural monitoring that is adapted to current environmental and operating conditions, as well as actively influencing factors such as the vibration characteristics of machines and vehicles.

In the **Smart Solutions** area of expertise, scientists are researching and developing hardware and software solutions, based, among other things, on digital engineering modeling approaches, for smart maintenance applications, for predicting and preventing unplanned machine and system failures, and for increasing technical availability. Another topic is the targeted influencing of the vibration-related properties of structures in mobile systems such as vehicles and in machines and systems. In both cases, machine learning methods are used for the advanced

“Innovative materials and AI-based solutions for intelligent condition monitoring and noise control.”

analysis of growing volumes of data, in conjunction with intelligent sensors and sensor networks, as well as integrated actuator technology. In this context, work with so-called metamaterials is going even further. These have high potential for the structurally-integrated influencing and adjustment of qualities such as acoustic or structural dynamic properties for the purpose of the reduction or alternative adjustment undesirable or harmful vibrations and sound radiation. The linking of methods established in relation to reliability as well as in vibration and materials engineering with new data-driven, digital approaches that the work aims to achieve is moreover an important building block for the development and realization of intelligent lightweight structures.

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Smart Solutions.

**BETRIEBSFESTIGKEIT, STRUKTURDYNAMIK****Optimierung dynamisch belasteter Leichtbaustrukturen.**

In allen Bereichen des Maschinen- und Anlagenbaus und der Mobilitätsbranche steigen die Anforderungen an das Schwingungsverhalten von Bauteilen und Strukturen. Gleichzeitig müssen Produkte im Sinne des Leichtbaus optimiert werden und dennoch eine hinreichende Lebensdauer garantieren. Die Optimierung der Strukturdynamik einerseits und die Bewertung der Lebensdauer andererseits werden in der Regel voneinander entkoppelt betrachtet. Das Fraunhofer LBF entwickelt in dem Forschungsprojekt DuraDyn eine Methodik zur ganzheitlichen, numerischen Optimierung von Leichtbaustrukturen unter Berücksichtigung der Strukturdynamik und der Lebensdauer, von der besonders mittelständische Unternehmen profitieren können.

STRUCTURAL DURABILITY, STRUCTURAL DYNAMICS**Optimization of dynamically loaded lightweight structures.**

The demands placed on components and structures in relation to vibration behavior are increasing in all areas of mechanical and plant engineering, as well as the mobility industry. At the same time, products must be optimized in terms of lightweight construction, while still ensuring sufficient service life. The optimization of structural dynamics on the one hand and the evaluation of service life on the other are usually considered separately from one-another. As part of the DuraDyn research project, Fraunhofer LBF is developing a methodology for the holistic, numerical optimization of lightweight structures, taking structural dynamics and service life into account, from which medium-sized companies in particular will be able to benefit.

**KÜNSTLICHE INTELLIGENZ, SCHWINGUNGSMINDERUNG, GENETISCHE ALGORITHMEN****KI optimiert Schwingungen.**

Technische Systeme werden komplexer und sollen gleichzeitig immer leichter werden. Die schwingungstechnische Optimierung von leichten Strukturen kann schnell derart komplex werden, dass sie mit konventionellen Methoden nicht mehr beherrschbar ist. Der Lösungsraum wird sehr groß und verschiedene schwingungstechnische Maßnahmen interagieren miteinander, was zu unerwarteten Effekten führen kann. Das Fraunhofer LBF bietet Unternehmen, die schwingungstechnische Probleme mit Vibrationen, Lärm oder Rütteln an Maschinen haben, eine Komplettlösung basierend auf evolutionären Algorithmen.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, VIBRATION REDUCTION, GENETIC ALGORITHMS**AI optimizes vibrations.**

Technical systems are becoming more complex while also being expected to become lighter and lighter. The vibration optimization of lightweight structures can quickly become so complex that it can no longer be managed using conventional methods. The solution space becomes very large and different vibration engineering measures interact with each other, which can lead to unexpected effects. Fraunhofer LBF offers a comprehensive solution to companies that have vibration-related problems with vibrations, noise or shaking of machines that is based on evolutionary algorithms.



SCHWINGFESTIGKEIT, INTELLIGENTE SCHRAUBE

Drahtlose, energieautarke Fernüberwachung von Schraubverbindungen.

Schraubenverbindungen, insbesondere bei sicherheitsrelevanten Verbindungen, müssen eine zuverlässige Befestigung sicherstellen und sind regelmäßig zu inspizieren. Durch die permanente energieautarke und drahtlose Fernüberwachung können Veränderungen der Belastung von komplexen, verschraubten Strukturen frühzeitig erkannt, bewertet und somit die Zuverlässigkeit der Strukturen wesentlich erhöht werden (digitale Vernetzung von Systemen). Offshore-Strukturen, Windenergieanlagen, Brücken, Gebäudefassaden u. a. können profitieren.

FATIGUE STRENGTH, SMART SCREW CONNECTION

Wireless, energy-autonomous remote monitoring of screw connections.



Screw connections must ensure reliable fastening, especially for connections that help ensure safety, and must be inspected regularly. Permanent energy-autonomous and wireless remote monitoring makes it possible to detect changes in the load placed on complex screw-fastened structures that are relevant to safety at an early stage, evaluate the changes and thus significantly increase the reliability of such structures (through the digital networking of systems). Offshore structures, wind turbines, bridges, building facades e.g. may benefit.

METALLKISSEN, SCHWINGUNGSTILGER

Weich wie Gummi, beständig wie Metall.

Metallkissen sind Formteile aus einem Drahtgestrick. Ihre elastischen Eigenschaften sind mit denen von Elastomerbauteilen vergleichbar. Sie bestehen vollständig aus Metall, sind hinsichtlich Temperatur und Medieneinflüssen sehr beständig und daher für Applikationen geeignet, in denen Elastomere aufgrund inhärenter Limitationen nicht eingesetzt werden können. Das Fraunhofer LBF befasst sich mit der experimentellen Analyse und numerischen Modellierung der dynamischen Eigenschaften von Metallkissen in einem weiten Frequenzbereich. Hochgradig flexible Lösungen für individuelle Fragestellungen sind das Ergebnis.

METAL CUSHION, VIBRATION ABSORBER

As soft as rubber, as durable as metal.



Metal cushions are molded parts made of a woven wire mesh which have elastic properties and are therefore comparable to elastomeric components. Given that they are made entirely of metal, they are very resistant with regard to temperature and the influence of various media, making them particularly well-suited to applications in which elastomers cannot be used due to their inherent limitations. Fraunhofer LBF has put great commitment into the experimental analysis and numerical modeling of the dynamic properties of metal cushions in a wide frequency range. This has resulted in highly-flexible and customized solutions for individual problems.

PASSIVE SCHWINGUNGSMINDERUNG

Vibroakustische Metamaterialien zur Beeinflussung von Akustik und Strukturdynamik.

Ausführliche Informationen auf **Seite 24**.

PASSIVE VIBRATION REDUCTION MEASURES

Vibroacoustic metamaterials for influencing acoustics and structural dynamics.

See Page 24 for detailed information.





PASSIVE SCHWINGUNGSMINDERUNGSMASSNAHMEN, STRUKTURDYNAMIK

Vibroakustische Metamaterialien zur Beeinflussung von Akustik und Strukturdynamik.

Vibroacoustic metamaterials for influencing acoustics and structural dynamics.

Im Projekt »MetaVib« werden vibroakustische Metamaterialien als neuartige Schwingungsminderungsmaßnahme erforscht und entwickelt. Sie eignen sich zur Anwendung in verschiedensten Branchen, Maschinenbau, Automotive oder Raumfahrt. Am Fraunhofer LBF werden Arbeiten im Bereich Konzeptionierung, numerische und experimentelle Charakterisierung durchgeführt, um die Forschungslücke im systematischen Auslegungsprozess zu schließen.

Wie wirken vibroakustische Metamaterialien?

An vibroakustischen Metamaterialien wird aktuell weltweit geforscht. Mit ihrer Hilfe können die Amplituden von schädlichen Strukturschwingungen und Lärm so tief und breitbandig reduziert werden, wie das mit konventionellen Maßnahmen praktisch nicht umsetzbar ist. Diese Metamaterialien werden aus periodisch angeordneten passiven oder aktiven lokalen Resonatoren auf dem zu beeinflussenden Bauteil aufgebracht. Die lokalen Resonatoren werden auf die adressierte Eigenfrequenz abgestimmt und mit Abständen kleiner als die halbe Wellenlänge der zu beeinflussenden Frequenz auf der Grundstruktur platziert. In diesem Frequenzbereich entstehen dann sogenannte Stoppbänder in der Übertragungsfunktion – Bereiche, in denen keine Wellenausbreitung möglich ist.

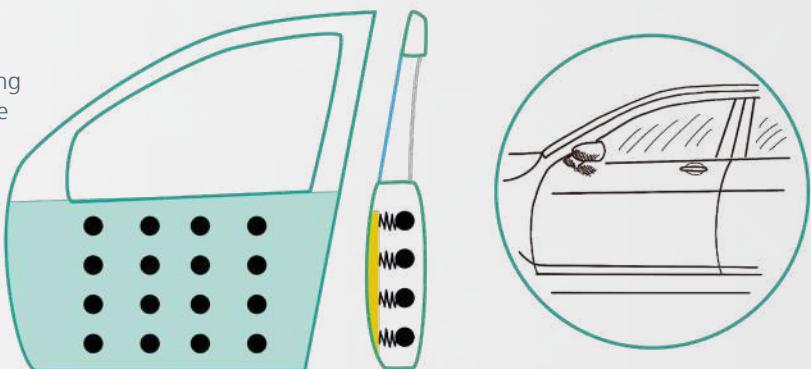
Virtueller Entwicklungsprozess für konkrete Anwendung

Derzeit erfolgt die Auslegung und Herstellung vibroakustischer Metamaterialien meist ohne ausreichende systematische Vorgehensweise oder Berücksichtigung wirtschaftlicher Herstellungsprozesse. Diese Aspekte werden im Fraunhofer-internen PREPARE-Projekt »MetaVib« adressiert. Die institutsübergreifenden Forscherteams entwickeln Auslegung, Simulation und

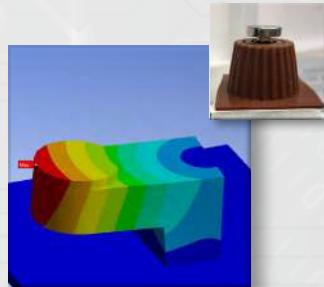
Herstellung von passiven und aktiven vibroakustischen Metamaterialien. Die erarbeitete Methodik wird an zwei anwendungsnahen Demonstratoren validiert: An einer Fahrzeugtür zur Körperschallminderung und an einem Schalldämpfer zur Beeinflussung der Akustik. Weiterhin werden für den akustischen Fall Konzepte aktiver vibroakustischer Metamaterialien betrachtet und prototypisch umgesetzt.

Am Fraunhofer LBF wird der Fokus auf einen anwendungsnahen virtuellen Entwicklungsprozess gelegt, welcher Erarbeitung von Konzepten und dessen numerische Vorauslegung beinhaltet. Der Auslegungsprozess ist anwendungsunabhängig, dessen Effektivität wird in »MetaVib« an einer Fahrzeugtür aufgezeigt. Dafür werden Konzepte mit vibroakustischen Metamaterialien für festgelegte Frequenzbereiche bestehend aus Metall oder Kunststoff betrachtet. Die Konzepte werden mithilfe numerischer Routinen detailliert ausgelegt. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in Form einer Toolbox umgesetzt, die das Design und die Optimierung von Strukturen als vibroakustische Metamaterialien auf unterschiedlichen Detaillierungsstufen ermöglicht.

Förderung: Fraunhofer-internes Programm »PREPARE«
Partner-Institute: Fraunhofer IBP, Fraunhofer IDMT, Fraunhofer IFAM, Fraunhofer IWU



Vibroakustische Metamaterialien können Körperschall mindern.
Vibroacoustic metamaterials are designed to reduce structure-borne noise.



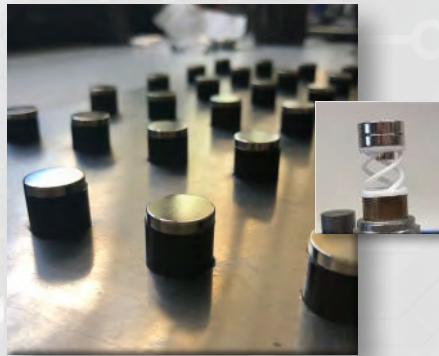
The “MetaVib” project involves researching vibroacoustic metamaterials and developing these as an innovative vibration reduction approach. They are suitable for application in a wide range of industries, e.g. mechanical engineering, the automotive sector or aerospace. At Fraunhofer LBF, work is being carried out in the areas of conceptual design, numerical and experimental characterization to close the research gap in systematic design processes.

How do vibroacoustic metamaterials work?

Research into vibroacoustic metamaterials is currently being carried out across the world. With their help, the amplitudes of harmful structural vibrations and noise can be reduced to a depth and broadband that is practically impossible to achieve using conventional measures. These metamaterials are made of periodically arranged passive or active local resonators applied to the component that is to be influenced. The local resonators are tuned to the addressed resonant frequency and placed on the basic structure at intervals smaller than half the wavelength of the frequency to be influenced. In this frequency range, so-called “stopbands” – areas in which no wave propagation is possible – are then created in the transfer function.

Virtual development process for specific applications

Currently, the design and manufacturing of vibroacoustic metamaterials is mostly done without a sufficiently systematic approach or consideration of economical manufacturing processes. These issues are addressed in the internal Fraunhofer PREPARE project “MetaVib”. The cross-institutional research teams develop the design, simulation and manufacturing of passive and active vibroacoustic metamaterials. The methodology developed is validated using two application-oriented demonstrators: A vehicle door is used for structure-borne noise reduction and a silencer is used for



Detaillierte Informationen online:
www.lbf.fraunhofer.de/vibroakustik

Detailed information online:
www.lbf.fraunhofer.de/vibroacoustics



influencing acoustics. Furthermore, in the case of acoustics, active vibroacoustic metamaterial concepts are considered and prototypically implemented.

At Fraunhofer LBF, the focus is on an application-oriented virtual development process, which includes the development of concepts and their numerical preliminary designs. The design process is independent of the application, and, in “MetaVib” its effectiveness is demonstrated on a vehicle door. Concepts involving vibroacoustic metamaterials for defined frequency ranges consisting of metal or plastic taken into consideration. The concepts are designed in detail using numerical routines. The knowledge gained is implemented in the form of a toolbox that enables the design and optimization of structures as vibroacoustic metamaterials at different levels of detail.

Funding: Fraunhofer “PREPARE” internal program,
partner institutes: Fraunhofer IBP, Fraunhofer IDMT, Fraunhofer IFAM, Fraunhofer IWU

ANSPRECHPARTNER | CONTACT

Heiko Atzrodt
+49 6151 705-349
heiko.atzrodt@lbf.fraunhofer.de

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Reliability Design.

Immer leichtere Materiallösungen und Strukturen auf der einen Seite und immer komplexere Produkte und Systeme auf der anderen Seite prägen die Produktentwicklung in vielen industriellen Bereichen. Gleichzeitig steigen jedoch die Anforderungen an die Zuverlässigkeit solcher Systeme. Schließlich können Ausfälle und Versagen in diesem Zusammenhang schnell kritische wirtschaftliche, ökologische oder gesundheitliche Wirkungen nach sich ziehen.

Das Leistungsfeld **Reliability Design** repräsentiert eine wesentliche wissenschaftliche Ausrichtung des Fraunhofer LBF. Dabei geht es nicht nur allein um die Sicherstellung der Lebensdauer von Materialien, Komponenten und Produkten. Vielmehr zielen die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten in diesem Leistungsfeld darauf ab, alle Phasen der Produktentstehung, -nutzung und -verwertung immer umfassender mit ihren Wechselwirkungen zu

verstehen und zu beschreiben, so dass Validierungs- und Absicherungsprozesse kontinuierlich in den frühen Gestaltungsprozess vorverlagert werden können. Ganz im Sinne eines »Design to Reliability« werden Lösungen des Digital Engineering mit neuen Entwurfs- und Simulationsmethoden verknüpft. Basierend auf realitätsnahen Anwendungsdaten zu typischen mechanischen, klimatischen, elektrischen und kombinierten multiphysikalischen Lasten entstehen damit Werkzeuge und Verfahren, die eine zuverlässige Auslegung von Strukturen bereits im Entwurfsstadium umfassend berücksichtigen. Heute vielfach immer noch übliche »Sicherheitszuschläge« können so in Zukunft bei gleichbleibender oder gesteigerter Zuverlässigkeit von Materialien, Bauteilen und Produkten immer weiter reduziert werden, wodurch moderne Lösungen an Grenzen des Machbaren möglich werden.





Ever lighter material solutions and structures on the one hand and ever more complex products and systems on the other are shaping product development in many industrial sectors. At the same time, however, the requirements regarding the reliability of such systems are increasing. After all, malfunctions and failures in this context can quickly have critical economic, ecological or health effects.

The **Reliability Design** area of expertise represents a key scientific focus of Fraunhofer LBF. This is not just a matter of ensuring the service life of materials, components and products. Rather, the research and development activities in this area of expertise are aimed at understanding and describing all phases of product development, use and application along with their interactions, in an increasingly

“Our research makes reliable products possible by using reliable processes.”

comprehensive manner, so that validation and assurance processes can be continuously moved forward into the early design process. In the spirit of “design to reliability”, digital engineering solutions are linked with new design and simulation methods. Based on realistic application data in relation to typical mechanical, climatic, electrical and combined multiphysical loads, tools and processes are being developed that take into account the reliable design of structures as early as the design stage. In this way, “safety margins”, which, in many cases, are still common today, can be reduced further and further in the future while maintaining or increasing the reliability of materials, components and products, thus enabling modern solutions that push the limits of what is feasible.

**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
reliability-design](http://www.lbf.fraunhofer.de/reliability-design)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
reliability-design-en](http://www.lbf.fraunhofer.de/reliability-design-en)



LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Reliability Design.



**BEATMUNGSGERÄT, SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT,
MEDIZINTECHNIK**

**Schnelle Systemzuverlässigkeitstests
von Beatmungsgeräten.**

Weltweit ist die Corona-Krise noch nicht überwunden. Die Situation in den Krankenhäusern erfordert viel Einsatz und Leistungsbereitschaft vom Personal. In solchen Ausnahmesituationen ist es für die Menschen wichtiger denn je, dass sie sich auf das Material und die Geräte verlassen können. Das Fraunhofer LBF untersucht Komponenten für kostengünstige Beatmungsgeräte auf ihre Systemzuverlässigkeit und zeigt Möglichkeiten zur Optimierung. Damit unterstützen die Forschenden den medizinischen Fortschritt. Die erhöhte Systemzuverlässigkeit der Geräte trägt zur Ressourcenschonung bei.

**VENTILATOR, SYSTEM RELIABILITY, MEDICAL
TECHNOLOGY**

**Rapid system reliability testing
of ventilators.**

The world has not yet overcome the coronavirus crisis. The situation in hospitals requires a great deal of dedication and commitment from staff. In such exceptional circumstances, it is more important than ever for people to be able to rely on materials and equipment. Fraunhofer LBF is investigating components for low-cost ventilators to determine their system reliability and identify opportunities for optimization. In this way, our researchers are supporting medical progress. The increased system reliability of the devices helps to conserve resources.



**WASSERSTOFFVERSPRÖDUNG, KORROSIONS-
SCHWINGFESTIGKEIT, LEBENDAUERABSCHÄTZUNG**

**Minderung der zyklischen Beanspruchbar-
keit durch den Einfluss von Wasserstoff –
Herausforderungen auf dem Weg zu einer
Wasserstoffwirtschaft.**

Das Fraunhofer LBF unterstützt Unternehmen aus den Bereichen Transport, Energie sowie des Maschinen- und Anlagenbaus bei der Entwicklung zuverlässiger, leichter und effizienter Produkte, die mit Wasserstoff beaufschlagt werden. Hierfür werden kundenspezifische oder individuelle Analyse- und Versuchskonzepte eingesetzt, um den gestiegenen Anforderungen für den Betriebsfestigkeitsnachweis gerecht zu werden und die realen Betriebsbedingungen optimal abzubilden.

**HYDROGEN EMBRITTLEMENT, CORROSION FATIGUE
STRENGTH, SERVICE LIFE ESTIMATION**

**Reduction of cyclic stress due to the
influence of hydrogen – challenges on
the way to a hydrogen economy.**

Fraunhofer LBF supports companies in the fields of transportation, energy as well as mechanical and plant engineering in the development of reliable, lightweight and efficient products that are exposed to hydrogen. To this end, customer-specific or individual analysis and test concepts are used to meet the increased requirements for the verification of structural durability and to represent real operating conditions in an optimal manner.



DLC-BESCHICHTUNGEN, ELASTOMERE, DICHTUNGEN, TRIBOLOGIE

Elastomere robuster machen mit Diamond Like Carbon (DLC) Beschichtungen.

Elastomerbauteile stehen unter großer mechanischer Belastung. Gerade im dynamischen Bereich werden diese aufgrund von Abrieb mechanisch abgenutzt, was zu Fehlfunktionen führen kann. Ein Beispiel dafür sind Radialwellendichtringe (RWDR). Ihre Dichtlippe läuft auf der Oberfläche einer sich drehenden Welle und wird meist von einem Federring radial auf die Wellenoberfläche gedrückt. Die Dichtigkeit der Dichtlippe ist entscheidend für die Funktion der RWDR. Eine Schutzzumantelung mit spezieller Rezeptur aus dem Fraunhofer LBF kann die tribologischen Eigenschaften der Dichtlippe verbessern und somit die Langlebigkeit des Produkts gewährleisten.

DLC COATINGS, ELASTOMERS, SEALS, TRIBOLOGY

Making elastomers more robust with diamond-like carbon (DLC) coatings.



Elastomeric components are subject to great mechanical strain. They are subject to mechanical wear due to abrasion, particularly in dynamic situations, which can lead to malfunctions. Radial shaft sealing rings are a typical example of this. Their sealing lip runs along the surface of a rotating shaft and is usually pressed radially onto the shaft surface by a spring washer. The tightness of the sealing lip is crucial for the functioning of the radial shaft sealing ring. A protective coating with a special formulation from Fraunhofer LBF can improve the tribological properties of the sealing lip and thus ensure the longevity of the product.

ADDITIVE FERTIGUNG, LEICHTBAU

Zuverlässiges Bauteildesign durch realitätsnahe Beanspruchungssimulationen und innovative Bemessungskonzepte.

Ausführliche Informationen auf **Seite 30**.

ADDITIVE MANUFACTURING, LIGHTWEIGHTING

Reliable component design using realistic strain simulations and innovative design concepts.

See Page 30 for detailed information.





Zuverlässiges Bauteildesign durch realitätsnahe Beanspruchungssimulationen und innovative Bemessungskonzepte.

Reliable component design using realistic strain simulations and innovative design concepts.

Für das nachhaltige Leichtbaudesign von Bauteilen bietet die additive Fertigung bislang unerreichte Möglichkeiten. Gleichzeitig stellt sie die Bauteil-verantwortlichen vor große Herausforderungen, wenn es um die zuverlässige Ausschöpfung des Festigkeitspotenzials additiv gefertigter Bauteile geht. Die prozessbedingten Werkstoffeigenschaften sowie die Wirkung von Defekten unterscheiden sich erheblich von konventionellen Fertigungsverfahren. In den AM FATIGUE LABS wird durch die Ableitung dedizierter Bemessungskonzepte und Untersuchungsmethoden für additiv gefertigte Komponenten eine neue Anwendungssicherheit geschaffen.

In den AM FATIGUE LABS werden realitätsnahe Simulationen entwickelt, die verlässliche Bemessungskennwerte zur Auslegung additiv gefertigter Bauteile aufzeigen. Sie gewährleisten ebenso eine Designvalidierung, indem sie den Einfluss sämtlicher relevanter Prozessparameter berücksichtigen. Eigens entwickelte Belastungssimulatoren steigern die Präzision und Reproduzierbarkeit der Messungen. Dieser Einblick in das zyklische Werkstoff- und Bauteilverhalten gelingt mit klassischen Prüfmethoden kaum.

Um die Vorteile der additiven Fertigung im Sinne des Leichtbaus auch für sicherheitsrelevante Komponenten erschließen zu können, sind zahlreiche Herausforderungen im Wechselsefeld von Bauteilgeometrie, Fertigung, Betriebsbeanspruchungen und Umwelteinflüssen zu meistern.

Lokale Phänomene treiben Bauteilermüdung

Der Erkenntnis, dass die Ermüdung von Bauteilen durch lokale Phänomene getrieben wird, kommt vor allem bei additiv gefertigten Komponenten eine gesteigerte Bedeutung zu. Die neuen Freiheitsgrade bei der Bauteil-entwicklung erfordern ein neues Bemessungskonzept, um das Potenzial dieser Fertigungstechnologie auch für zyklisch beanspruchte, sicherheitsrelevante Bauteile heben zu können. Der Herstellungsprozess induziert zum einen geometrische Defekte in Form von Poren, Einschlüssen oder rauen Oberflächen, zum anderen führt die lokal stark begrenzte Erwärmung zur Ausbildung signifikanter Eigenschaftsgradienten. Hier spielt unter anderem auch die Baurichtung sowie die Auslegung erforderlicher Stützstrukturen eine erhebliche Rolle bei der Ausbildung der Werkstoffmikrostruktur und somit der lokalen Eigenschaften inklusive der Defektverteilung.

Optische Dehnungsmessung bringt neue Erkenntnisse

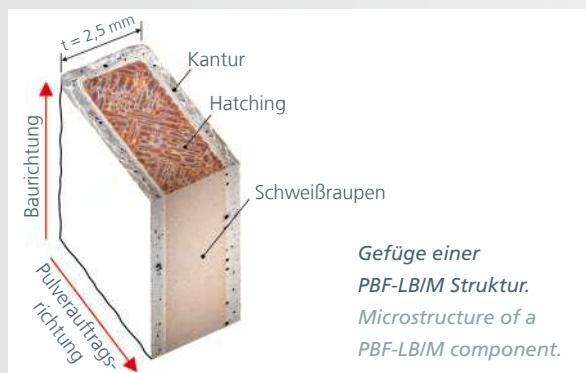
In den AM FATIGUE LABS setzt das Team des Fraunhofer LBF unterschiedliche optische Dehnungssensoren ein, deren Messsignale über die erforderliche Echtzeitfähigkeit verfügen. Auf diese Weise wird eine Dehnungsregelung beispielweise in versagensrelevanten Bauteilbereichen ermöglicht. Gleichzeitig leiten die Forschenden aus der lastsynchronen Messung lokaler Dehnungsfelder Informationen über den lokal wirkenden Schädigungsmechanismus ab. Diese Informationen können zur Bauteiloptimierung genutzt werden. Darüber hinaus lassen sie sich auch zur Steigerung der Werkstoffausnutzung durch Berücksichtigung des defektorientierten Werkstoffverhaltens bereits in frühen Auslegungsphasen nutzen.

Um die Zuverlässigkeit additiv gefertigter Bauteile besser gestalten zu können, hat das Fraunhofer LBF die »AM FATIGUE LABS« eingerichtet.

In order to better design the reliability of additively manufactured components, Fraunhofer LBF has set up the "AM FATIGUE LABS".



Additive manufacturing offers unprecedented opportunities for the sustainable lightweight design of components. At the same time, it presents those responsible for components with major challenges when it comes to reliably exploiting the strength potential of additively manufactured components. The process-related material properties as well as the impact of defects differ significantly from conventional manufacturing processes. The AM FATIGUE LABS are creating new types of application safety by developing dedicated design concepts and investigation methods for additively manufactured components.



In the AM FATIGUE LABS, realistic simulations are developed that show reliable design characteristics for the design of additively manufactured components. They also ensure design validation by taking the influence of all relevant process parameters into account. Speciality-developed load simulators increase the precision and reproducibility of the measurements. This insight into the cyclic material and component behavior would be almost impossible using classical testing methods.

To also be able to exploit the advantages of additive manufacturing for safety-relevant components, in terms of lightweight construction, many challenges have to be met in the alternating field of component geometry, manufacturing, operational stresses and environmental influences.

Detaillierte Informationen online:
www.lbf.fraunhofer.de/bemessungskonzepte

Detailed information online:
www.lbf.fraunhofer.de/fatigue-labs



Local phenomena drive component fatigue

The realization that component fatigue is driven by local phenomena is becoming increasingly important, especially for additively manufactured components. The new levels of freedom in component development require a new design concept to be able to leverage the potential of this manufacturing technology for cyclically stressed, safety-relevant components as well. On the one hand, the manufacturing process induces geometric defects in the form of pores, inclusions or rough surfaces; on the other hand, the very limited local heating leads to the formation of significant property gradients. Here, factors including the direction of construction and the design of the required support structures also play a significant role in the formation of the material microstructure, thereby affecting the local properties, including the defect distribution.

Optical strain measurement produces new insights

In the AM FATIGUE LABS, the Fraunhofer LBF team uses a range of optical strain sensors whose measurement signals have the required real-time capability. In this way, strain control is made possible, for example, in component areas that are relevant for failure. At the same time, the researchers derive information about the local damage mechanism from the synchronous-load measurement of local strain fields. This information can be used for component optimization. What is more, it can also be used to increase material utilization by taking defect-oriented material behavior into account in early design phases.

ANSPRECHPARTNER | CONTACT

Dr. Rainer Wagener
+49 6151 705-444
rainer.wagener@lbf.fraunhofer.de

Matthias Hell
+49 6151 705-8468
matthias.hell@lbf.fraunhofer.de

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Circular Economy.

Kunststoffe sind ein integraler Bestandteil unseres Alltags. Sie bieten vielfältigste materialtechnische Lösungsmöglichkeiten für eine breite Anzahl von Anwendungen. Dabei lassen sich gezielt vielfältige Eigenschaften einprägen: Lebensmittel werden mittels Kunststoffen hygienisch sicher und haltbar verpackt; als Dämm- und Dichtungsmaterialien mit besonderen Brandschutzeigenschaften sind sie ein modernes Baumaterial und als technische Kunststoffe bieten sie in Primär- und Sekundärbauteilen – oft hochkomplex geformt mit definierten isolierenden, vibrationsdämmenden, sensorischen oder aktorischen Funktionen – effektive und effiziente Funktionsmerkmale und Leichtbaupotenziale. Doch Kunststoffe werden trotz ihrer unstrittig außerordentlich positiven technischen Eigenschaften zunehmend kritisch diskutiert. Sie stehen exemplarisch für moderne Umweltprobleme in Form von Mikroplastik oder die Verschmutzung der Meere, die wir mit unserer Forschungsarbeit zu reduzieren helfen.

»Wir entwickeln nachhaltige, rezyklierbare und biobasierte Kunststofflösungen für eine grüne Zukunft!«

Im Leistungsfeld **Circular Economy** arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer LBF an nachhaltigen, dauerhaften und umweltverträglichen Kunststofflösungen, vom Molekül über die Formulierung, von der chemisch-physikalischen Charakterisierung über die Synthese bis hin zur Validierung, von der Nutzung über den »End of Life« zur Wiederverwertung – und ändern lineare in zirkuläre Prozesse. Die besondere Stärke des LBF ist die massive Kompetenz in der Additivierung von Kunststoffen, um ganz spezifische Materialeigenschaften einzustellen. So können Biopolymere aus nachwachsenden Rohstoffen auch für anspruchsvolle technische Anwendungen hinsichtlich Lebensdauer, Degradation oder Leistungsfähigkeit eingestellt und erachtigt werden. Andererseits ermöglichen innovative Additivsysteme eine verbesserte Prozessierbarkeit und verbesserte Endeigenschaften von Rezyklatmaterial. Darüber hinaus können durch Additivsysteme im Sinne eines Upcyclings die Möglichkeiten des werkstofflichen Recyclings herkömmlicher Polymere deutlich erweitert werden. Ein weiteres Forschungsfeld liegt in der Entwicklung von Bioadditiven als Substitute für kommerzielle Systeme, welche hinsichtlich Qualität und Leistungsfähigkeit mit herkömmlichen Additiven vergleichbare Eigenschaften erreichen und diese teils deutlich übertreffen, z.B. für die Witterungsbeständigkeit oder den Flammenschutz von Polymeren.

**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
circular-economy](http://www.lbf.fraunhofer.de/circular-economy)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
circular-economy](http://www.lbf.fraunhofer.de/circular-economy)





Plastics are an integral part of our everyday lives. They offer the widest range of options in material technology solutions for a large number of applications. A wide range of properties can be imprinted in a targeted manner: Foodstuffs are hygienically packaged in a safe and durable manner using plastics. As insulating and sealing materials with special fire protection properties, they are a modern building material. As engineering plastics, they offer effective and efficient functional features and lightweight construction potential in primary and secondary components – often being shaped in a highly complex manner with defined insulating, vibration damping, sensory or actuator functions. Yet while their extraordinarily positive technical properties cannot be denied, plastics are increasingly the subject of critical discussion. They are emblematic of modern environmental problems, in the form of microplastics or the pollution of the oceans, which we help to reduce through our research work.

In the **Circular Economy** area of expertise, Fraunhofer LBF scientists are working on sustainable, durable and environmentally compatible plastics solutions, from the molecule, formulation and chemical-physical characterization to synthesis and validation, from use to the "end of life" and recycling – thereby transforming linear processes into circular ones. The particular strength of LBF is its profound expertise in the additivation of plastics in order

to adapt highly-specific material properties. Thus, biopolymers made from renewable raw materials can also be adjusted and upgraded for demanding technical applications in terms of their service life, degradation or performance. On the other hand, innovative additive systems allow for enhanced processability and improved end properties for recycled material. What is more, additive systems can significantly expand the possibilities for material recycling of conventional polymers in terms of upcycling. Another field of research involves the development of bioadditives as substitutes for commercial systems which, in terms of quality and performance, achieve comparable properties to conventional additives and in some cases significantly surpass them, e.g. for the weather resistance or flame retardancy of polymers.

"We develop sustainable, recyclable and bio-based plastic solutions for a green future!"

**LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE**

Circular Economy.

**KREISLAUFWIRTSCHAFT, BIOBASIERTE KUNSTSTOFFE, CHROMATOGRAPHIE****Kreislaufwirtschaft: Entwicklung einer modernen Analytik für biobasierte Kunststoffe.**

Biobasierte Kunststoffe sind Schlüsselemente einer nachhaltigen Wirtschaft und gewinnen an kommerzieller Bedeutung. Das Fraunhofer LBF hat für biobasierte PLA/PBSA Blends eine moderne, leistungsfähige Analytik erarbeitet, die eine detaillierte Strukturermittlung ermöglicht. Dies liefert molekulare Informationen die zur Erschließung neuer Struktur-Eigenschaftsbeziehungen unerlässlich sind. Entwickler und Verarbeiter von biobasierten Kunststoffen erhalten neue Perspektiven zur Entwicklung innovativer biobasiertes und bioabbaubarer Kunststoffprodukte.

CIRCULAR ECONOMY, BIO-BASED PLASTICS, CHROMATOGRAPHY**Circular economy: development of modern analytics for bio-based plastics.**

As key elements underpinning a sustainable economy, bio-based plastics are gaining commercial importance. Fraunhofer LBF has developed modern, high-performance analytics for bio-based PLA/PBSA blends that allow for detailed structure determination. This provides molecular information that is essential for unlocking new structure-property relationships. Developers and processors of bio-based plastics are thus able to gain new perspectives for the development of innovative bio-based and biodegradable plastic products.

**NACHHALTIGKEIT, MATERIALENTWICKLUNG, RECYCLING****Kunststoffrezyklate – das Neue nachhaltige Material.**

Das Recycling von Wertstoffen und der verantwortungsvolle Umgang mit Rohstoffen gehört zu unserer gesellschaftlichen Verantwortung. Kunststoffe müssen so lange wie möglich im Kreislauf gehalten werden, damit aus einem alten Produkt immer wieder ein neues werden kann. Forschende im Fraunhofer LBF haben eine umfangreiche Materialcharakterisierung der mechanischen Langzeiteigenschaften unter statischer und zyklischer Beanspruchung durchgeführt. Sie können nun Rezyklate als »das Neue nachhaltige Material« zur Verfügung stellen.

SUSTAINABILITY, MATERIAL DEVELOPMENT, RECYCLING**Plastic recyclates – a new sustainable material.**

The recycling of valuable materials and the responsible use of raw materials is part of our social responsibility. Plastics must be kept in circulation for as long as possible so that an old product can be made into a new one again and again. Researchers at Fraunhofer LBF have carried out extensive material characterization of long-term mechanical properties under static and cyclic strain. They can now make "a new sustainable material" available in the form of recyclates.



LEICHTBAUVERFAHREN, BIOBASIERTE KUNSTSTOFFE, ORGANOBLECHE, NATURFASERVERSTÄRKE, INTELLIGENTE BATTERIESYSTEME

Naturfaser-verstärkte biobasierte Kunststoffe für Leichtbaulösungen am Beispiel eines Li-Ionen-Batterie-Gehäuses.

Im Projekt »BIOBATTERY« entwickeln Forschende aus dem Fraunhofer LBF in Zusammenarbeit mit einem Batteriehersteller integrierte Funktionsgehäuse aus naturkurzfaserverstärkten biobasierten Kunststoffen. Am Beispiel von Batteriemodulen zeigen sie Standardisierungen für unterschiedliche Performance-Anwendungen im Automobil- und Maschinenbau auf. Ziel ist eine effiziente und kostengünstige Serienfertigung für Leichtbauteile.

LIGHTWEIGHT PROCESS, BIO-BASED PLASTICS, ORGANIC SHEETS, NATURAL-FIBER-REINFORCED PLASTICS, SMART BATTERY SYSTEMS

Natural-fiber-reinforced bio-based plastics for lightweight solutions, using the example of Li-ion battery housing.

As part of the "BIOBATTERY" project, researchers from Fraunhofer LBF, in cooperation with a battery manufacturer, are developing integrated functional housings made from natural fiber reinforced bio-based plastics. Using the example of battery modules, they are demonstrating standardizations for a range of performance applications in the automotive and mechanical engineering industries. The goal is the efficient and cost-effective series manufacturing of lightweight components.



ADDITIVE, BIOKUNSTSTOFFE, NACHHALTIGKEIT

Circular Plastics Economy: Biokunststoffe für den technischen Einsatz.

Ausführliche Informationen auf **Seite 36**.

ADDITIVES, BIO-PLASTICS, SUSTAINABILITY

Circular plastics economy: Bio-plastics for technical use.

See **Page 36** for detailed information.





Biokunststoffe für den technischen Einsatz.

Circular plastics economy: Bio-plastics for technical use.

Gesellschaft und Politik fordern, die Abhängigkeit von erdölbasierten Rohstoffen zu reduzieren und nachhaltiger, z. B. durch CO₂-Einsparungen, zu produzieren. Dabei werden biobasierte Kunststoffe für die Industrie immer wichtiger. Haupteinsatzgebiete dieser hochwertigen Biokunststoffe liegen derzeit mehrheitlich in single-use oder Kurzzeitanwendungen, wie Verpackungen oder Einwegbesteck. Kompostierbare Biokunststoffe sind hier eine Alternative zu konventionellen Kunststoffen, jedoch können die Potenziale hochwertiger biobasierter Polymere nicht volumänglich genutzt werden. Der Rohstoff muss durch eine gezielte Additivierung modifiziert werden bis er den höchsten Ansprüchen an die Langzeitstabilität genügen kann und darüberhinaus auch für technische Anwendungen nutzbar wird.

Verlängerter Lebenszyklus

Bei der Entwicklung von langzeitstabilen Kunststoffcompounds sind verschiedene Bereiche des Produktlebenszyklus zu betrachten. Dieser startet mit der Eincompoundierung der Additivsysteme in den Basiskunststoff, der anschließenden Formgebung (z. B. Spritzguss), der Anwendung und der Verwertung. Unter zirkulären

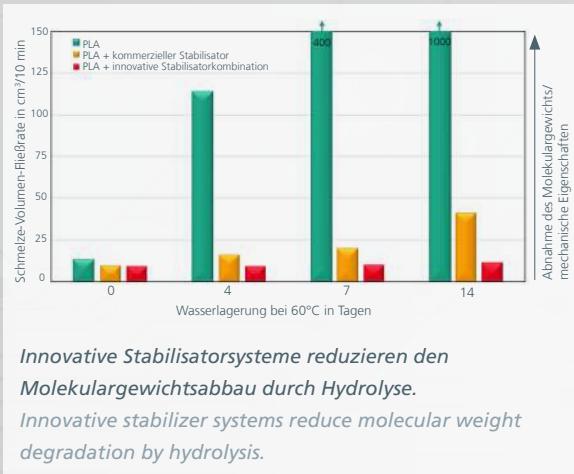
Gesichtspunkten ist eine thermische Verwertung auszuschließen und eine werkstoffliche Wiederverwertung zu realisieren. Dabei werden in einem weiteren Verarbeitungsschritt Additivsysteme zur Wiederherstellung mechanischer Eigenschaften sowie der Einstellung einer Langzeitstabilisierung zugegeben und das Compound für Langzeitanwendungen einsatzfähig gemacht.

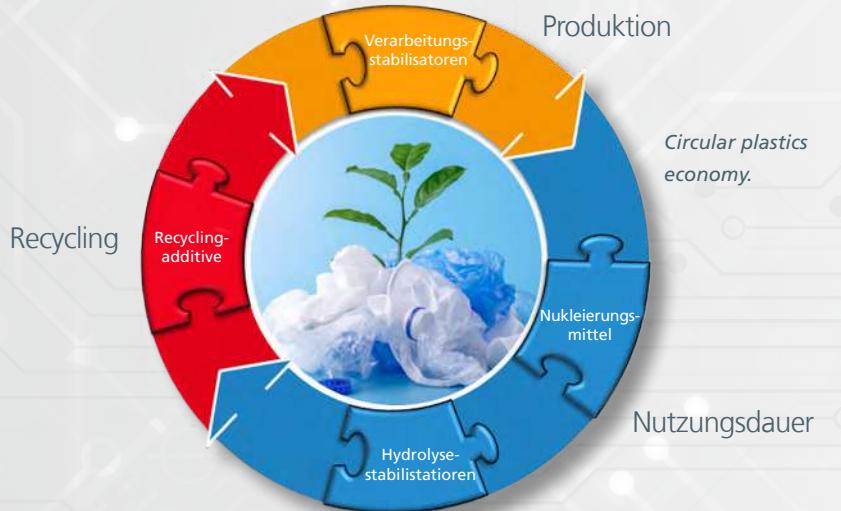
Der Molekulargewichtsabbau und der damit einhergehende Verlust der mechanischen Eigenschaften wird bei Biokunststoffen primär durch die hydrolytische Spaltung der Polymerkette verursacht. Zur Bewertung der Stabilisierungswirkung verschiedener Additive bzw. Additivsysteme, werden diese in Biokunststoffe eingearbeitet und die hergestellten Compounds einer Wasserlagerung unterzogen. Zur Beschleunigung der Alterung wird diese bei erhöhter Temperatur (60 °C) durchgeführt und die Schmelzeviskosität des Kunststoffs als Indikator für die Molekulargewichtsänderung bestimmt.

Langzeitstabil durch Additivierung

Bisher werden die Langzeiteigenschaften von hydrolyseempfindlichen (Bio-)Kunststoffen durch den Einsatz von Hydrolyseinhibitoren verbessert. Untersuchungen am Fraunhofer LBF zur Stabilität gegen Abbau haben gezeigt, dass der Einsatz innovativer Additivsysteme gegenüber konventionellen Stabilisatoren einen Vorteil in Sachen Hydrolysebeständigkeit bringt. Der MVR-Wert zeigt nach 2-wöchiger Wasserlagerung einen Anstieg der Fließfähigkeit um ca. 30 Prozent mit dem neu entwickelten StabilisatorSystem. Dem gegenüber steht ein 300-prozentiger Anstieg für den kommerziellen Stabilisator und ein Anstieg von > 5000 Prozent für das unstabilisierte PLA.

Die am Fraunhofer LBF entwickelten Additivsysteme können auch die Dauergebrauchstemperatur erhöhen und die Zykluszeit verkürzen, was neue Anwendungsbereiche, z. B. in der Elektro- oder Automobilindustrie, eröffnet.



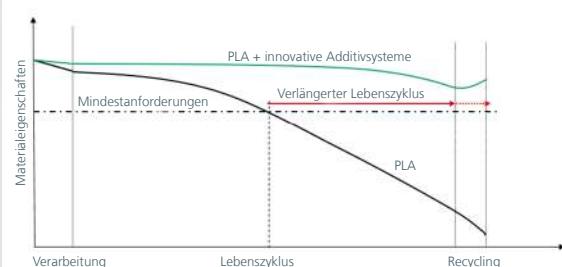


**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
biokunststoffe](http://www.lbf.fraunhofer.de/biokunststoffe)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
bioplastics](http://www.lbf.fraunhofer.de/bioplastics)



Society and political actors are calling for a reduction in dependence on petroleum-based raw materials and more sustainable production, e.g. through reductions in CO₂ emissions. In this context, bio-based plastics are becoming increasingly important for industry. Currently, the main areas of application for high-quality bio-based plastics have mostly been based on single-use or short-term use (such as packaging or disposable cutlery). Compostable bioplastics are an alternative to fossil-based plastics here, but the potential of high-quality bio-based polymers cannot be fully exploited. The raw material must be modified by specific additives until it can meet the highest demands for long-term stability, rendering it usable for technical applications.



Neue, im Fraunhofer LBF entwickelte Additivsysteme verlängern den Lebenszyklus von Biokunststoffen.
New additive systems developed at Fraunhofer LBF extend the life cycle of bioplastics.

Extended life cycle

In the development of plastic compounds with long-term stability, various parts of the product life cycle must be considered. This starts with the compounding of the additive systems into the base plastic, the subsequent shaping (e.g. injection molding), the application and the recycling. From a circular point of view, thermal recycling has to be ruled out and mechanical recycling has to be undertaken. In a further processing step, additive systems are added to

restore mechanical properties and to achieve long-term stabilization, thus making the compound suitable for long-term uses.

Molecular weight degradation and the associated loss of mechanical properties in bioplastics are primarily caused by hydrolytic cleavage of the polymer chain. To evaluate the stabilizing effect of various additives or additive systems, these are incorporated into bioplastics and the compounds produced are subjected to water storage. To accelerate aging, this is carried out at elevated temperature (60 °C), while the melt viscosity of the plastic is determined as an indicator of the molecular weight change.

Using additives to achieve long-term stability

Up until now, the long-term properties of hydrolysis-sensitive (bio)plastics have been improved through the use of hydrolysis inhibitors. Investigations at the Fraunhofer LBF into stability against degradation have shown that the use of innovative additive systems provides an advantage over state-of-the-art stabilizers in terms of hydrolysis resistance. With the newly developed stabilizer system, the MVR value shows an increase in flowability of about 30 percent after two weeks of water storage. This is compared to a 300 percent increase for the state-of-the-art stabilizer and an increase of > 5000 percent for the unstabilized PLA.

The additive systems developed at Fraunhofer LBF can also increase the continuous service temperature and shorten the cycle time, opening up new areas of application, e.g. in the electrical or automotive industries.

ANSPRECHPARTNERIN | CONTACT

Dr. Elke Metzsch-Zilligen
+49 6151 705-8609
elke.metzsch-zilligen@lbf.fraunhofer.de

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Ultra Lightweight Design.

Leichtbau ist schon lange keine »technische Nischenlösung« für Flugzeuge oder innovative Sportfahrzeuge mehr. Vielmehr sind bezahlbare Leichtbaulösungen zur bestmöglichen Masse- und Energieeffizienz in allen beweglichen Systemen wie in der Produktion und im Betrieb von Produkten ein Schlüssel zum Erreichen der klimapolitischen Ziele im Fahrzeugbau, im Maschinen- und Anlagenbau, in der Energie- oder der Baubranche. Ohne Leichtbau sind kommerziell erfolgreiche Produkte, wie z. B. in der Elektromobilität, immer weniger oder gar nicht möglich. Und erfolgreicher, sicherer Leichtbau erfordert zwingend umfassendes Know-how in Zuverlässigkeit und Betriebsfestigkeit.

»Mit unserer Forschung erweitern wir die Grenzen des Machbaren und entwickeln radikal leichte, eigenschafts- optimierte Strukturlösungen.«

Im Leistungsfeld **Ultra Lightweight Design** geht das LBF noch weiter an die Grenzen des Machbaren. Basis ist das ganzheitliche Wissen auf werkstoff-, bauteil- und systemtechnischer Ebene. Darüber hinaus werden Methoden des Material- sowie des konstruktiven und des systemischen Leichtbaus zusammengeführt. Das Fraunhofer LBF bündelt seine Kompetenzen in den Forschungsbereichen Kunststoffe, Betriebsfestigkeit und Adaptronik und entwickelt zudem neuartige Lösungen des funktionsintegrierten, intelligenten Leichtbaus, immer unter Berücksichtigung der Zuverlässigkeit, Nachhaltigkeit und Bezahlbarkeit der technischen Produktlösung. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen interdisziplinär und entwickeln Lösungen z. B. für funktionalisierte Polymere, funktionsintegrierte Faser-Verbund-Systeme, Mono- und Multimaterialsysteme, numerische und experimentelle Methoden der Zuverlässigkeit- und Lebensdauerbewertung von Leichtbaulösungen sowie der Nutzung integrierter Sensoren und Aktoren zur Überwachung und Eigenschaftsoptimierung von Strukturen.

**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
ultra-lightweight-design](http://www.lbf.fraunhofer.de/ultra-lightweight-design)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
ultra-lightweight-design-en](http://www.lbf.fraunhofer.de/ultra-lightweight-design-en)





Lightweighting has long since ceased to be a "technical niche solution" for aircraft and innovative sports vehicles. Rather, affordable lightweight solutions for the best possible mass and energy efficiency in all mobile systems – such as in the production and operation of products – are key to achieving climate policy goals in vehicle manufacturing, mechanical and plant engineering, energy and the construction industry. Without lightweight construction, the possibility of commercially successful products, such as those in electromobility, would become less and less, perhaps rendering them impossible. What is more, successful, safe lightweight construction requires comprehensive expertise in reliability and structural durability.

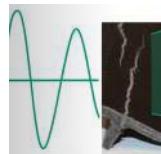
In the **Ultra Lightweight Design** area of expertise, LBF is pushing the limits of what is possible even further. This is based on holistic knowledge at the level of materials, components and systems technology. In addition, methods of material construction as well as those of constructive and systemic lightweight construction are combined. Fraunhofer LBF pools its expertise in the research areas of plastics, structural durability and

smart structures and develops novel solutions from function-integrated, intelligent lightweight construction, always taking into account the reliability, sustainability and affordability of the technical product solution. Scientists conduct interdisciplinary research and develop solutions, for example, for functionalized polymers, functionally integrated fiber composite systems, mono- and multi-material systems, numerical and experimental methods of reliability and durability assessment of lightweight solutions, and the use of integrated sensors and actuators for the monitoring and property optimization of structures.

"With our research, we are pushing the boundaries of what is possible and developing radically lightweight, property-optimized structural solutions."

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Ultra Lightweight Design.

**KURZFASERVERSTÄRKTE KUNSTSTOFFE,
SCHWINGUNGSDESIGN****Leichtbaupotenzielle nutzen: Auslegung
von dynamisch beanspruchten Komponen-
ten aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen.**

Kurzfaser verstärkte Kunststoffe ermöglichen Leichtbau und Ressourceneffizienz. Die Bauteilherstellung im Spritzgussverfahren ist kostengünstig und erlaubt große Gestaltungsfreiheit. Wechselwirkungen zwischen Material, Fertigungsprozess, Betriebsverhalten und Lebensdauer erfordern jedoch ein abgestimmtes Entwicklungsverfahren. Das Fraunhofer LBF hat dazu ein interdisziplinäres Kompetenzteam aufgebaut, welches alle Phasen der Produktentwicklung methodisch unterstützt. Zuverlässig planbare Entwicklungsprozesse und innovativer Leichtbau sind das Resultat.

**SHORT-FIBER-REINFORCED PLASTICS,
VIBRATION DESIGN****Using the potential of lightweight
design: Design of dynamically stressed
components made from short-fiber-
reinforced plastics.**

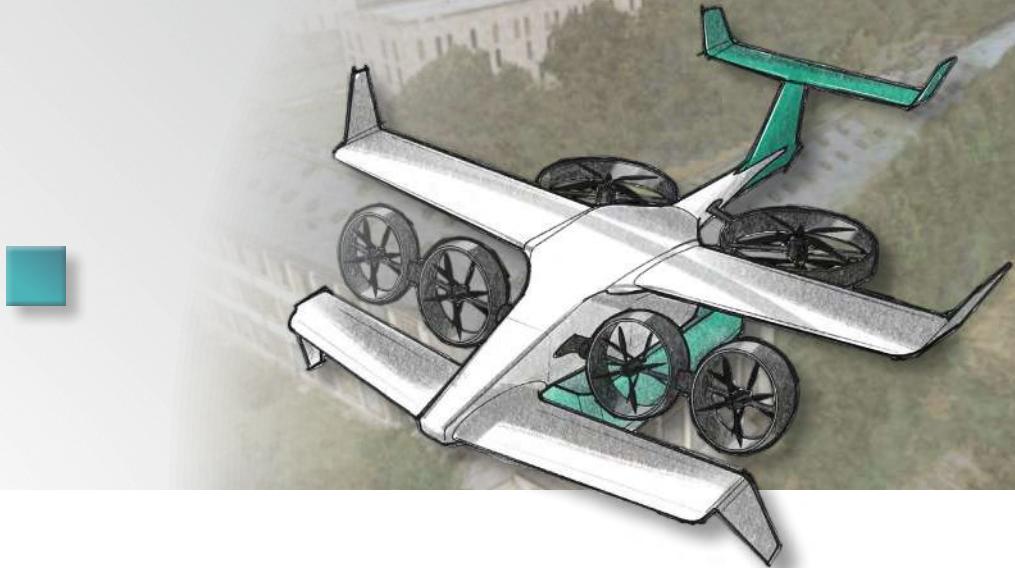
Short-fiber-reinforced plastics allow for lightweight construction and resource efficiency. Using injection molding to manufacture components is cost-effective and allows for great freedom of design. However, the interactions between the material, manufacturing process, operating behavior and service life require a coordinated development process. For this purpose, Fraunhofer LBF has established an interdisciplinary competence team tasked with providing methodological support for all phases of product development. This has resulted in development processes that can be reliably planned and innovative lightweight construction.

**ELEKTROMOBILITÄT, KOSTENEFFIZIENTER
LEICHTBAU, BATTERIESYSTEM****Warum Autos nicht fliegen – Leichtbau-
lösung für batterieelektrische Fahrzeuge.**

Im Fraunhofer LBF wurde ein kosteneffizientes Leichtbau-Batteriegehäuse für batterieelektrische Fahrzeuge entwickelt. Das Gewicht konnte gegenüber Aluminiumgehäusen um 40 Prozent gesenkt werden. Weil das Batteriegehäuse in einem eigens entwickelten hocheffizienten hybriden Verfahren aus Faserkunststoffverbund gefertigt wird und über einen beanspruchungsgerechten Strukturaufbau verfügt, lässt es sich zudem sehr günstig produzieren.

**ELECTROMOBILITY, COST-EFFICIENT LIGHTWEIGHT
CONSTRUCTION, BATTERY SYSTEM****Why cars don't fly – a lightweight
solution for battery electric vehicles.**

A cost-efficient lightweight battery housing for battery electric vehicles has been developed at Fraunhofer LBF. It has been possible to achieve 40 percent reduction in weight compared to aluminum housing. Because the battery housing is manufactured from fiber-reinforced plastic composites using a specially developed, highly-efficient hybrid process and has a structural design that is suitable for the strains it is subjected to, it can also be produced at very low cost.



AGILER MULTICOPTER, EVTOL-GLIDER, TRANSPORT-DROHNE, INTELLIGENTE BATTERIESYSTEME

**Fraunhofer Leitprojekt »ALBACOPTER«:
Experimental Vertical Take-Off and
Landing Glider.**

Durch die Erschließung der dritten Dimension des urbanen Verkehrsraums im Sinne einer Urban Air Mobility (UAM) bieten sich Lösungsansätze zur logistischen Flexibilisierung und zur Überwindung nachteiliger Folgen eines stetig wachsenden Verkehrsaufkommens. Im Rahmen des Fraunhofer-Leitprojekts »ALBACOPTER« entwickeln sechs Institute ein innovatives Drohnenkonzept, das einen bedeutenden Beitrag für einen elektrifizierten autonomen, schadstofffreien (peri-)urbanen Luftverkehr leisten soll.

AGILE MULTICOPTER, EVTOL GLIDER, TRANSPORT DRONE, SMART BATTERY SYSTEMS

Fraunhofer "ALBACOPTER" lighthouse project: Experimental Vertical Take-Off and Landing Glider.



Developing the third dimension of urban traffic space, in terms of Urban Air Mobility (UAM), opens up solutions for increasing logistical flexibility and overcoming the negative consequences of a constantly-increasing volume of traffic. As part of the Fraunhofer "ALBACOPTER" lighthouse project, six institutes are developing an innovative drone concept that will make a significant contribution to electrified autonomous, pollution-free (peri-)urban air traffic.

LASTENFAHRRAD, LEICHTBAURAHMEN, TUBULAR ENERGY SYSTEM TES, NUTZLASTÜBERWACHUNG, TRANSPORTBOXENTWICKLUNG, LEICHTBAUFELGEN

**LastenLeichtBauFahrrad
»L-LBF«.**

Ausführliche Informationen auf **Seite 42**.

CARGO BIKE, LIGHTWEIGHT FRAME, TUBULAR ENERGY SYSTEM TES, PAYLOAD MONITORING, TRANSPORT BOX DEVELOPMENT, LIGHTWEIGHT RIMS

**Lightweight "L-LBF"
cargo bike.**

See **Page 42** for detailed information.





LEICHTBAURAHMEN, TUBULAR ENERGY SYSTEM TES, NUTZLASTÜBERWACHUNG,
TRANSPORTBOXENTWICKLUNG, LEICHTBAUFELGEN

LastenLeichtBauFahrrad »L-LBF«.

Lightweight "L-LBF" cargo bike.

Lastenfahrräder, auch Cargo-Bikes genannt, stellen im Stadtverkehr eine wichtige Alternative zum Auto dar. Sie sind umweltbewusst, flexibel, schnell und klimafreundlich. Junge Familien, Handwerker und Lieferdienste nutzen Cargo-Bikes im Straßenverkehr. Das Fraunhofer LBF entwickelt nachhaltige, sichere und zuverlässige Lösungen für die nächste Generation von Lastenrädern.

Als Ausgangszustand wurden handelsübliche Lastenfahrräder verwendet. Ein Ziel des Projekts war die praxisnahe Klärung besonderer Chancen für die Einsparung von Masse am Cargo-Bike. Bei einem Dreirad in Bakfietsbauweise wurde durch ein Redesign des Rahmens in Kombination mit einem Werkstoffwechsel von einer Stahl- auf eine Aluminiumlegierung eine Gewichtsreduktion des Vorderwagens von ca. 40 Prozent bzw. mehr als 40kg erreicht. Das Herzstück dieses neu konzipierten Rahmens bildet ein mehrfach gekrümmtes Aluminiumtragrohr, in welches diebstahlsicher und gut geschützt vor äußeren Witterungsbedingungen ein für dieses Rad entwickeltes röhrenförmiges Batteriesystem, auch Tubular Energy System (TES) genannt, integriert wird. Das ursprünglich außen am Fahrradrahmen montierte Akku-System bot dem Fahrer eine Kapazität von 500 Wh, während das neuartige TES 80 Li-Ionen-Zellen beinhaltet und eine Kapazität von 1000 Wh zur Verfügung stellt.

Sensorische Verbindungselemente wurden ebenfalls in diesem Projekt entwickelt. Sie befinden sich zwischen Vorderwagenrahmen und Transportbox und dienen der sicheren, überwachten Verbindung. Die Kraftsensor-module beinhalten kapazitive Sensorschichtsysteme, die auf dielektrischen Elastomeren basieren. Vier der nur 8 mm dicken Sensormodule werden als Verbindungselemente in die Eckbereiche der Transportbox montiert und bieten die Möglichkeit, die Nutzlast, deren Lage und Verteilung in der Box kontinuierlich während der Fahrt zu

prüfen. Zusätzlich ermöglichen sie aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit die Messung des Straßenzustands, woraus weitere Geschäftsmodelle abgeleitet werden können. Die Sensordaten werden dem Fahrer auf einem Display angezeigt.

Die Transportbox ist ein wichtiges Element im Hinblick auf die Ladung. Um eine besonders leichte Lösung zu demonstrieren, wird eine Box mit additiv gefertigten bionischen Strukturen in Kombination mit kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen aufgebaut. Die Integration von Crash-Strukturen ist für den Transport von empfindlichen Lasten möglich. Zusätzlich wurde als ökologisch nachhaltige Lösung eine Box aus Biomaterialkombinationen, z. B. Wiesengras mit Flachfasern, gebunden mit Biopolymer, konstruiert. Aufgrund ihrer thermisch-isolierenden Eigenschaften sind diese Boxen ideal für den Transport von z. B. warmen Speisen geeignet.

An einem Long John Lastenrad wurde zusätzlich ein aktives System zur Reduktion des Lenkerflatterns realisiert. Mit dem integrierten geregelten Sensor-Aktorsystem werden sowohl Fahrkomfort als auch Fahrsicherheit gerade bei längeren Strecken deutlich erhöht. Damit werden die Akzeptanz und der Nutzen dieser Verkehrsträger weiter erhöht.

*Mit LBF-Technologie modifiziertes
Dreispur-Lastenfahrrad.
Three-wheeled cargo bike
modified with LBF technology.*





*Ultraleichte
Transportbox mit
Crash-Strukturen.
Ultralight cargo
box with crash
structures.*

**Detaillierte
Informationen online:**
www.lbf.fraunhofer.de/l-bf
**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
lightweight-cargo-bike](http://www.lbf.fraunhofer.de/lightweight-cargo-bike)



Cargo bikes represent an important alternative to cars in urban traffic. They are environmentally aware, flexible, fast and climate-friendly. Young families, craftsperson and delivery services use cargo bikes on the road. Fraunhofer LBF is developing sustainable, safe and reliable solutions for the next generation of cargo bikes.

Commercially-available cargo bikes were used for the initial condition. One aim of the project was to clarify specific opportunities for saving mass on the cargo bike in a practical way. In the case of a tricycle with a Bakfiets structure, redesigning the frame, along with a change of material from a steel to an aluminum alloy, resulted in the weight of the front end being reduced by approximately 40 percent, or more than 40 kilograms. At the heart of this redesigned frame is a multi-curved aluminum support tube into which a tubular battery system developed for this bike, also known as the Tubular Energy System (TES), is integrated in a way that is theft-proof manner and keeps it well-protected from external weather conditions. The battery system originally mounted on the outside of the bike frame provided the rider with a capacity of 500 Wh, while the innovative TES contains 80 Li-ion cells and provides a capacity of 1000 Wh.

Sensory connecting elements were also developed as part of this project. These are located between the front-end frame and the transport box and serve to ensure a secure connection that can be monitored. The force sensor modules contain capacitive sensor layer systems based on dielectric elastomers. Four of the sensor modules, which are only 8 millimeters thick, are mounted as connecting elements in the corner areas of the transport box and provide the option of continuously checking the payload, its position and its distribution in the box during the ride. In addition, their high level of sensitivity enables them to measure road conditions, from which further business models can be derived. The sensor data is shown to the rider on a display.

The transport box is an important element in relation to the load. To demonstrate a particularly lightweight solution, a box is being built with additively manufactured bionic structures in combination with carbon fiber reinforced plastics. Crash structures can be integrated for transporting sensitive loads. Moreover, a box made of combinations of biomaterials, e.g. meadow grass with flax fibers, bonded with biopolymer, was constructed as an ecologically sustainable solution. Due to their thermal-isolating properties, these boxes are ideal for transporting things such as hot food.

The Long John cargo bike also features an active system to reduce handlebar wobble. With the integrated controlled sensor-actuator system, both ride comfort and ride safety are significantly increased, especially over longer distances. This further increases the acceptance and benefits of this mode of transport.



Sensormodul
Sensor module

ANSPRECHPARTNERIN I CONTACT

Dr. Saskia Biehl
+49 6151 705-282
saskia.biehl@lbf.fraunhofer.de

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Future Mobility.

Die Mobilität befindet sich in einem nachhaltigen Transformationsprozess. Sie wird zunehmend als vernetztes System unterschiedlicher Mobilitätsträger und Betreibermodelle verstanden. Nicht zuletzt durch die Kritik hinsichtlich zunehmender Belastungen im Kontext des Klimawandels und der nötigen Dekarbonisierung sind die Anforderungen an die mobile Ressourceneffizienz nochmals massiv gestiegen. Sie fordern die Entwicklung neuer Antriebstechnologien, leichterer Bauweisen und alternativer Mobilitätskonzepte heraus. Die fortschreitende Elektrifizierung mobiler Systeme, die Intermodalität der Verkehrsträger und die Einführung zunehmend automatisierter Fahrfunktionen sind in technischer und organisatorischer Sicht ein wesentlicher Baustein der zukünftigen Mobilität. Gleiches gilt für die verstärkte Nutzung und Entwicklung neuer Klein- und Kleinstfahrzeuge im Individualverkehr, wie z.B. Pedelecs, Lastenfahrräder, E-Scooter – oder auch zunehmend Drohnen. Das Thema Shared-Mobility bietet ebenfalls technische Herausforderungen von smarten digitalen Lösungen, App-Entwicklungen, verteilten Funktionen bis hin zur Materialtechnologie – zumal hier gänzlich neue Nutzungsszenarien zu beherrschen sind.

Neue zukünftige Mobilitätslösungen, egal ob zu Lande – auf Straße oder Schiene –, zu Wasser oder in der Luft müssen vordergründig sicher und zuverlässig funktionieren, gleichzeitig jedoch kostengünstig und effizient realisiert und betrieben werden können. Darüber hinaus müssen sie aber auch den weiter steigenden Anforderungen an Anzahl der Mobilitätsträger, an Individualisierung und an Nachhaltigkeit im Personen-, im Nutzfahrzeug- und im Sonderfahrzeugbereich genügen. Damit verbunden sind Fragen nach geeigneten Leichtbaulösungen, zuverlässiger Auslegung von Systemen, intelligenten Struktur- und Überwachungsfunktionen, nachhaltigen Materialien bis hin zu der Nutzung von Biowerkstoffen zu beantworten. Das Leistungsfeld **Future Mobility** am Fraunhofer LBF bündelt in diesem Zusammenhang die Arbeiten der anderen Leistungsfelder hinsichtlich deren Anwendung in Mobilitätslösungen, z.B. cyberphysische Methoden zur entwicklungsbegleitenden Validierung neuer Mobilitätstechnologien, alternative Antriebskonzepte, bauteilintegrierte Batteriesysteme oder neuartige Ultraleichtbaulösungen. Einen Schwerpunkt der Arbeiten bildet die Elektromobilität sowohl mit batterie-elektrischen als auch Brennstoffzellensystemen.

»Mit unseren Methoden unterstützen und gestalten wir die Umsetzung auch zukünftiger innovativer Fahrzeugkonzepte.«

**Detaillierte
Informationen online:**

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

**Detailed
information online:**

[www.lbf.fraunhofer.de/
future-mobility-en](http://www.lbf.fraunhofer.de/future-mobility-en)





“With our methods, we are also supporting and shaping the implementation of future innovative vehicle concepts.”

Mobility is undergoing a sustainable transformation process. It is increasingly understood as a networked system of different mobility solutions and operator models. The demands on mobile resource efficiency have once again massively increased, not least due to criticism regarding increasing pressures in relation to climate change and the decarbonization required. They make it necessary to develop new drive technologies, lighter construction methods and alternative mobility concepts. The progressive electrification of mobile systems, the intermodality of modes of transport and the introduction of increasingly automated driving functions are an essential building block in the movement toward future mobility, from a technical and organizational perspective. The same applies to the increased use and development of new small and micro vehicles in the field of private transport, such as pedelecs, cargo bikes, e-scooters – or increasingly drones. The topic of shared mobility also offers technical challenges ranging

from smart digital solutions, app developments, and distributed functions to material technology – especially because, in this context, it is necessary to master entirely new usage scenarios.

New future mobility solutions whether on land, by road or rail; on water or in the air – must function safely and reliably, while, at the same time, being cost-effective and efficient to implement and operate. Yet they must also meet the ever-increasing requirements in terms of the number of mobility carriers, individualization and sustainability in the passenger vehicle, commercial vehicle and special vehicle sectors. The consistent focus on a thermoplastic and thermoplastics-based approach has led to questions being asked about suitable lightweight solutions, reliable system design, intelligent structural and monitoring functions, sustainable materials and even the use of biomaterials. In this context, the **Future Mobility** area of expertise at Fraunhofer LBF combines the work of the other areas of expertise in relation to their application in mobility solutions, e.g. cyber-physical methods for the validation of new mobility technologies that accompany the development of alternative drive concepts, component-integrated battery systems or innovative ultra-lightweight construction solutions. One focus of the work is electromobility, using both battery-electric and fuel cell systems.

LEISTUNGSFELD | AREA OF EXPERTISE

Future Mobility.

**ELEKTRONIK ENTWICKLUNG, SOFTWARE OPTIMIERUNG, LEBENDAUERABSCHÄTZUNG****Hocheffizientes ultra-low-power BMS für energiesensible Anwendungen.**

Häufig werden Pedelecs, E-Bikes oder elektrische Leicht-Kraftfahrzeuge saisonabhängig für einen längeren Zeitraum nicht genutzt. In diesen Zeiträumen kann es zur ungewollten Tiefentladung der Energiespeicher und deshalb zu Schäden, teuren Reparaturen oder dem Austausch der Akkus kommen. Um diese Einschränkungen zu vermeiden und konsequent auch bei längeren Zeiträumen der Nicht-Benutzung die gewünschte Langlebigkeit des Energiespeichers zu gewährleisten, wurde im Fraunhofer LBF ein Batteriemanagementsystem (BMS) mit einer besonders energieeffizienten, dauerhaften und kontinuierlichen Speicherüberwachung entwickelt.

ELECTRONICS DEVELOPMENT, SOFTWARE OPTIMIZATION, SERVICE LIFE ESTIMATION**High-efficiency ultra-low-power BMS for energy-sensitive applications.**

Depending on the season, pedelecs, e-bikes or light electric vehicles often may not be used for long periods of time. These periods can lead to the unintentional deep discharge of the energy storage units and, in turn, to damage, the need for expensive repairs or having to replace the batteries. To prevent these limitations and consistently ensure the desired longevity of the energy storage unit even during long periods of non-use, a battery management system (BMS) with particularly energy-efficient, permanent and continuous storage monitoring has been developed at Fraunhofer LBF.

**WÄRMELEITFÄHIGKEIT, WÄRMEISOLATION, WÄRMESPEICHERUNG****Kunststoffe im Thermomanagement.**

Ein effizientes Thermomanagement bedeutet die anforderungsgerechte Steuerung von Wärmeströmen, so dass für jeden Betriebszustand ein Optimum erreicht werden kann. Es ist so ein zentrales Element zur Energie- und Ressourceneffizienz, z. B. in der Elektromobilität, Beleuchtungs- oder Gebäudetechnik. Das Fraunhofer LBF verfügt über langjährige Kompetenz im Bereich Funktionskunststoffe für das Thermo management. Ausgewählte Projekte des Jahres 2020 beschäftigten sich mit der Entwicklung von Phasenwechselmaterialien und dem Gesamt-Design einer Traktionsbatterie mit integriertem Thermomanagement.

THERMAL CONDUCTIVITY, THERMAL INSULATION, HEAT STORAGE**Plastics in thermal management.**

Efficient thermal management means controlling heat flows in line with requirements so that an optimum can be achieved for each operating state. This makes it a key element of energy and resource efficiency, e.g. in electromobility, lighting and building technology. Fraunhofer LBF has many years of expertise in the field of functional plastics for thermal management. Selected projects in 2020 dealt with the development of phase change materials and the overall design of a traction battery with integrated thermal management.



NUTZFAHRZEUG, ANTRIEB, DEFOSILISIERUNG

CO₂-Minderung durch Energieeffizienz im leichten Verteilerverkehr.

Logistik und Transport werden deutlich dominiert vom Straßengüterverkehr und verursachen mehr als 5,5 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen. Ab 2025 müssen die in der Europäischen Union neu zugelassenen Nutzfahrzeuge spezifische Emissionsziele erreichen; bei zu hohen Fahrzeugemissionen werden Strafzahlungen von bis zu 65.000 € pro verkauftem Fahrzeug fällig. Speziell für Fahrzeuge des leichten Verteilerverkehrs bietet sich das im Fraunhofer LBF patentierte Konzept des generator-elektrischen Antriebs an. Es verknüpft in besonderer Weise Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit.

COMMERCIAL VEHICLE, DRIVE, DEFOSILIZATION

CO₂ reduction through energy efficient light distribution transport.

Logistics and transport are clearly dominated by road freight transport and account for more than 5.5 percent of global CO₂ emissions. From 2025, new commercial vehicles registered in the European Union will have to meet specific emission targets; if vehicle emissions are too high, penalties of up to € 65,000 per vehicle sold will be imposed. The generator-electric drive concept patented at Fraunhofer LBF is especially suitable for light distribution vehicles. It combines energy efficiency and economy in a special way.



AUTONOMES FAHREN, SENSORNETZWERK, DIGITALER ZWILLING, KÖNIGSZAPFEN

Zustandsüberwachung automatisiert fahrender Fahrzeuge.

Ausführliche Informationen auf **Seite 48**.

AUTONOMOUS DRIVING, SENSOR NETWORK, DIGITAL TWIN, KINGPIN

Condition monitoring of self-driving vehicles.

See **Page 48** for detailed information.





AUTONOMES FAHREN, SENSORNETZWERK, DIGITALER ZWILLING, ZUSTANDSDIAGNOSE, KINGPIN

Zustandsüberwachung automatisiert fahrender Fahrzeuge.

Condition monitoring of self-driving vehicles.

Der Fahrer eines konventionellen Fahrzeugs lenkt dieses sicher vom Start- zum Zielort und hat dabei auch den Zustand seines Fahrzeugs im Blick. Doch wer überwacht den Fahrzeugzustand, bei autonom fahrenden Vehikeln, wenn der Fahrer nicht mehr an Bord ist? Im Forschungsprojekt »IdenT« arbeiten Forschende aus dem Fraunhofer LBF gemeinsam mit Projektpartnern an der Umsetzung von Konzepten zur Zustandsbestimmung fahrdynamischer und sicherheitsrelevanter Komponenten eines Trailers, der Trailerdynamik und der Umgebung. Diese Informationen können automatisierte Fahrfunktionen der Zugmaschine verwenden, um die Fahr- aufgaben zu optimieren und autonomes Fahren sicherer zu machen.

Digitaler Zwilling und Sensornetzwerk unterstützen die Zustandsüberwachung

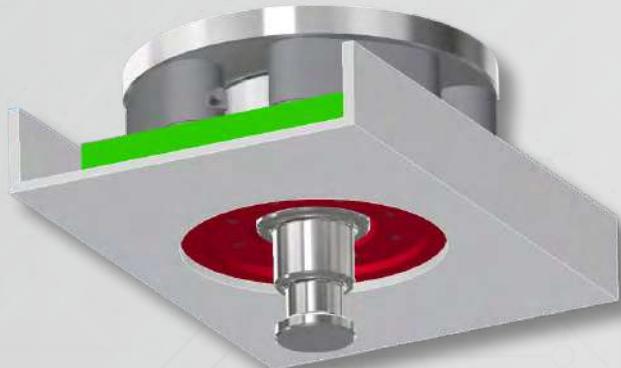
Das »IdenT«-System baut auf einer cloudbasierten Datenplattform auf, die im regelmäßigen Datenaustausch zwischen Trailer-Datennetzwerk, digitalem Online-Zwilling und digitalem Offline-Zwilling steht. Letzterer dient zur numerischen Simulation betriebsfestigkeitsrelevanter Fahrsequenzen sowie zur Plausibilisierung von Messdaten und Daten eines Online-Zwillings. Zentrales Element des Offline-Zwillings bildet ein detailliertes MKS-Modell eines LKW-Trailers, bei dem spezifische Modellparameter durch unterschiedliche Identifikationsverfahren einem regelmäßigen Update-Prozess unterliegen. Ziel ist einerseits, ein zeitvariantes Verhalten, beispielsweise an der Ladung, sowie Verschleiß bzw. Defekte an Fahrwerkskomponenten zu identifizieren und diese auf das Simulationsmodell zu projizieren. Andererseits werden durch die numerische Simulation einzelner Fahrsequenzen das dynamische Verhalten des Trailers und damit der Komponentenschnittlasten bestimmt, aus denen eine Prognose des Betriebsfestigkeitszustandes abgeleitet werden kann.

Was der menschliche Lkw-Fahrer über Augen, Ohren und Fahrgefühl wahrnimmt, erfasst bei »IdenT«-Trailer ein Sensornetzwerk. Dieses stellt den digitalen Zwillingen

relevante physikalische Größen zur Interpretation bereit. Der Fokus liegt auf energiesparsamen Sensorkonzepten, die im realen Betrieb wirtschaftlich und mit hoher Zuverlässigkeit funktionieren. Dazu werden die Messdaten im Sensorknoten bereits vorverarbeitet, was das Datenvolumen reduziert und die zur Funkübertragung benötigte Energie minimiert. Die Expertenteams im Fraunhofer LBF evaluieren auch, welche Mindestanforderungen an die Sensordatenqualität gestellt werden müssen, um ein solches System kostengünstig aber dennoch zuverlässig aufzubauen.

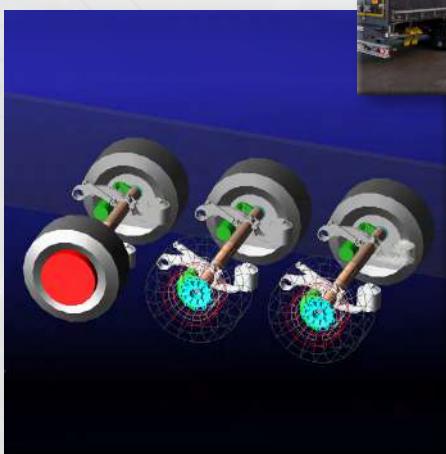
Sensierter KingPin

Der KingPin ist die Anhängekupplung zwischen Zugmaschine und Trailer. Über dieses Element werden alle Kräfte übertragen die beim Bremsen, Beschleunigen oder bei der Kurvenfahrt entstehen. Bei »IdenT« wird einmalig eine hochgenaue Kraftmesseinrichtung am KingPin aufgebaut. Damit werden im Fahrversuch Messdaten gesammelt und mit dem Digitalen Zwilling abgeglichen, so dass diese Schnittkräfte zukünftig durch Modelle bestimmt werden können. Als Messelemente am KingPin nutzen die Fraunhofer-Spezialisten eine Messplattform, die alle Kräfte und Momente am Pin erfasst.



KingPin mit Messplattform zur Erfassung der Anbindungskräfte zwischen Trailer und Zugmaschine.
KingPin with measurement platform for recording the connection forces between trailer and unit.

*MKS-Modell der Achsen im Offline-Zwilling IdenT-Trailer.
MBS model of the axles in the offline twin IdenT-trailer.*



Detaillierte Informationen online:
www.lbf.fraunhofer.de/zustandsueberwachung
Detailed information online:
www.lbf.fraunhofer.de/condition-monitoring



Drivers of conventional vehicles steer them safely from their starting point to their destination, while keeping an eye on the vehicle's condition. But who monitors the condition of autonomous vehicles when the driver is no longer there? As part of the "IdenT" research project, researchers are developing a concept for determining the condition of trailer components relating to driving-dynamics and relevant to safety, as well of the trailer dynamics and the surrounding environment. The automated driving functions of the tractor can use this information to optimize driving tasks and make autonomous driving safe.

Digital twin and sensor network support condition monitoring

The "IdenT" system is built on a cloud-based data platform that regularly exchanges data between the trailer data network, digital online twin and digital offline twin. The latter serves to numerically simulate driving sequences relevant to structural durability and check the plausibility of measurement data, as well as data from an online twin. The central element of the offline twin is a detailed MBS model of a truck trailer in which specific model parameters are subjected to a regular update process using a variety of identification procedures. On the one hand, the aim is to identify time-variant behavior, for example, in the load, as well as wear or defects in chassis components, and to project these onto the simulation model. On the other hand, the numerical simulation of individual driving sequences determines the dynamic behavior of the trailer and thus the component internal loads, from which a prognosis of the condition regarding structural durability can be deduced.

In "IdenT" trailers, a sensor network records what the human truck driver perceives through their eyes, ears and the sensation of driving. This provides the digital twins with relevant physical quantities for interpretation. The focus is on energy-saving sensor concepts that function economically and are highly-reliable when actually in operation. For this purpose, the measurement data is already preprocessed in the sensor node, thereby reducing the data volume and minimizing the energy required for radio transmission. The expert teams at Fraunhofer LBF are also evaluating what minimum requirements need to be in place for sensor data quality to allow such a system to be built in a cost effective but reliable way.

Sensory KingPin

The KingPin is the trailer coupling that links the tractor and trailer. All forces that occur during braking, acceleration or cornering are transmitted through this element. "IdenT" involves mounting a unique high-precision force measuring device on the KingPin. This allows measurement data to be collected in the road test and compared with the digital twin so that these internal forces can be determined by models in the future. As measuring elements on the KingPin, the Fraunhofer specialists utilize a measurement platform that records all forces and moments that the pin is subject to.

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie**

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

ANSPRECHPARTNER | CONTACT

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

Johannes Käsgen
+49 6151 705-613
johannes.kaesgen@lbf.fraunhofer.de

Betriebsfestigkeit.

Structural Durability.

Die Betriebsfestigkeit, als eine der leistungsfähigsten Methoden zur lebensdauerorientierten Bemessung von Bauteilen und Strukturen bildet seit seiner Gründung das Fundament der Forschungsaktivitäten unseres Instituts. Die Mobilitätsindustrie, der Maschinen- und Anlagenbau oder die Erneuerbaren Energien profitieren von gleichermaßen leichten und für die gesamte Betriebs- und Nutzungsphase sicher und zuverlässig gestalteten Produkten. Wir haben mit dem 8-Stufen Blockprogramm von Ernst Gaßner einen wichtigen Teil in der Geschichte der Betriebsfestigkeit geschrieben. Heute verknüpfen wir die modernsten numerischen, messtechnischen und experimentellen Verfahren der Betriebsfestigkeit zu einer Lösungsqualität, die unserem Anspruch entspricht: »Wir machen Leichtbau. Zuverlässig.«

»*Betriebsfestigkeit ist für uns die Verpflichtung, die Digitalisierung maschinenbaulicher Produkte zu nutzen und zu gestalten!*«

Methoden und Verfahren zur lebensdauerorientierten Bemessung von Strukturen und der Nachweis von Sicherheit und struktureller Integrität sind unsere Kernkompetenzen. Diese finden Sie in erfolgreichen Produkten, in Werkstoff- und Bauteilinnovationen sowie in neuartigen Prozessen, wie z. B. in der Additiven Fertigung.

Im Zuge der Digitalisierung werden diese Kernkompetenzen um leistungsfähige Instrumente der cyber-physischen Simulation und einer vom LCF- bis hin zum VHCF-Regime durchgängigen Beschreibung zyklischer Werkstoffeigenschaften erweitert.

Mit hoher Anwendungsorientierung forschen und arbeiten wir für die lebensdauerorientierte Gestaltung sicherer Bauteile, Baugruppen und Systeme im Straßen- und Schienenfahrzeugbau, in der Schifffahrt, in der Luftfahrt,

aber auch im Kranbau oder für Windenergieanlagen. Vom Werkstoff bis zur kompletten Struktur – unsere beiden Abteilungen sind spezialisiert und unterstützen Sie fachmännisch.

Werkstoffe und Bauteile

- Betriebsfestigkeit von metallischen Werkstoffen und Bauteilen unter zyklischer Schwingbelastung mit konstanten und variablen Lastamplituden.
- Entwicklung und Anwendung numerischer Methoden zur Bauteilbemessung unter Berücksichtigung von Fertigungseigenschaften und Oberflächennachbehandlung.
- Effiziente Ermittlung der Schwingfestigkeit von Bauteilen und statistische Auswertung von Wöhler- und Gaßnerlinien.
- Angepasste Prüftechnik für Kleinlastprüfungen mit hochgenauer, reproduzierbarer Kraft- und Wegvorgabe.
- Schwingfestigkeit von Werkstoffen und Bauteilen unter der Einwirkung von aggressiven Medien, wie z. B. Kraftstoffe, korrosive wässrige Lösungen oder Wasserstoff.

Baugruppen und Systeme

- 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.

**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
betriebsfestigkeit](http://www.lbf.fraunhofer.de/betriebsfestigkeit)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
structural-durability](http://www.lbf.fraunhofer.de/structural-durability)



Structural Durability as one of the most powerful methods in lifetime-oriented design of components and structures forms the basis of our institute's research activities since its founding. The mobility industry, mechanical and plant engineering and renewable energies benefit from equally light and reliable products designed for the entire operating and utilization phase. In terms of structural durability, we have reached a historic milestone with the 8-step block program from Ernst Gaßner. Today, we combine state-of-the-art numerical, metrological and experimental methods of structural durability with a solution quality that meets our standards: "We create lightweight construction. Reliably."

Methods and procedures for the fatigue life oriented assessment of structures and proof of safety and structural integrity are our core competencies. They can be found in successful products, in material and component innovations as well as in novel processes, such as in additive manufacturing.

As part of digitalization, these core competencies within powerful instruments are supplemented by cyber-physical simulation and a description of cyclical material characteristics extending continuously from the LCF through the VHCF regime.

"To us, structural durability is the obligation to harness and shape the digitalization of engineering products!"

With a strong focus on applicability, our research and work is dedicated to the fatigue life oriented design of safe components, assemblies and systems in road and railway vehicle construction as well as in shipping and aviation, but also in crane manufacturing and for wind turbines. Our two divisions are specialized in everything

Rüdiger Heim
Bereichsleiter Betriebsfestigkeit
und Systemzuverlässigkeit
+49 6151 705-283
ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de



from the material to the complete structure and will support you expertly.

Materials and Components

- Structural durability of metallic materials and components under cyclic oscillation loading with constant and variable amplitude loading.
- Development and application of numerical methods for component dimensioning with the consideration of manufacturing properties and surface post-treatment.
- Efficient determination of the fatigue strength of components and statistical evaluation of Wöhler and Gaßner lines.
- Adapted testing technology for low-load tests with high-precision, reproducible force and deflection specification.
- Fatigue strength of materials and components under the influence of aggressive media, such as fuels, corrosive aqueous solutions or hydrogen.

Assemblies and Systems

- 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.

Adaptronik.

Smart Structures.

»Für unsere Kunden entwickeln wir Methoden und Prozesse für smarte und zuverlässige Leichtbaustrukturen.«

Im Fokus der Forschungsarbeiten des Bereichs steht die Analyse, Beeinflussung und Optimierung des schwingungstechnischen Verhaltens von Komponenten und Strukturen sowie die Steigerung der Zuverlässigkeit mechanischer Systeme. Zur Verbesserung der Systemeigenschaften werden neben Leichtbauprinzipien 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 sowie 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.

Detaillierte Informationen online:
[www.lbf.fraunhofer.de/
adaptronik](http://www.lbf.fraunhofer.de/adaptronik)

Detailed information online:
[www.lbf.fraunhofer.de/
smart-structures](http://www.lbf.fraunhofer.de/smart-structures)



Strukturdynamik und Schwingungstechnik

- 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

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



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



The research work in this area focuses on analyzing, influencing and optimizing the vibration behavior of components and structures as well as 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.

"We develop methods and processes for smart and reliable lightweighting structures for our customers."

Structural Dynamics and Vibration Technology

- 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

- 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.
- Adapted Condition and Structural Health Monitoring Systems.

Kunststoffe.

Plastics.



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, Kunststoff-Additive 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.

Gleichzeitig erfordern zunehmende Anforderungen an Nachhaltigkeit neue Lösungen hinsichtlich Kreislaufwirtschaft und Recycling oder der Entwicklung von Biokunststoffen.

Alle zur Realisierung anspruchsvoller Kunststoffanwendungen 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.

»Wir entwickeln langlebige und sichere Kunststoffe mit verbesselter Recyclingfähigkeit sowie neue Technologien für eine effiziente Kreislaufwirtschaft.«

Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung

- 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.
- Auslegung und prototypische Fertigung konventioneller und funktionsintegrierter Kunststoffbauteile

Polymersynthese

- 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

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



**Detaillierte
Informationen online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
kunststoffe](http://www.lbf.fraunhofer.de/kunststoffe)

**Detailed
information online:**
[www.lbf.fraunhofer.de/
plastics](http://www.lbf.fraunhofer.de/plastics)



*Prof. Dr. Rudolf Pfaendner
Bereichsleiter Kunststoffe
+49 6151 705-8605
rudolf.pfaendner@lbf.fraunhofer.de*



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 additives, 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.

At the same time, increasing demands on sustainability require new solutions in terms of a circular economy and recycling or the development of bioplastics.

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 Processing and Component Design

- 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.
- Design and prototype production of conventional, fiberreinforced and function-integrated plastic components.

Polymer Synthesis

- 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

- Development of additives for customized modification of properties, e. g. with regard to material safety, reliability, failure characteristics, sustainability, resource efficiency.
- Materials analysis, polymer analysis and characterization.
- Development of analytical techniques.
- Kinetics of reactive processes.

"We develop long-lasting and safe plastics with improved recyclability as well as new technologies for an efficient circular economy."

LBF Management Team.

LBF management team.

BEREICH BETRIEBSFESTIGKEIT

Structural Durability

**Dipl.-Ing. R. Heim**

+49 6151 705-283

ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de

**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

**Dr.-Ing. S. Herold**

+49 6151 705-259

sven.herold@lbf.fraunhofer.de

**Strukturdynamik und**
Schwingungstechnik
Dipl.-Ing. H. Atzrodt

+49 6151 705-349

heiko.atzrodt@lbf.fraunhofer.de

**Experimentelle Analyse und**
Elektromechanik
Dipl.-Ing. M. Matthias

+49 6151 705-260

michael.matthias@lbf.fraunhofer.de

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 705-8514

thorsten.hering@lbf.fraunhofer.de

INSTITUTSLEITUNG

Management of the institute



Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. T. Melz
tobias.melz@lbf.fraunhofer.de

BEREICH KUNSTSTOFFE

Plastics



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



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



Polymersynthese
Dr. Frank Schönberger
+49 6151 705-8705
frank.schoenberger@lbf.fraunhofer.de



Rezepturentwicklung und
Dauerhaftigkeit
Prof. 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
www.sam.tu-darmstadt.de



STABSSTELLEN

Staff sections



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



Ultraleichtbau
Dr.-Ing. S. Biehl
+49 6151 705-282
saskia.biehl@lbf.fraunhofer.de



Wissenschaftlich-Technische
Betriebsorganisation
Dr. K. Burlon
+49 6151 705-8899
konrad.burlon@lbf.fraunhofer.de



Technologiemarketing
und Kommunikation
H. Hahnenwald
+49 6151 705-8330
heiko.hahnenwald@lbf.fraunhofer.de



Organisationsentwicklung
I. Langer
+49 6151 705-371
ilona.langer@lbf.fraunhofer.de



Smart Digital Solutions
Dr.-Ing. Ch. Thyes
+49 6151 705-8228
christian.thyes@lbf.fraunhofer.de



Arbeitsschutz
R. Wirth
+49 6151 705-332
reinhard.wirth@lbf.fraunhofer.de

Allianzen und Netzwerke.

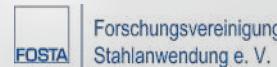
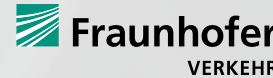
Alliances and networks.

Mit unserem Engagement in Verbünden und markt-orientierten Netzwerken innerhalb und außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft erweitern wir Ihre und unsere Möglichkeiten in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht. Fest verankert ist das LBF im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS, welcher seit mehr als 20 Jahren die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft bündelt. Darüber hinaus schafft die enge, interdisziplinäre Zusammenarbeit mit unseren spezialisierten Schwester-Instituten in leitmarktorientierten Allianzen hervorragende Voraussetzungen für den Aufbau von Systemleistungen und verstärkt unsere Innovationskraft für die Auslegung Ihrer Produktentwicklungen. Seit 2019 engagieren wir uns auch im Verbund Verteidigungs- und Sicherheitsforschung.

Gleichzeitig können wir mit 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.**

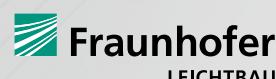


Brüssel

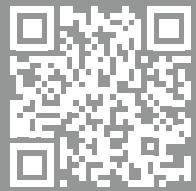


Hessen Aviation

materials valley







DIGITAL IM DIALOG!
www.lbf.fraunhofer.de/jahresbericht