

Kräfte bündeln.  
Zukunft gestalten.

---

Jahresbericht 2021





# Umwelt, Sicherheit, Zukunft – auch wir im Fraunhofer LBF arbeiten an Lösungen für diese globalen Themen.«

**Impressum.**

**Herausgeber:** Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Bartningstraße 47, 64289 Darmstadt, Telefon: +49 6151 705-0, info@lbf.fraunhofer.de, www.lbf.fraunhofer.de **Institutsleitung:** Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz  
**Redaktion:** Heiko Hahnenwald **Koordination:** Anke Zeidler-Finsel **Konzeption:** Fraunhofer LBF, Technologiemarketing und Kommunikation  
**Design/Konzeption:** www.gute-botschafter.de **Druck:** www.muellerditzten.de  
**Fotografie:** LBF-Archiv, Ursula Raapke, Katrin Binner, Piotr Banczerowski, IPG Automotive GmbH, AdobeStock (BANU SEVIM, pegasosart, belyaaa, iirtlon, cegli, BigBlueStudio, mirkomeia, Doris Gräf, heike114, New Media & Films, oatawa, marvent, Oleg Breslavtsev, vegefox.com, Farknot Architect), pixabay (geralt), Piotr Krzeslak, AA+W  
 © Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt, April 2022  
 Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten.

## 2021 im Überblick

<b>Einblicke</b>	
Nachhaltig. Sicher. Vorausschauend. ....	4
Kuratorium .....	7
Das Fraunhofer LBF in Zahlen 2021 .....	8
<b>Forschung mit System!</b>	
Digital Engineering .....	10
Smart Solutions .....	16
Reliability Design .....	22
Circular Economy .....	28
Ultra Lightweight Design .....	34
Future Mobility .....	40
<b>Einblicke</b>	
Events .....	45
<b>Forschungsbereiche</b>	
Betriebsfestigkeit .....	49
Adaptronik .....	50
Kunststoffe .....	51
<b>Einblicke</b>	
LBF Management Team .....	52
Netzwerke .....	54



Der Jahresbericht 2021 – digital  
[www.lbf.fraunhofer.de/jahresbericht](http://www.lbf.fraunhofer.de/jahresbericht)



# Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Leichtbau sind zentrale Herausforderungen unserer Zeit. Wir sorgen für smarte Lösungen in technischen Anwendungen.»

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz,  
Institutsleiter

## Nachhaltig. Sicher. Vorausschauend.

### Sehr geehrte Kunden und Partner des Fraunhofer LBF!

Das Jahr 2021 stellte erneut die ganze Welt vor große und vielfältige Herausforderungen, die uns in den kommenden Jahren wirtschaftlich, gesellschaftlich und politisch, privat und beruflich betreffen. Veränderungsdynamik und Handlungsdruck sind spürbar groß, Diskussionen und Einschätzungen mitunter kategorisch und emotional. Das erschwerte es, positive Perspektiven zu erkennen und greifbare Lösungen anzugehen. Mitunter scheint es, einfach mehr gemeinsamen Mut, ehrliches Verstehen und vertrauensvolle Entschlossenheit zu brauchen, um zügigen und nachhaltigen Fortschritt zu erreichen. »Wenn wir uns in einer Krise zu bewähren haben, dann werden uns auch die Kräfte zuwachsen.« (R. v. Weizsäcker). Insofern sehe ich in den Herausforderungen unserer Zeit hervorragende Chancen für unsere Zukunft!

Wir haben auch im letzten Jahr unsere Zukunftsagenda konsequent fortgesetzt. Im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten haben wir unsere Kernthemen Leichtbau, Nachhaltigkeit und Digitalisierung über alle Phasen der Produktgestaltung über Absicherung und Nutzung bis hin zur kreislaforientierten Weiterverwertung für Anwendungen der Mobilität, der Kunststofftechnik und dem Maschinen- und Anlagenbau kontinuierlich vorangetrieben. In einer Vielzahl eigener, kooperativer und direkt beauftragter FuE-Projekte hat unser Team neue Methoden zur zuverlässigen und betriebsfesten Gestaltung von Produkten und Verfahren, neue und effizientere Technologien zur numerischen, experimentellen und cyberphysischen Simulation, nachhaltige Lösungen für biobasierte und rezyklierte Kunststoffe sowie neue Strukturkonzepte für smarte, effiziente Leichtbaulösungen entwickelt. Eine **Auswahl unserer Projekte** haben wir in dem vorliegenden Jahresbericht anhand unserer Leistungsfelder für Sie zusammengefasst.

Zu den Highlights unserer Aktivitäten zählen weitere Entwicklungen im Rahmen des **Clusters Circular Plastics Economy** und das letztjährig gestartete Projekt **Waste4Future**, in denen wir nachhaltige Lösungen für das Recycling und den Einsatz von Kunststoffen erarbeiten. Zusammen mit dem jüngst gestarteten **SUBIZMA**-Projekt baut unser Team in diesen Forschungsvorhaben kontinuierlich seine Angebote zur spezifischen Entwicklung von Additivsystemen aus nachwachsenden Rohstoffen zur Nachstabilisierung von Rezyklaten, zur Abbausteuerung von Kunststoffen oder zur Bereitstellung hochwertiger Substitut-Kunststoffe aus. Auch unser Leistungszentrum **GreenMat4H2**, in dessen Rahmen wir mit Partnern neue Technologien zur Zuverlässigkeitsgestaltung von wasserstoff-beaufschlagten Materialien und Komponenten bereitstellen, tragen wir zur Gestaltung einer nachhaltigen Zukunft bei.

Dafür haben wir auch im letzten Jahr an Leichtbaulösungen für die Mobilität der Zukunft gearbeitet. In mehreren Projekten erforschen wir neue Struktur- und Auslegungskonzepte, mit denen wir schwingungstechnische und akustische Eigenschaften von Strukturen durch sogenannte **vibroakustische Metamaterialien (VAMM)** gezielt und atypisch einstellen und in Leichtbauweise realisieren können. Diese sind besonders in mobilen Systemen des Fahrzeugbaus außerordentlich interessant, jedoch werden sie auch für immobile Anwendungen entwickelt. Im Rahmen des Projekts **ALBACOPTER®** wird eine elektrisch, autonom fliegende Transportdrohne entwickelt – erste Flüge mit Testsystemen wurden von Partnern durchgeführt. Aktuell wird das System- und Strukturkonzept für ein Testsystem mit 7 Meter-Spannweite finalisiert und die fertigungstechnische Umsetzung eingeleitet. Im Rahmen des Projekts **ECO<sub>2</sub>-Line** entwickeln wir additiv gefertigte Leichtbauteile aus naturfaserverstärkten

Kunststoffen, die in Zugwagenübergängen schwerere, konventionelle Metallkonstruktionen ersetzen werden.

Im Zeichen der Digitalisierung entwickeln wir für unsere Kunden regelmäßig individualisierte Spezialwerkzeuge insbesondere für maschinendynamische und multiphysikalische Analysen und die Entwicklung von Systemen und Leichtbaustrukturen. Im letzten Jahr konnten wir in diesem Kontext in einer starken Partnerschaft mit Altair Engineering Inc. eine breit einsetzbare Softwarelösung für die schwingungstechnische Problemanalyse und Strukturoptimierung kommerziell verfügbar machen.

Die Digitalisierung des Entwicklungsprozesses maschinenbaulicher Systeme wurde auch in jüngsten Forschungskooperationen zur Modellierung und Simulation von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Antrieben, Projekt **ORCA**, der prädiktiven Maschinenwartung mit verteilter KI, **ProKInect**, oder zur KI-basierten Lärminderung in Container-Häfen im Rahmen des Projekts **IPANEMA** vorangetrieben.

Es war ein spannendes Jahr, geprägt von gemeinsamen Herausforderungen und vielen wertvollen Forschungsergebnissen und Verwertungsoptionen. Einige der Forschungsarbeiten stellen wir Ihnen nachfolgend gerne vor, freuen uns auf den Dialog mit Ihnen und bedanken uns für die enge, vertrauensvolle Zusammenarbeit in zahlreichen direkten Kooperationen! Wir, das Team des Fraunhofer LBF, werden diese auch zukünftig fortsetzen und wollen dazu beitragen, die Herausforderungen in einer veränderungsreichen Zeit gemeinsam mit Ihnen bestmöglich und aktiv zu gestalten. Wir wünschen Ihnen weiterhin viel Erfolg und eine erkenntnisreiche, anregende Lektüre. Sprechen Sie uns an, wir freuen uns auf Sie!

Mit besten Grüßen,



Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz,  
Institutsleiter

2021 – 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](http://www.lbf.fraunhofer.de/jahresbericht)

## Kuratorium

### Vielen Dank!

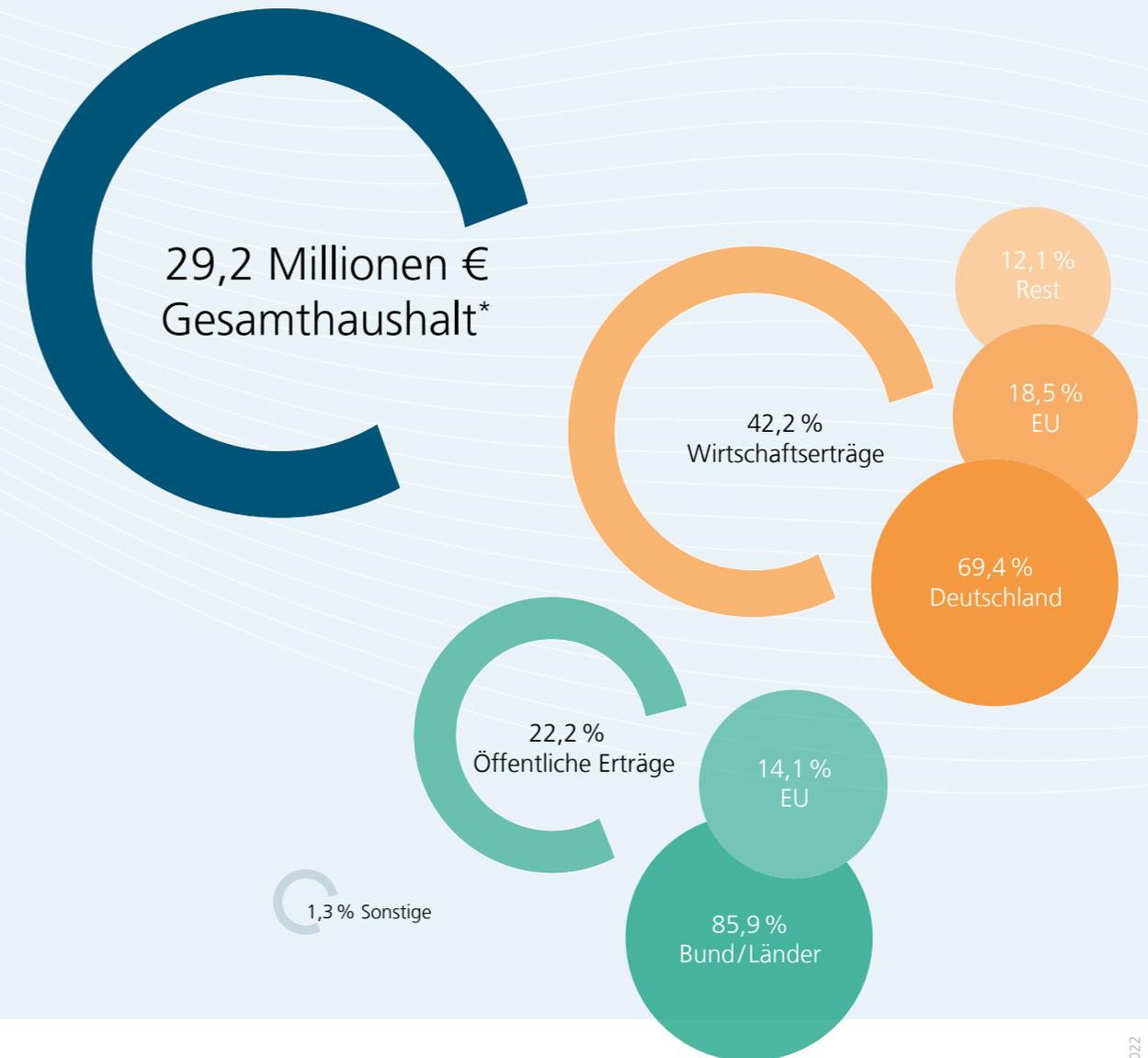
- **Dr. Xenia Beyrich-Graf**  
BASF SE, Ludwigshafen
- **Dr. Christina Franke**  
Robert Bosch GmbH, Renningen
- **Prof. Dr. Mathias Glasmacher**  
Diehl Stiftung & Co. KG, Nürnberg
- **Prof. Dr. Tim Hosenfeldt**  
Schaeffler Technologies AG & Co. KG,  
Herzogenaurach
- **Dr. Patrick Kim**  
Bridge Builder, Kassel
- **Dr. Ralf Kunkel**  
Audi AG, Ingolstadt
- **MinR'in Dr. Ulrike Mattig**  
Hessisches Ministerium für Wissenschaft  
und Kunst, Wiesbaden
- **Prof. Dr. Matthias Oechsner**  
Technische Universität Darmstadt,  
Darmstadt
- **Dr. Kurt Pötter**  
BMW Group, München
- **Rainer Salomon**  
FOSTA – Forschungsvereinigung  
Stahlanwendung e.V., Düsseldorf
- **Florian Sprenger**  
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach
- **MinR a. D. Norbert Michael Weber**

# Das Fraunhofer LBF in Zahlen 2021



## Personal

2021 waren am Institut insgesamt **377 Mitarbeitende** beschäftigt. Zusätzlich waren 39 Personen am assoziierten Lehrstuhl Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM der Technischen Universität Darmstadt tätig.



### Betriebshaushalt 2021 [T €]

Wirtschaftserträge	11.531
Öffentliche Erträge	6.068
Sonstige Erträge	324
Interne Programme	5.697
Institutionelle Förderung (Grufi)	3.673
<b>Summe</b>	<b>27.293</b>

### Investitionen [T €]

aus institutioneller Förderung	1.818
Projekinvestitionen	92
<b>Summe</b>	<b>1.909</b>

\* Gesamthaushalt = Betriebshaushalt + Investitionen

# Digital Engineering

## Leistungsfeld

Die Produktentwicklung der Zukunft ist schnell, effizient, flexibel und digital. Dazu kommen steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz ebenso wie eine höhere funktionale Komplexität von Systemen bei unterschiedlichen Betriebs- und Nutzungsszenarien. Wir erarbeiten innovative Modellierungs- und Simulationslösungen von der Produktentstehung über die Nutzung bis zum »End of Life«. Durch die Ergänzung und den zielgerichteten Ersatz experimenteller Analysen und durch numerische Methoden und Absicherungsprozesse können so knapper werdende Entwicklungskapazitäten effizient ausgeschöpft werden.

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



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

### Ressourcen klug nutzen für sichere, stabile und effiziente Prozesse

Die industrielle Wertschöpfung ist geprägt von immer kürzeren Produktlebenszyklen bei gleichzeitig steigender Produktvielfalt 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.

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.

## Optimierte Gestaltung hybrider Nutzfahrzeuge

Entwicklung effizienter und emissionsarmer Busse und LKW mit Hybrid-Antrieben

Weitere Informationen online

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



Die vollständige Elektrifizierung des kommerziellen Straßenverkehrs gestaltet sich aufgrund der hohen Reichweitenanforderungen deutlich schwerer als im Individualverkehr. Mittelfristig bieten in diesem Bereich vor allem Hybridfahrzeuge die Möglichkeit, ökonomische und ökologische Anforderungen zu vereinen. Das von der EU geförderte Forschungsprojekt »ORCA« (Optimised Real-world Cost-competitive modular hybrid Architecture) widmet sich daher der Entwicklung besonders effizienter und schadstoffarmer Hybridkonzepte für Nutzfahrzeuge.

Im Rahmen des Projekts werden Technologien und Werkzeuge für Emissionsreduktion sowie der Reichweitenerhöhung von Hybrid-Nutzfahrzeugen im elektrischen Modus sowie niedrigere Gesamtbetriebskosten (Total Cost of Ownership, kurz TCO) im Vergleich zu aktuellen Konzepten angestrebt. Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt dabei auf der gesamtheitlichen Analyse des Energiemanagements des Fahrzeugs. Dies erfordert die Modellierung aller daran beteiligten Systeme einschließlich möglicher Wechselwirkungen. Das Fraunhofer LBF hat in diesem Rahmen bei der Entwicklung einer multi-skalierbaren Simulationsplattform mitgewirkt.

Es wurde ein Modell für thermisches Management des gesamten Fahrzeugs entwickelt, welches die Kühlkreisläufe der Antriebsmaschinen inklusive der Energiespeicherung und Nebenverbraucher sowie die Kabinenheizung umfasst. In den Simulationen konnte der Nutzen von Wärmerückgewinnungs- und Speichertechnologien für die Energieeffizienz demonstriert und im Kontext der unterschiedlichen Nutzungsszenarien quantifiziert werden.



*Effiziente und umweltschonende kommerzielle Hybrid-Lastwagen: die ORCA-Forschungsergebnisse werden im realen Betrieb validiert.*

EFFIZIENTER TRANSPORT, HYBRIDE ANTRIEBSTECHNOLOGIE, THERMOMANAGEMENT IN FAHRZEUGEN, CNG VS. DIESEL

Das ORCA-Projekt zeichnet sich durch die enge europaweite Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie aus. Dadurch ist es gelungen, innovative Konzepte in einer Weise umzusetzen, die direkt die praxisgerechte Umsetzung im Blick hat.



*3D-gedruckte Materialien werden auf ihr anisotropes mechanisches Verhalten geprüft. Die Ergebnisse dienen dann als Grundlage für die Struktursimulation.*

## 3D gedruckte Teile mit Orientierung

Richtungsabhängige Materialeigenschaften von gedruckten Prüfkörpern

3D gedruckte Bauteile finden zunehmend auch in strukturellen Anwendungen Einsatz. In diesem Zusammenhang ist es relevant, die mechanischen Eigenschaften detailliert beschreiben zu können sowie für die Auslegung passende Methoden bereitzustellen. Im Projekt »AddiSim« werden diese Aspekte für selektiv laser-gesinterte (SLS) PA12 Bauteile untersucht. Dabei liegt ein Hauptaugenmerk in der Beschreibung des Einflusses der Positionierung und der Orientierung der Bauteile im Druckraum. In unterschiedlichen Ausrichtungen gedruckte, aber baugleiche Teile besitzen sehr unterschiedliche mechanische Eigenschaften.

Ziel des Projekts ist es eine vereinfachte Methode zur Struktursimulation von additiv gefertigten Bauteilen anhand mechanischer Untersuchungen, z. B. Zugprüfung, abzuleiten. Mittels des erarbeiteten Vorgehens werden umfangreiche Ergebnisse zum Verhalten des gedruckten Materials auf Grundlage einer detaillierten Vermessung des Druckraums ermittelt. Die am Fraunhofer LBF generierte Methode schließt wichtige Erkenntnisse ein, um SLS gefertigte Bauteile leichtbaugerecht und sicher zu dimensionieren.

3D-DRUCK, SELEKTIVES LASER SINTERN, ZUGPRÜFUNG, SIMULATION

Kontakt

Tamara van Roo  
+49 6151 705-8994  
[tamara.van.roo@lbf.fraunhofer.de](mailto:tamara.van.roo@lbf.fraunhofer.de)

Kontakt

Dr. Volker Landersheim  
+49 6151 705-475  
[volker.landensheim@lbf.fraunhofer.de](mailto:volker.landensheim@lbf.fraunhofer.de)

Daria Manushyna  
+49 6151 705-393  
[daria.manushyna@lbf.fraunhofer.de](mailto:daria.manushyna@lbf.fraunhofer.de)

Weitere Informationen online

[www.lbf.fraunhofer.de/3d-teile](http://www.lbf.fraunhofer.de/3d-teile)



## Sicherheit für die autonome Mobilität der Zukunft

Simulationsbasiertes Entwickeln und Testen machen Level 4 und 5 Fahrzeuge besonders sicher

### Kontakt

**Georg Stoll**  
+49 6151 705-8528  
georg.stoll@  
lbf.fraunhofer.de

**Riccardo Bartolozzi**  
+49 6151 705-8264  
riccardo.bartolozzi@  
lbf.fraunhofer.de

Bevor automatisierte Fahrzeuge auf den Straßen unterwegs sein können, muss ihre Sicherheit gewährleistet sein. Dafür braucht es zahlreiche Tests in der Simulation, denn nicht alle Situationen lassen sich im realen Verkehr erproben. Im Projekt »SET Level« arbeitet das Fraunhofer LBF mit Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft an einer effizienten Simulationstechnologie. Diese soll flexibel für unterschiedliche Anwendungen und Stufen in der Fahrzeugentwicklung einsetzbar sein, einen nennenswerten Anteil der benötigten Fahrtests in die Simulation verlagern und damit Freigabe- und Zulassungsverfahren absichern und verkürzen.

Hierfür entwickeln Forschende des Fraunhofer LBF im Rahmen des Projektes Methoden und Werkzeuge, um in einer Closed-Loop-Simulation die Wechselwirkung von Fahrzeugsystemen und automatisierten Fahrfunktionen in einer szenarienbasierten Umgebung zu testen. Dazu werden Komponentenmodelle des Fahrzeugs, zum Beispiel Antriebsstränge, Bremse, Lenkung oder Fahrzeugdynamik und der automatisierten Fahrfunktionen, zum Beispiel der Fahrzeugsteuerung (Motion Control) sowie Schnittstellen erstellt. Diese Modelle werden dann in unterschiedlichen Integrationsumgebungen eingebunden.

SIMULATION, TEST, SICHERHEIT,  
AUTOMATISIERTES FAHREN

### Weitere Informationen online

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



Simulationsbasiertes Testen ermöglicht es, das Verhalten automatisierter Fahrfunktionen mit geringen Kosten und Risiken in vielen Verkehrssituationen zu erproben.  
(© IPG Automotive GmbH)



Künstliche Intelligenz für zuverlässig Elastomerprodukte.

## KI-Schadensanalyse von technischen Elastomeren

Mit künstlicher Intelligenz komplexe Schadensfälle identifizieren und Analysen effizienter und genauer machen

Technische Elastomere in Form von Dichtungen oder schwingungstechnischen Anwendungen sind unverzichtbar. Diese Hightech Produkte kommen in Automobilen, Flugzeugen oder hydraulischen und pneumatischen Systemen zum Einsatz und sind höchsten Anforderungen wie Temperatur, Medien und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Schadensfälle bedeuten im Allgemeinen einen Stillstand ganzer Maschinen oder Systeme. Wirtschaftliche Verluste durch Produktionsausfall oder Gefahr für Leib und Leben der Anwender sind mögliche Folgen. Die KI-Schadensanalyse aus dem Fraunhofer LBF kann diesen Szenarien vorbeugen.

Ist ein Schaden aufgetreten, bedarf es einer Schadensanalyse, um Abhilfe zu schaffen bzw. vorzubeugen. Schäden an Elastomerprodukten können vielfältige Ursachen haben, darunter Alterung, Fertigungsfehler, mechanische, thermisch oder klimatische Beanspruchungen. Eine gängige Methode zur Analyse zeigt u. a. die VDI 3822. Allerdings sind Erfahrung und Fachkompetenz

für eine umfangreiche Analyse nach dieser Methode nötig. Erschwerend kommt hinzu, dass durch unterschiedliche Ursachen bzw. komplexe Beanspruchungen ähnliche Schadensbilder entstehen können.

**Wäre es da nicht einfach, wenn eine künstliche Intelligenz diese Analyse vornimmt?**

Expertenteams aus dem Fraunhofer LBF entwickeln ein durch maschinelles Lernen trainiertes Modell, welches die Schadensanalyse anhand von bildgebenden, physikalischen sowie chemischen Verfahren und zusätzlich bereitgestellten Informationen automatisch durchführt und die Schadensursachen selbstständig bewertet. Um die KI erfolgreich zu trainieren, bedarf es einer sehr großen Menge an Daten. Wir schauen uns gemeinsam Ihre vorliegenden Schäden an und bewerten diese nach unserer Taxonomie.

Mit Ihnen können wir Schadensanalysen effizienter machen!

KI, SCHADENSANALYSE, ELASTOMERE

### Weitere Informationen online

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



### Kontakt

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

**Dr. Ali Golriz**  
+49 6151 705-8857  
ali.golriz@  
lbf.fraunhofer.de

# Smart Solutions

## Leistungsfeld

In einem Umfeld, in dem Wertschöpfungsketten, Produktionsabläufe sowie Materialien und Bauteile bis an die Grenzen optimiert werden, entwickeln wir Hard- und Software-Lösungen für Smart Maintenance-Anwendungen sowie intelligente Monitoring-Lösungen, um Schäden zu vermeiden, Wartungsmaßnahmen zu optimieren und ungeplante Ausfälle zu minimieren. Dabei spielen die gezielte Beeinflussung schwingungstechnischer Eigenschaften von Strukturen in mobilen Systemen, maschinelles Lernen und die vielversprechenden Metamaterialien eine große Rolle.

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



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

### Alles im Blick und alles im Griff zur Steigerung technischer Verfügbarkeiten

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.

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 die Arbeiten mit sogenannten Metamaterialien. Diese haben hohes Potenzial zur strukturintegrierten Beeinflussung und Einstellung z. B. akustischer oder strukturdynamischer Eigenschaften, um unerwünschte Schwingungen und Schallabstrahlung zu reduzieren oder alternativ einzustellen. Die 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.

Ausgezeichnet mit dem **Sonderpreis für herausragende unternehmerische und wissenschaftliche Leistungen** anlässlich des 25-jährigen Jubiläums des »Center for Transportation & Logistics – Neuer Adler e. V.« (CNA) am 28. Oktober 2021 in Nürnberg

## Auszeichnung

Aktive Lärminderung schützt vor Emissionen aus dem Containerhandling.  
(©Fraunhofer IML)

## I<sup>2</sup>Panema – IoT und Aktiver Schallschutz in Hafen- und Industrieanlagen

Active Noise Control reduziert Lärm in Containerterminals

### Kontakt

**Georg Stoll**  
+49 6151 705-8528  
georg.stoll@  
lbf.fraunhofer.de

**Valentin Mees**  
+49 6151 705-667  
valentin.mees@  
lbf.fraunhofer.de

### Weitere Informationen online

[www.lbf.fraunhofer.de/i2panema](http://www.lbf.fraunhofer.de/i2panema)



Ziel des europäischen Forschungsprojekts I<sup>2</sup>PANEMA ist, die Möglichkeiten des Internets der Dinge (IoT) zu nutzen, um Häfen effizienter und nachhaltiger zu gestalten und Auswirkungen auf angrenzende Wohngebiete zu verringern.

Die mit den Betriebsabläufen verbundenen Lärmemissionen in Häfen und Logistikzentren führen häufig zu Konflikten hinsichtlich der Betriebszeiten. Aktive Lärminderung (Active Noise Control – ANC) kann helfen solche Lärmemissionen zu verringern und somit diese Konflikte entschärfen. Im Rahmen des Projektes wird ein Demonstrator an einem Hafenportalkran aufgebaut und mit Mikrofonen und Lautsprechern ausgerüstet. Die Referenzmikrofone nehmen die vom Container ausgehenden Geräusche auf. Daraus werden geeignete Gegenschallsignale berechnet und über ein Lautsprecherarray wiedergegeben. Das verbleibende Geräusch außerhalb des Arbeitsraums

wird durch Fehlermikrofone erfasst. Das ANC-System passt sich adaptiv auf veränderte Ausbreitungsbedingungen an, um das Restgeräusch zu minimieren. Durch die Verwendung wetterfester Lautsprecher und Mikrofongehäuse ist das System für einen dauerhaften Einsatz geeignet.

Das demonstrierte System erzielt eine Halbierung des Schalldrucks. Theoretische Betrachtungen zeigen sogar mögliche Reduktionen bis zu 20 dBA durch die Verwendung zweidimensionaler Lautsprecher-Arrays. Vor dem Hintergrund fester Lärmkontingente, welche die Umschlagszahlen begrenzen, kann ein solches System die Effizienz eines Hafenbetriebs deutlich steigern.

LOGISTIK, SCHALLSCHUTZ,  
ACTIVE NOISE CONTROL

## Konstruktive Optimierung einer intelligenten Schraubverbindung und zuverlässige Auslegung gegenüber Betriebsbeanspruchungen



Intelligente Schraubverbindung als geschlossenes Gesamtsystem (rechts) oder mit aufsetzbarem Zusatzmodul (links). (© Fraunhofer CCIT)

Eine regelmäßige Überwachung von funktions- und sicherheitsrelevanten Schraubverbindungen ist in vielen Anwendungsfällen zwingend erforderlich, oft jedoch nur mit hohem Zeit- und Kostenaufwand möglich. Mit der intelligenten Schraubverbindung des Fraunhofer Clusters CCIT ist ein völlig neues Condition/Structural Health Monitoring verfügbar, welches es ermöglicht, die Überwachung einer Schraubverbindung energieautark, drahtlos und entweder in einem zeitlich adaptiven Rhythmus oder on-demand zu realisieren. Innerhalb des Clusters entwickelte das Fraunhofer LBF hierfür das Mechanikkonzept, welches die Verwendung von handelsüblichen DIN-Schrauben ermöglicht. Mittels FEM-Analysen wurde das Design im Bereich der Sensoren auf Basis lokaler Spannungsverteilungen konstruktiv optimiert. Im Rahmen

von Belastungsszenarien wurden die Funktion und Zuverlässigkeit der Sensorik validiert. Erste Schwingfestigkeitsversuche mit dem Gesamtsystem der intelligenten Schraubverbindung lassen erwarten, dass ein zuverlässiger Betriebseinsatz sowohl hinsichtlich der mechanischen Beanspruchbarkeit als auch der Datenübertragung gewährleistet ist.

Anwendung findet die intelligente Schraubverbindung in nahezu allen technischen Bereichen, von Offshore Strukturen und Windenergieanlagen über Anlagen und Maschinenbau bis hin zu Brücken und Gebäudefassaden.

SCHWINGFESTIGKEIT, INTELLIGENTE  
SCHRAUBVERBINDUNG, CONDITION/  
STRUCTURAL HEALTH MONITORING

### Weitere Informationen online

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



### Kontakt

**Dr. Klaus Lipp**  
+49 6151 705-243  
klaus.lipp@  
lbf.fraunhofer.de

**Dr. Jörg Baumgartner**  
+49 6151 705-474  
joerg.baumgartner@  
lbf.fraunhofer.de

# Resilienz urbaner Lebensräume

## Starkregenereignisse als Herausforderung für die Zukunft

### Weitere Informationen online

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



Wie gestalten wir urbane Lebensräume zukünftig sicher? Wie gewährleisten wir die Versorgung in Städten auch in Krisensituationen? Diese und weitere Fragestellungen sind zentrale Herausforderungen der Zukunft. So zeigen Starkregenereignissen infolge des Klimawandels, dass die bestehenden Konzepte und technologischen Lösungsansätze schnell an ihre Grenzen geraten.

Vor diesem Hintergrund haben sieben Fraunhofer-Institute, die im Bereich der Sicherheitsforschung unterwegs sind, ihre Kompetenzen gebündelt und gemeinsam das Projekt »Resilienz urbaner Lebensräume« (RuLe) gestartet. Ziel des Projektes ist es, innerhalb eines analytischen Rahmens kritische Komponenten der urbanen Infrastruktur zu identifizieren, auf ihre Robustheit gegenüber Beeinträchtigungen zu analysieren und Strategien zur Prävention und Reaktion abzuleiten.

### Kontakt

**Andreas Friedmann**  
+49 6151 705-493  
[andreas.friedmann@lbf.fraunhofer.de](mailto:andreas.friedmann@lbf.fraunhofer.de)

**Björn Seipel**  
+49 6151 705-223  
[bjoern.seipel@lbf.fraunhofer.de](mailto:bjoern.seipel@lbf.fraunhofer.de)

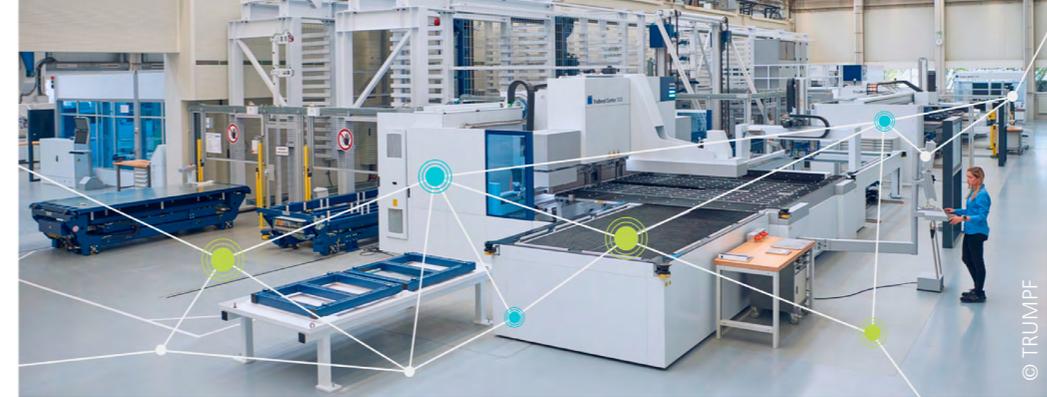


Anlage zur Simulation von Starkregenereignissen.

Um verschiedene Szenarien im verkleinerten Maßstab darstellen zu können und geeignete Lösungsansätze experimentell zu verifizieren, wurde am Fraunhofer LBF ein Funktionsdemonstrator entwickelt und aufgebaut. Es handelt sich dabei um eine Anlage mit drei flächigen Bereichen, die gezielt künstlich beregnet werden und das aufgenommene Wasser über verschiedene Abflüsse wieder abgeben können.

Anhand unterschiedlicher konkreter Fragestellungen lassen sich mit dem Funktionsdemonstrator die am Fraunhofer LBF theoretisch erarbeiteten Modelle zur Resilienzbewertung praktisch nachstellen und verifizieren. Zusätzlich dient das System als Entwicklungsplattform für neuartige intelligente Sensorik zum Messen von bisher gar nicht oder nur sehr grob erfassten Umweltparametern.

STARKREGEN, RESILIENZ, SZENARIEN-DARSTELLUNG, SENSORTECHNOLOGIE, MONITORING



GEFÖRDERT VOM



# ProKInect – Herstellerübergreifende Zustandsüberwachung in Werkzeugmaschinen

## Langlebig und zuverlässig durch kollaborative künstliche Intelligenz

Betreiber moderner Werkzeugmaschinen stellen höchste Anforderungen an die Maschinenverfügbarkeit und -zuverlässigkeit. Qualitätsabweichungen im Fertigungsprozess durch beginnenden Verschleiß oder eine Fehlfunktion lassen sich mit bestehenden Ansätzen zur vorbeugenden und prädiktiven Wartung nicht zweifelsfrei einem Bauteil oder einer Komponente zuordnen. Daher besteht bei Herstellern, Betreibern und Bedienern moderner Werkzeugmaschinen der Bedarf, das qualitätsbestimmende Zusammenwirken einer Vielzahl von verbauten Komponenten und der Werkzeugmaschine selbst zu verstehen, Zustandsveränderungen frühzeitig zu erkennen und Produktionsausfälle proaktiv zu vermeiden.

### Wissensbasierte KI-Architektur und nachvollziehbare KI-Modelle

Mit seinen Forschungsarbeiten im Rahmen von ProKInect verbessert das Fraunhofer LBF

die Erklärbarkeit von KI-Systemen im Bereich der Zustandsüberwachung und der prädiktiven Instandhaltung. Primäres Ziel ist es, Expertenwissen zu fehlerinduzierten Symptomen, kausalen Wirkzusammenhängen und der fortlaufenden Instandhaltung lückenlos, systematisch und automatisiert in transparente KI-Modelle zu überführen. Das für die Zustandsüberwachung relevante Expertenwissen wird dabei in probabilistische, wissensbasierte Kausalmodelle überführt, die eine Differentialdiagnose verschiedener Fehlerursachen auf Basis der erfassten Symptome und Zusatzinformationen ermöglichen. Für die laufende Zustandsdiagnose entwickelt das Fraunhofer LBF hybride KI-Modelle, die auf den gewonnenen Netzstrukturen der probabilistischen Kausalmodelle basieren und die die Trainierbarkeit und Leistungsfähigkeit künstlicher neuronaler Netze besitzen.

CONDITION MONITORING,  
KÜNSTLICHE INTELLIGENZ,  
PROGNOSTICS AND HEALTH  
MANAGEMENT

### Kontakt

**Jonathan Millitzer**  
+49 6151 705-8218  
[jonathan.millitzer@lbf.fraunhofer.de](mailto:jonathan.millitzer@lbf.fraunhofer.de)

### Weitere Informationen online

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



# Reliability Design

## Leistungsfeld

Die zuverlässige Funktion ist seit jeher eine Grundanforderung an Produkte und repräsentiert eine wesentliche wissenschaftliche Ausrichtung des Fraunhofer LBF. Wir entwickeln neue Methoden und Werkzeuge zur zuverlässigen Gestaltung von Materialien, Bauteilen und Systemen. Dabei zielen unserer Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten darauf ab, alle Phasen der Produktentstehung, -nutzung und -verwertung immer umfassender mit ihren Wechselwirkungen zu verstehen und zu beschreiben, sodass Validierungs- und Absicherungsprozesse kontinuierlich in den frühen Gestaltungsprozess vorverlagert werden können.

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



## Unsere Forschungsarbeiten ermöglichen zuverlässige Produkte durch zuverlässige Prozesse.«

### Mit weniger mehr erreichen in Bezug auf Komplexität, Stabilität und Zuverlässigkeit

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.

## Untersuchung des Schwingfestigkeitsverhaltens unter Druckwasserstoff gegenüber elektrochemisch angebotenem Wasserstoff

### Weitere Informationen online

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



### Kontakt

**Dr. Steffen Schönborn**  
+49 6151 705-448  
[steffen.schoenborn@lbf.fraunhofer.de](mailto:steffen.schoenborn@lbf.fraunhofer.de)

**Dr. Christoph Bleicher**  
+49 6151 705-8359  
[christoph.bleicher@lbf.fraunhofer.de](mailto:christoph.bleicher@lbf.fraunhofer.de)

Zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit wasserstoffexponierter Komponenten, forscht das Fraunhofer LBF im Rahmen des Fraunhofer-internen Forschungsprojektes »H2-DII – Eine Wasserstoffwirtschaft für Deutschland« zusammen mit 24 weiteren Fraunhofer-Instituten an der Beantwortung zentraler Fragestellungen zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland. Dazu gehört neben der Produktion von Wasserstoff mittels Elektrolyse auch die Schaffung einer sicheren Infrastruktur sowie Technologien für dessen Transport, Speicherung, Verteilung und Verwendung.

Zur Untersuchung des zyklischen Werkstoffverhaltens unter dem Medium Wasserstoff betreibt das Fraunhofer LBF seit mehreren Jahren eine spezielle Versuchseinrichtung zur Durchführung von kraft- und dehnungsgeregelten Versuchen unter Druck-



wasserstoff mit Partialdrücken von 7 bar bis 50 bar. Neben der Durchführung von Referenzuntersuchungen in inerter Stickstoffatmosphäre mit einem Druck von 10 bar, besteht auch die Möglichkeit zur Temperierung des Autoklavs, mit regelbaren Temperaturen zwischen -40 Grad Celsius und +130 Grad Celsius.

Zusätzlich zur Werkstoffcharakterisierung unter Druckwasserstoff wurde in dem Forschungsprojekt eine elektrochemische Zelle entwickelt, um simultan bei Anlegen einer äußeren Last eine Werkstoffprobe mit elektrochemisch angebotenen Wasserstoff zu beladen. Nach Optimierung der Versuchsparameter konnte für den untersuchten Schmiedestahl 1.5132 und einem Lasthorizont im Kurzzeitfestigkeitsbereich nachgewiesen werden, dass es möglich ist, den schwingfestigkeitsmindernden Einfluss einer Druckwasserstoffumgebung durch elektrolytisch angebotenen Wasserstoff abzubilden. Die Untersuchungen werden aktuell fortgesetzt, um diese Versuchstechnik auch für den höherzyklischen Lebensdauerbereich zu qualifizieren.

WASSERSTOFFVERSPRÜDUNG,  
SCHWINGFESTIGKEIT,  
LEBENSDAUERABSCHÄTZUNG

*Versuchseinrichtung zur Durchführung von temperierten Ermüdungsversuchen unter Druckwasserstoff und Stickstoff.*



*Welche Materialeigenschaften beeinflussen die Lebensdauer? Wir schauen ganz genau hin.*

## Verbesserte Lebensdauer von Elastomeren

### Vorhersage auf Basis von chemischer Struktur und mechanischen Eigenschaften

In dem Projekt »ProElasto« beantworten unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Frage, welche Materialeigenschaften die Lebensdauer eines Elastomers beeinflussen. Dafür werden die chemische Vernetzungsstruktur und die mechanischen Eigenschaften eines rußgefüllten Elastomers systematisch in Bezug auf die Lebensdauer in zyklischen Ermüdungsversuchen untersucht.

Für die Bestimmung der Lebensdauer des Materials werden die zyklischen Ermüdungsversuche auf zwei Lastniveaus durchgeführt. Die Zahl der Zyklen bis zum Versagen auf einem festen Lastniveau kann ebenso wie die mechanischen Eigenschaften mit dem Vernetzungsgrad und der mittleren Schwefelbrückenlänge

korreliert werden. Eine längere Lebensdauer kann dabei sowohl mit einem niedrigeren Vernetzungsgrad als auch mit einer längeren mittleren Schwefelbrückenlänge erreicht werden. In einem nächsten Schritt muss dann geprüft werden, inwieweit die Ergebnisse von der untersuchten Elastomermischung auf weitere Elastomerezusammensetzungen übertragbar sind. Eine möglichst geringe Zahl an Versuchen ist hierbei das Ziel. Zusätzlich könnten weitere strukturbestimmende Einflüsse, wie zum Beispiel die Verarbeitungsbedingungen, in eine Modellbildung zur Vorhersage der Lebensdauer in zyklischen Ermüdungsversuchen einbezogen werden.

STRUKTUR-EIGENSCHAFTS-  
BEZIEHUNGEN, ZYKLISCHE  
ERMÜDUNGSVERSÜCHE,  
VORHERSAGE

### Kontakt

**Franziska Kirsch**  
+49 6151 705-8646  
[franziska.kirsch@lbf.fraunhofer.de](mailto:franziska.kirsch@lbf.fraunhofer.de)

**Timo Sandkühler**  
+49 6151 705-563  
[timo.sandkuehler@lbf.fraunhofer.de](mailto:timo.sandkuehler@lbf.fraunhofer.de)

### Weitere Informationen online

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



# Lebensdaueruntersuchung gealterter elastomer Bauteile

Methodik zur experimentellen Lebensdaueruntersuchung thermo-oxidativ gealterter Elastomerbauteile

Weitere Informationen online

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



In dem Forschungsvorhaben »AltElast« werden die Einflüsse der thermo-oxidativen Alterung auf die Schwingfestigkeit an einem rußgefüllten NR-Werkstoff untersucht. Ziel ist es, eine Methodik zu entwickeln, welche die irreversiblen Änderungen der Netzwerkstruktur berücksichtigt, um die Degradation der Lebensdauer vorhersagen zu können. Basis hierfür ist die Ermittlung von Alterungseffekten in kurzen gerafften Laborversuchen, die dann mittels numerischer Ansätze (Arrhenius-Ansätze) auf das Langzeitverhalten übertragen werden. Untersucht werden sowohl Materialproben als auch Bauteile, um eine mögliche Übertragung der Methodik von der Material- auf die Bauteilebene zu bewerten.

Im Ergebnis soll durch das Projekt ein vollständiges Prüfverfahren konzeptioniert werden, welches sowohl die Definition der erforderlichen, zeitlich gerafften Alterungsversuche beschreibt, als auch eine rechnerische Auswertemethode zur Verfügung stellt, mit der die Daten erfasst und auf reale Temperaturbedingungen übertragen werden können. Hierbei sollen auch die Streuung der Versuchsergebnisse sowie die darauf bezogene Interpretation der Rechenergebnisse in besonderer Weise betrachtet und bewertet werden.

Industriellen Anwendern bietet sich dadurch ein numerisches Nachweis-konzept, um ihre Produkte zielgerichtet auszulegen und die Zuverlässigkeit von Systemen zu erhöhen.

ALTERUNG, ELASTOMERBAUTEILE, LEBENSDAUER

Thermo-oxidativer Ofen zur künstlichen Alterung.



Verbesserte Fließfähigkeit im Spiraltest des Polyamid 6 Blends (rechts) im Vergleich zu kommerziell verfügbarem wärmeleitfähigen Polyamid 6 (links).

Weitere Informationen online

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



# Entwicklung wärmeleitfähiger Polymerblends

Wärmeleitfähige Polyamid 6 Blends mit hoher Fließfähigkeit

Anwendungen, bei denen Wärme übertragen werden muss, benötigen Werkstoffe mit einer ausreichenden Wärmeleitfähigkeit. Solche Werkstoffe werden beispielsweise in elektronischen Bauteilen und in der Beleuchtungstechnik benötigt. Eine ausreichende thermische Leitfähigkeit wird bei Kunststoffen durch die Zugabe von Füllstoffen in hohen Gehalten erreicht. In der Folge verändern sich die übrigen, kunststofftypischen Eigenschaften stark und oft nachteilig. Dies betrifft beispielsweise die mechanischen Eigenschaften und äußert sich in einer oft geringeren Schlagzähigkeit. Im Projekt »HEATCOP« untersuchten Forscher des Fraunhofer LBF, wie sich kunststofftypische Eigenschaften durch Blending gezielt verbessern lassen, ohne die Wärmeleitfähigkeiten zu reduzieren.

WÄRMELEITENDE KUNSTSTOFFE, TECHNISCHE KUNSTSTOFFE, FORMULIERUNGSENTWICKLUNG



Forschungsnetzwerk Mittelstand

Das IGF-Vorhaben 19502N zum Thema „Neue Strategien zur Reduzierung des Füllstoffgehalts wärmeleitender Kunststoffcompounds“ der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V. (FGK) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Kontakt

Dr. Frank Schönberger  
+49 6151 705-8705  
[frank.schoenberger@lbf.fraunhofer.de](mailto:frank.schoenberger@lbf.fraunhofer.de)

Shilpa Khare  
+49 6151 705-8739  
[shilpa.khare@lbf.fraunhofer.de](mailto:shilpa.khare@lbf.fraunhofer.de)

Kontakt

Timo Sandkühler  
+49 6151 705-563  
[timo.sandkuehler@lbf.fraunhofer.de](mailto:timo.sandkuehler@lbf.fraunhofer.de)

Riccardo Möller  
+49 6151 705-408  
[riccardo.moeller@lbf.fraunhofer.de](mailto:riccardo.moeller@lbf.fraunhofer.de)



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

## Circular Economy



### Leistungsfeld

Kunststoffmaterialien besitzen ein großes Einsatzpotenzial. Damit dieses auch umweltschonend genutzt werden kann, arbeiten wir intensiv an Lösungen für ressourceneffiziente, nachhaltige und biobasierte Kunststoffe. Unsere besondere Stärke 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 ertüchtigt, oder im Sinne eines Upcyclings herkömmlicher Polymere die Möglichkeiten des werkstofflichen Recyclings deutlich erweitert werden.

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



### Nachwachsende und upcycling-fähige Rohstoffe auch für anspruchsvolle technische Anwendungen

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.

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 ertüchtigt 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 Flammschutz von Polymeren.



Unser Ziel ist es, Altkunststoffen ein zweites Leben als Rezyklat zu ermöglichen.«



## Waste4Future: Advancing plastics recycling to the next level

Fraunhofer-Leitprojekt entwickelt Technologie zur vollständigen Verwertung von Kunststoffabfällen

### Kontakt

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

**Dr. Bernd Steinhoff**  
+49 6151 705-8747  
bernd.steinhoff@lbf.fraunhofer.de

### Weitere Informationen online

[www.lbf.fraunhofer.de/waste4future](http://www.lbf.fraunhofer.de/waste4future)



Aktuell werden Kunststoffe unter dem Gesichtspunkt eines geschlossenen Rohstoffkreislaufs nur zu einem Bruchteil verwertet. Weite Anteile werden über den Weg der Verbrennung zur Energiegewinnung herangezogen. Dabei entstehen zwangsläufig CO<sub>2</sub>-Emissionen, die im Hinblick auf die klimatischen Auswirkungen vermieden werden müssen.

Ziel ist deshalb eine Kreislaufführung des im Kunststoff enthaltenen Kohlenstoffs. Dies soll zum einen durch eine Optimierung des werkstofflichen Recyclings erreicht werden, in dem eine optimierte KI-gestützte Sortierungstechnologie gezielt die wenig gealterten Kunststoffanteile abtrennt. Diese werden in einem nachgelagerten Compoundier-Schritt in hochwertiges Granulat zur Verwendung in der klassischen Kunststoffverarbeitung überführt. Zum anderen sollen für die Kunststoffanteile, für die eine Schmelzverarbeitung zu hochwertigen neuen Produkten nicht möglich ist, neue Lösungen

für das so genannte chemische Recycling (Pyrolyse und Gasifizierung) erarbeitet werden. Diese Kunststoffanteile im Wertstoffstrom sollen in Rohstoffe für die chemische Industrie umgewandelt werden.

Aufgrund des breiten Know-hows in der Kunststofftechnologie ist das Fraunhofer LBF in zwei Arbeitspaketen engagiert. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stellen für die Korrelation des Alterungszustands mit den verschiedenen Sensordaten zum Trainieren der KI-Algorithmen definiert gealterte Kunststofffraktionen bereit und entwickeln eine neue Compoundierlinie, in der aus Kunststofffraktionen unterschiedlichen Alterungszustands für Neuanwendungen hochwertige Batches mit minimalen Qualitätsschwankungen hergestellt werden sollen. Hierzu wird gezielt eine Nachadditivierung durchgeführt.

RECYCLING, ROHSTOFFE, KI, KOHLENSTOFFKREISLAUF

## Rezyklate für nachhaltige Strukturbauteile in Hausgeräten

Der Einsatz von Recyclingkunststoff in technisch hochbelasteten Bauteilen

Das Fraunhofer LBF hat in Kooperation mit der Robert Bosch GmbH und BSH Hausgeräte GmbH den Einsatz recycelter Kunststoffe in technisch hochbelasteten Anwendungen hinsichtlich morphologischer und mechanischer Eigenschaften umfangreich untersucht und mit dem derzeitigen Neuwarenmaterial verglichen.

Als Ausgangsmaterial dienten gebrauchte Batteriegehäuse aus Polypropylen, die zunächst zerkleinert, gereinigt, getrocknet und in einem anschließenden Compoundierprozess weiterverarbeitet wurden. Im Rahmen dessen wurden die Schmelze gesiebt, dazu mit Additiven, Stabilisatoren und Füllstoffen versehen und dann granuliert. Zum Vergleich mit Neuwarenmaterial wurden dann an Materialproben umfangreiche analytische und mechanische Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden die Molmassenverteilung, der Kristallinitätsgrad oder die Verunreinigungen durch Metalle oder Fremdpolymer, die Wechselwirkungen von statischer und zyklischer Belastung von Kerben, Bindenaht, sowie die Temperatur, das Belastungsverhältnis und die Alterung auf die Lebensdauer untersucht.

Als prototypische Anwendung haben die Forschenden das Rezyklatmaterial als Ersatz für das bisherige Neuwarenmaterial für einen im Spritzgießverfahren hergestellten und im Betrieb hochbelasteten Basisträger einer Geschirrspülmaschine eingesetzt und validiert. Anhand von Bauteilversuchen und numerischen Berechnungen konnte gezeigt werden, dass das Rezyklatmaterial die zyklischen Belastungen betriebsfest ertragen kann.



Perfekter Kreislauf: Aus gebrauchten Gehäusen von Starterbatterien können neue Hausgeräte entstehen, hier der Basisträger einer Geschirrspülmaschine.

REZYKLATE, NACHHALTIGKEIT, ZUVERLÄSSIGKEIT

### Weitere Informationen online

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



### Kontakt

**Dominik Spancken**  
+49 6151 705-412  
dominik.spancken@lbf.fraunhofer.de

## Brände effizient verhindern

Flammschutz für Polyamide: Maßgeschneidert und umweltfreundlich

Weitere Informationen online

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

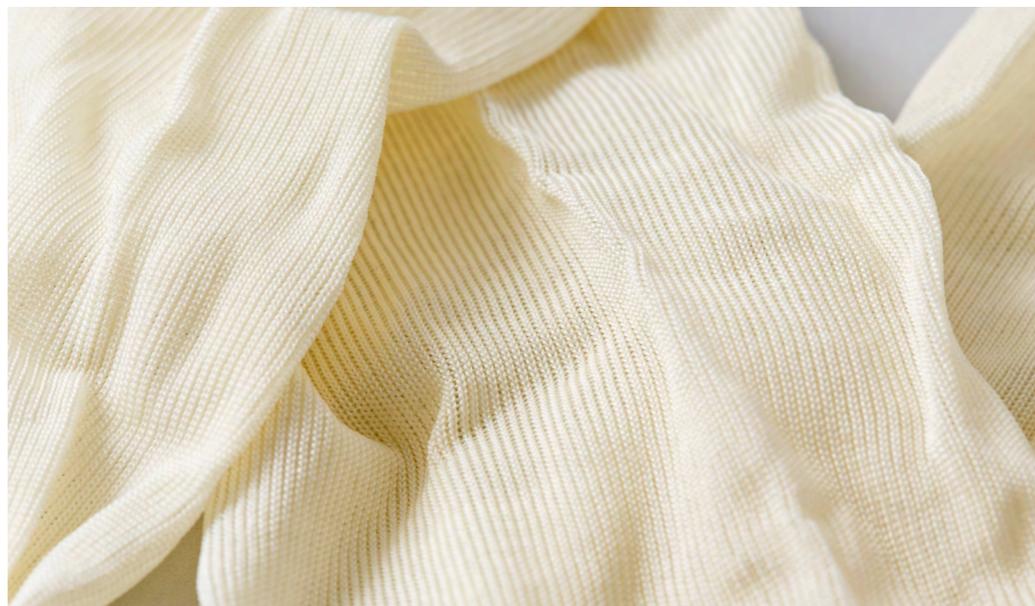


Wie die meisten Kunststoffe sind aliphatische Polyamide (PA) brennbare Materialien und daher für den Einsatz in brandsensiblen Bereichen nur bedingt geeignet. Durch den Zusatz von Flammschutzmitteln (FSM) kann die Verbrennung effektiv gehemmt oder unterbunden werden. Existierende FSM für PA sind jedoch für die Herstellung von Textilien nicht bzw. nur bedingt geeignet. Ebenso sind keine FSM aus nachwachsenden Rohstoffen für biobasierte PA verfügbar. Im Fraunhofer LBF wurden neue Syntheserouten zu innovativen, polymeren Flammschutzmitteln entwickelt, die diese Lücken schließen. Die Polymere mit phosphorhaltigen Seitengruppen basieren sowohl auf nachwachsender als auch fossiler Rohstoff-Basis.

Durch Variation der Molmasse sowie durch Verwendung unterschiedlicher Comonomere oder Substituenten lassen sich die Schmelzviskosität, Verträglichkeit und Wirkweise an das Basispolymer und die vorgesehene Anwendung individuell anpassen. Die makromolekulare Struktur verhindert darüber hinaus die Migration. Eine besondere Herausforderung war dabei, die Flammschutzadditive so zu gestalten, dass sie den hohen Verarbeitungstemperaturen von PA standhalten, die bis zu 300 Grad Celsius betragen können.

POLYMERE KUNSTSTOFFADDITIVE,  
NACHWACHSENDE ROHSTOFFE,  
FLAMMSCHUTZ

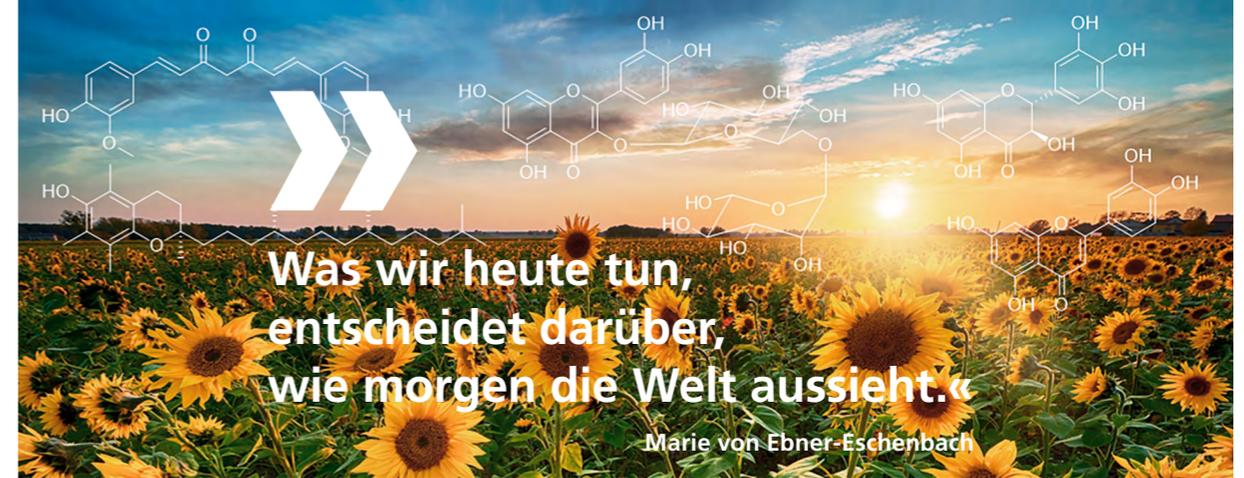
*Strickstrumpf aus PA mit polymerem FSM aus dem Fraunhofer LBF.*



Kontakt

**Dr. Michael Ciesielski**  
+49 6151 705-8679  
[michael.ciesielski@lbf.fraunhofer.de](mailto:michael.ciesielski@lbf.fraunhofer.de)

**Dr. Roland Klein**  
+49 6151 705-8611  
[roland.klein@lbf.fraunhofer.de](mailto:roland.klein@lbf.fraunhofer.de)



Was wir heute tun,  
entscheidet darüber,  
wie morgen die Welt aussieht.«

Marie von Ebner-Eschenbach

*Die Natur stellt eine reichhaltige Auswahl an antioxidativ hochwirksamen Verbindungen zur Verfügung, welche allerdings im Hinblick auf ihren Einsatz im Kunststoff maßgeschneidert werden müssen.*

## Plastics Economy

Biostabilisatoren als Teil der Nachhaltigkeitswende

Kunststoffe durchlaufen im Zuge ihres Lebenszyklus von Verarbeitung, Anwendung bis hin zum Recycling verschiedenste Belastungen, welche in der Folge zu einem Verlust ihrer mechanischen und visuellen Eigenschaften führen. Entsprechend ist es erst der Zusatz von Additiven, der es dem Kunststoff erlaubt, den höheren Anforderungen an Lebensdauer, Dauergebrauchstemperatur und Qualität gerecht zu werden. Im Rahmen des Exzellenzclusters (CCPE) werden am Fraunhofer LBF in Kooperation mit Partnerinstituten des Clusters neue, innovative Stabilisatorsysteme auf Basis von biogenen Bausteinen entwickelt und evaluiert.

Bislang verwendete Stabilisatoren sind vorrangig petrochemischen Ursprungs, darüber hinaus können diese infolge ihres geringen Molekulargewichts aus der Kunststoffmatrix migrieren. Um eine solche Kontamination mit fossilbasierten

Derivaten zu verhindern, nachhaltige Alternativen zu schaffen und Kreislaufwirtschaft zu etablieren, bietet sich der Einsatz von natürlich vorkommenden Strukturen an.

Die am Fraunhofer LBF neu entwickelten Stabilisatorsysteme aus natürlich vorkommenden Verbindungen zeigen sich hinsichtlich ihrer stabilisierenden Wirkung in Polyolefinen wie Polypropylen sowie in Biopolymeren, wie Polymilchsäure und Naturkautschuk, den gängigen kommerziellen Beispielen ebenbürtig, in gewissen Bereichen sogar überlegen. Für den Kunden ergibt sich daraus die Möglichkeit, sein Portfolio mit leistungsfähigen Alternativen zu ergänzen und gleichzeitig dem Wunsch von Gesellschaft und Politik nach nachhaltigen, neuen Lösungen gerecht zu werden.

KUNSTSTOFFADDITIVE,  
PROZESSSTABILISATOREN,  
BIOGENE BAUSTEINE

Weitere Informationen online

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



Kontakt

**Dr. Elke Metzsch-Zilligen**  
+49 6151 705-8609  
[elke.metzsch-zilligen@lbf.fraunhofer.de](mailto:elke.metzsch-zilligen@lbf.fraunhofer.de)

# Ultra Lightweight Design



## Leistungsfeld

Leichtbau ist eine der wichtigsten Querschnittstechnologien der Zukunft. Mit unserer Forschung gehen wir bewusst immer stärker an die Grenzen des Machbaren und entwickeln eigenschaftsoptimierte, besonders leichte Strukturlösungen. Basis ist unser ganzheitliches Wissen auf werkstoff-, bauteil- und systemtechnischer Ebene. Wir forschen interdisziplinär, bündeln unsere Kompetenzen in den Forschungsbereichen Kunststoffe, Betriebsfestigkeit und Adaptronik und entwickeln neuartige Lösungen des funktionsintegrierten, intelligenten Leichtbaus, immer unter Berücksichtigung der Zuverlässigkeit, Nachhaltigkeit und Bezahlbarkeit der technischen Produktlösung.

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



## Mit Leichtigkeit mehr Effizienz für kommerziell erfolgreiche Produkte

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

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



## Mit unserer Forschung erweitern wir die Grenzen des Machbaren und entwickeln radikal leichte, eigenschaftsoptimierte Strukturlösungen.«

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.

Im Leistungsfeld **Ultra Lightweight Design** geht das LBF noch weiter an die Grenzen des Machbaren. Basis ist das ganzheitliche Wissen auf werkstoff-,

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-Verbundsysteme, Mono- und Multimaterialsysteme, numerische und experimentelle Methoden der Zuverlässigkeits- und Lebensdauerbewertung von Leichtbaulösungen sowie der Nutzung integrierter Sensoren und Aktoren zur Überwachung und Eigenschaftsoptimierung von Strukturen.

## Einsparung von CO<sub>2</sub> durch den Einsatz neuer Herstellungsverfahren und Materialien für nachhaltige Leichtbaukomponenten von Landfahrzeugen

### Kontakt

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



Leichtbau ist eine Konstruktionsphilosophie, die im öffentlich geförderten Projekt »ECO<sub>2</sub>-LiNE« mit dem Neudenken der Konstruktion von Spezialsitzen und -bänken, Zugwagenübergängen und Pickup-Aufsätzen Anwendung findet. Unter Nutzung des neuartigen Additive Manufacturing Prozess SEAM werden hierfür leichte naturfaserverstärkte Kunststoffbauteile entwickelt, die Metallkonstruktionen ersetzen. Aber wie kann der gesamte Lebensweg dieser Komponenten von der Materialauswahl, der Fertigung, dem Einsatz bis zum Recycling nachhaltiger werden? Dieser Frage gehen Fraunhofer-Forschende aus Darmstadt (LBF) und Chemnitz (IWU) zusammen mit ihren Partnern in dem Verbundprojekt nach.

In dem Forschungsvorhaben werden zehn Partner unter dem Einsatz des high-speed Additive Manufacturing-Verfahrens SEAM (Screw Extrusion Additive Manufacturing) Großbauteile aus nachhaltigen naturfaserverstärkten Kunststoffen für unterschiedliche branchenübergreifende Anwendungen entwickeln. Um dabei das Leichtbaupotenzial bestmöglich auszuschöpfen, erfolgt die Auslegung unter Berücksichtigung der prozessabhängigen Material- und Bauteileigenschaften.



Herstellung eines ersten Demonstrators im SEAM-Verfahren. © Fraunhofer IWU

Die beteiligten Anwender können nach erfolgreichem Projektende die nachhaltig gefertigten naturfaserverstärkten Bauteile vermarkten, ihre Fertigung ausbauen und damit Arbeitsplätze in Deutschland sichern. Ihren Kunden entstehen durch die neuen Bauweisen zahlreiche Vorteile im Hinblick auf Gewichtsreduzierung, Energieeinsparung, Treibhausgasemissionsreduzierung und Langlebigkeit.

LEICHTBAU, ADDITIVE FERTIGUNG, NACHHALTIGKEIT, FAHRZEUGBAU, NATURFASER-KUNSTSTOFF



Design des ALBACOPTER® 0.5 (© Fraunhofer IOSB)

Leitprojekt\*

## Experimental Vertical Take-Off and Landing Glider (VTOL-G)

Die Entwicklung von Drohnen boomt. Sie kommen vielfältig zum Einsatz: in der Freizeit beispielsweise im Kunstflug, bei Drohnenrennen oder zum Filmen; in der professionellen Anwendung als Überwachungstool oder zum Transport von wichtigen Gütern. Drohnenhersteller erfreuen sich an einer steigenden Nachfrage. Im Leitprojekt ALBACOPTER® forscht ein Fraunhofer-Team an Drohnen einer erweiterten Payloadklasse. Im Fokus stehen die Entwicklung von eVTOL-Glidern, die in der ersten Variante eine Startmasse von 125 kg haben werden.

Im ALBACOPTER®-Team ist das Fraunhofer LBF für die aerodynamische und strukturelle Auslegung und Konstruktion der Tragflächen und des Rumpfes verant-

wortlich. Der Rumpf wird in Skelettbauweise aus pultrudierten Profilen und Knotenelementen mit der Anforderung ausgelegt, alle notwendigen Komponenten wie Tragfläche, Batterie, Transportbox, Sensorsysteme und Elektronik, sicher zu integrieren. Darüber hinaus entwickelt das Darmstädter Team den elektrischen Energiespeicher inklusive eines eigenen Batteriemanagementsystems. Herausforderung ist, den für die senkrechte Flugphase sehr hohen Energiebedarf ohne Systemüberhitzung zu decken. Darüber hinaus muss der Zellverband möglichst massearm gestaltet werden. Die Gesamtmasse des ALBACOPTER® 0.5, inklusive der Nutzlast, ist auf 125 kg limitiert.

EVTOL-GLIDER, TRANSPORTDROHNE, AERODYNAMIK, STRUKTURAUSLEGUNG, KOMPLEXE BATTERIESYSTEME

### Weitere Informationen online

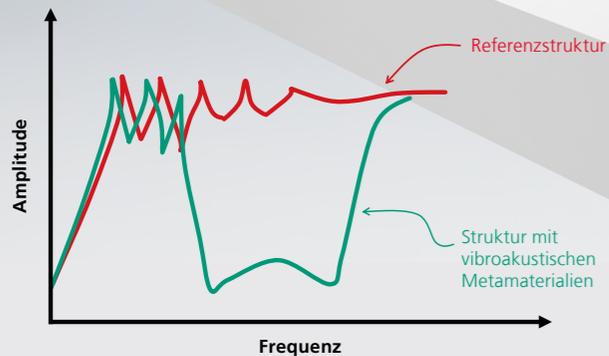
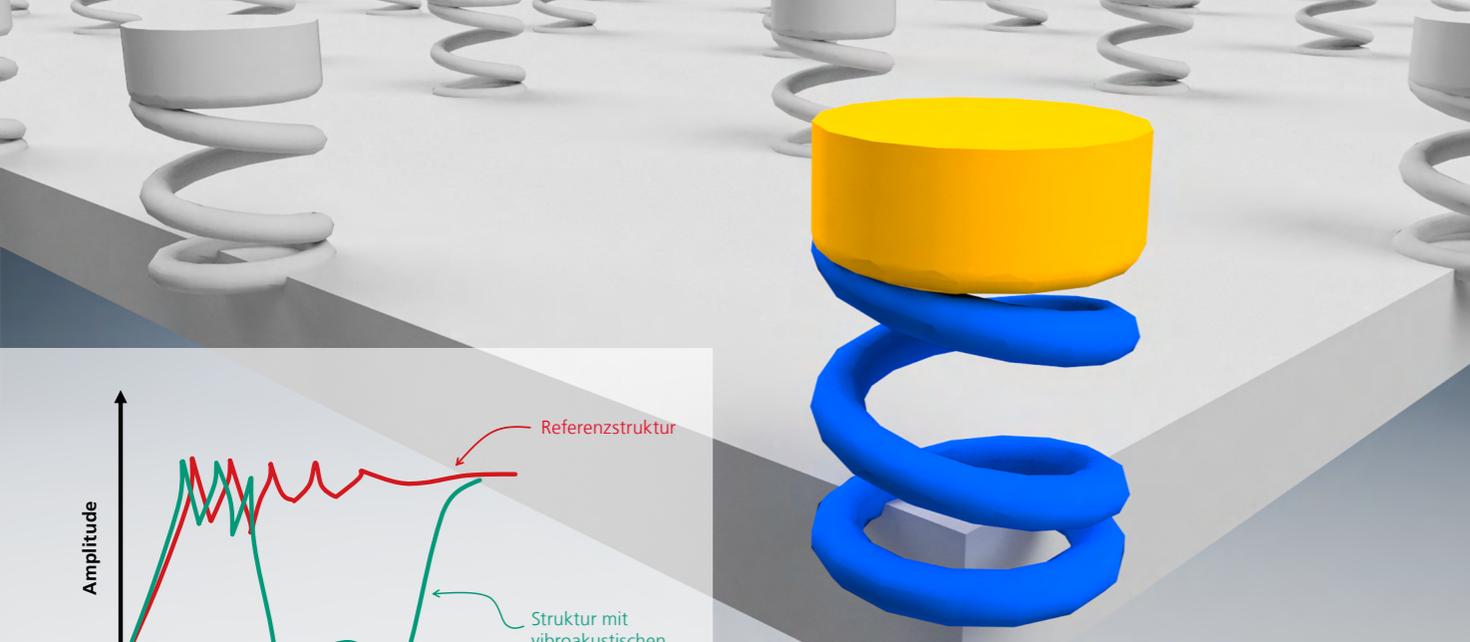
[www.lbf.fraunhofer.de/albacofter](http://www.lbf.fraunhofer.de/albacofter)



### Ansprechpartner

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

\* Über das Projekt: »ALBACOPTER®« ist ein Leitprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft. Es wurde zum 01.01.2021 gestartet und hat eine Projektdauer von vier Jahren. Die beteiligten Institute sind IVI, IOSB, IEM, ICT, IMS und LBF.



Regelmäßig angeordnete Resonatoren aus Steifigkeit (blau) und Masse (Gelb) erzeugen die besonderen Eigenschaften der vibroakustischen Metamaterialien.

## Nutzung von Lokalresonanzen

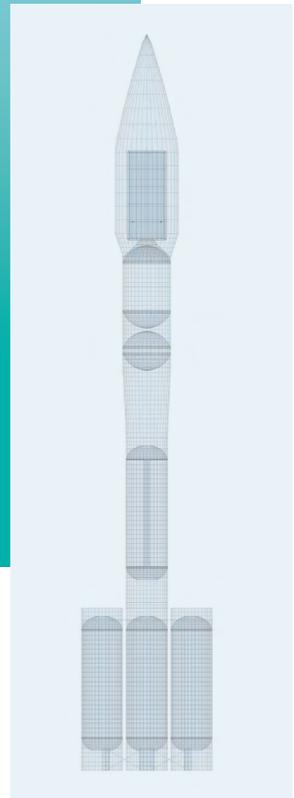
Vibroakustische Metamaterialien erzeugen Stoppbänder durch die Nutzung von Lokalresonanzen.

### Aufbau:

- Periodische Anordnung von lokalen Resonatoren auf einer Grundstruktur
- Jeder Resonator stellt ein Feder-Masse-System dar, welches auf eine oder mehrere Resonanzfrequenzen abgestimmt ist.

### Ergebnis:

Durch das Schwingverhalten der Lokalresonanzen werden negative effektive Masseeigenschaften der Gesamtstruktur erzeugt. Es entsteht eine Leichtbaustruktur mit hoher Schwingungsminde- rung und reduzierter akustischer Abstrahlung.



Numerisches Modell einer Rakete als Anwendungsfall für vibroakustische Metamaterialien.

# Neue Leichtbaupotenziale durch vibroakustische Metamaterialien

## Einsatz von vibroakustischen Metamaterialien für Schwingungsminderung in verschiedenen Anwendungen

### Kontakt

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

**Daria Manushyna**  
+49 6151 705-393  
daria.manushyna@  
lbf.fraunhofer.de

**Georg Stoll**  
+49 6151 705-8528  
georg.stoll@  
lbf.fraunhofer.de

Maschinenbau und Mobilität sollen noch wirtschaftlicher werden. Damit das gelingt, müssen die dort eingesetzten Komponenten immer effizienter und leichter gestaltet sein. Oft sind jedoch solche Lösungen mit Schwingungsproblemen verbunden. In Projekten »Silent Running« und »ViaMeta« werden Anwendungen mit vibroakustischen Metamaterialien im Bereich Raumfahrt und Automotive für das optimierte strukturelle Verhalten entwickelt. Vibroakustische Metamaterialien stellen eine neuartige Maßnahme zur Schwingungsminderung dar und versprechen Vorteile in der

Beeinflussung des Schwingungsverhaltens gegenüber konventionellen Maßnahmen.

### »viaMeta« – Leichtbaupotenziale für Fahrzeuge

Effizienz und Komfort werden zukünftig wesentlich die Kaufentscheidung für ein Fahrzeug beeinflussen. Allerdings kollidieren bei neuen Fahrzeugkonzepten die bekannten Maßnahmen, um Schall und Schwingungen zu verringern, mit dem Wunsch nach Energieeffizienz und Gewichtsreduktion. Vibroakustische Metamaterialien können hier einen wesentlichen Beitrag leisten. Aufgrund der

Kleinskaligkeit der Einheitszellen lassen sich vibroakustische Metamaterialien bei großer Design- und Gestaltungsfreiheit gut integrieren und mit im Fahrzeugbau bedeutsamen statischen, fahrdynamischen und crashrelevanten Auslegungsanforderungen vereinbaren.



Beispielhafte Umsetzung von vibroakustischen Metamaterialien an einem Fahrzeugmodell.

In dem durch das BMWi geförderte Projekt »viaMeta« arbeitet das Fraunhofer LBF, gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie an der Entwicklung einer Designsystematik der Metamaterialien und der Modellierungen zu Simulation und Optimierung von Materialkomponenten in einem virtuellen Fahrzeugprototyp. Deren Leichtbau- und Komfortwirkung wird anschließend in Demonstratoren in realen Fahrzeugen evaluiert.

### »Silent Running« – vibroakustische Metamaterialien zur Schwingungsminderung in der Raumfahrt

Der Einsatz vibroakustischer Metamaterialien wird im Projekt »Silent Running« an einer zylindrischen Komponente, die z. B. eine Launcheroberstufe darstellt, demonstriert. Dafür wird als finaler Demonstrator eine skalierte zylindrische Struktur aus Faser-Kunststoff-Verbund mit vibroakustischen Metamaterialien in differenzieller Bauweise (d. h. Resonatoren werden zusätzlich auf die Zielstruktur aufgebracht) umgesetzt.

Insgesamt konnte mit der im Projekt entwickelten Lösung das gewünschte Schwingungsminderungsverhalten im Bereich von 100 bis ca. 200 Hertz um die Faktoren bis 60 Dezibel reduziert werden. Ein breitbandiges Dämpfungsverhalten wurde im Frequenzbereich bis 600 Hertz beobachtet. Dies bestätigt die Wirksamkeit des Konzeptes und zeigt das hohe Potenzial vibroakustischer Metamaterialien für Raumfahrtstrukturen auf.

VIBROAKUSTISCHE METAMATERIALIEN, PASSIVE SCHWINGUNGSMINDERUNG, KOMFORT, LEICHTBAU

### Weitere Informationen online

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



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



# Future Mobility

## Leistungsfeld

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 diesem Zusammenhang bündeln wir 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.

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



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

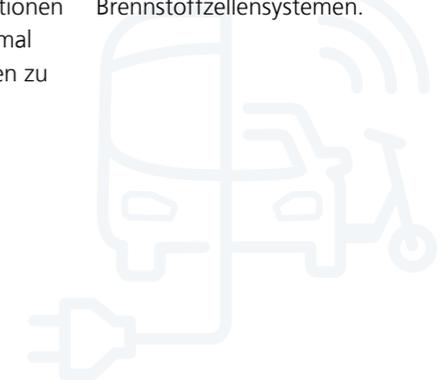
## Bündelung von Kompetenzen für nachhaltige, vernetzte und autonome Mobilität

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, leichter Bauweisen und alternativer Mobilitätskonzepte heraus.

Die fortschreitende Elektrifizierung mobiler Systeme, die Intermodalität der Verkehrsträger und die Einführung zunehmend automatisierter Fahrfunktionen sind 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.



## Schneller, weiter, höher.

Hybride Energiespeicher für mehr Leistung und Reichweite

Weitere Informationen  
online

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



Das vom BMWi geförderte Projekt »HyPowerRange« verfolgt das Ziel Leistung, Kapazität, Kühlleistungsbedarf und Kosten von Energiespeichern für batterieelektrische Fahrzeuge zu optimieren. Dazu werden in einem hybriden Energiespeicher Hochleistungs- und Hochenergiezellen auf der Gleichstromseite direkt gekoppelt. Dieser kostengünstige Ansatz verringert z. B. die temperaturabhängige Alterung des Speichers, insbesondere bei hohen Stromlasten, und reduziert gleichzeitig dessen Kühlbedarf.



HyPowerRange-Energiespeichersystem  
im Versuchsfahrzeug.

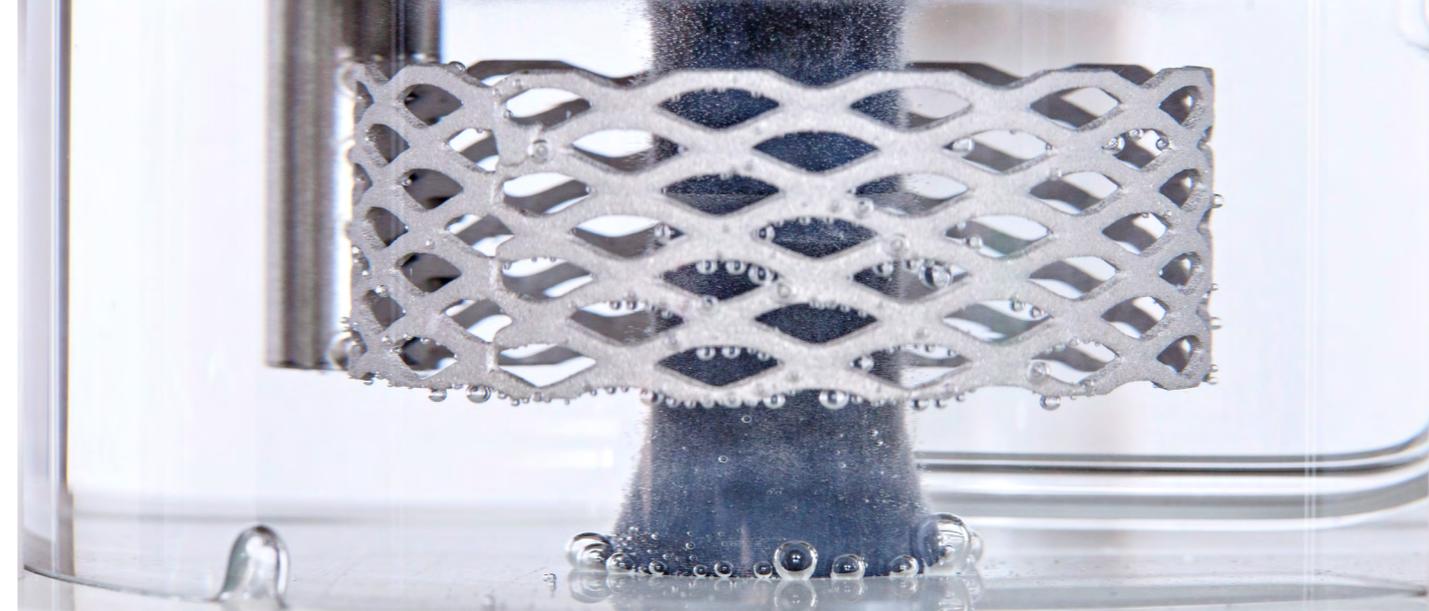
Kontakt

**Rüdiger Zinke**  
+49 6151 705-479  
[ruediger.zinke@  
lbf.fraunhofer.de](mailto:ruediger.zinke@lbf.fraunhofer.de)

**Dr. Benedict Götz**  
+49 6151 705-8524  
[benedict.goetz@  
lbf.fraunhofer.de](mailto:benedict.goetz@lbf.fraunhofer.de)

Für die Entwicklung eines derart optimierten Energiespeichersystems sind möglichst genaue Kenntnisse der im Fahrbetrieb auftretenden Leistungs- und Lastdaten erforderlich. Zur multiphysikalischen Erprobung des Energiespeichersystems wurde daher am Fraunhofer LBF eine betriebsnahe Entwicklungs- und Erprobungsumgebung etabliert. Im Hinblick auf die Einbausituation im späteren Fahrzeug-Versuchsträger wurde der Energiespeicher mittels angepasster Anbindungssteifigkeiten für die Integration in die Laborerprobungsumgebung vorbereitet. Dabei wurden auch die Eigenschaften der karosserie-seitigen, durch den Projektpartner Abt E-line entwickelten Längsrahmenstütze berücksichtigt. Neben der Schwingungsanregung aus dem Fahrbetrieb sowie Außentemperaturen bis +35 °C wurde das Energiespeichersystem mit einem transienten Stromprofil validiert und hinsichtlich seines Leistungs- und Temperaturverhaltens analysiert.

ELEKTRISCHER ANTRIEB,  
BATTERIESYSTEM,  
MULTIPHYSIKALISCHE PRÜFUNG



Im Fraunhofer LBF forschen wir auch an der Sicherheit und Systemzuverlässigkeit von Wasserstoffkomponenten.

## Maßgeschneiderte »grüne« Materialien für »grünen« Wasserstoff in Hessen

Wasserstoff-Leistungszentrum in Hessen

Wasserstoff gilt als einer der Grundpfeiler für eine klimaneutrale, nachhaltige Energiequelle sowohl für die stationäre Energieversorgung als auch für die mobile Anwendungen. Neben der nachhaltigen Erzeugung (»grüner Wasserstoff«) bestehen Herausforderungen in der zuverlässigen Auslegung von Wasserstofftechnologien und deren Komponenten sowie der Reduktion des Bedarfs an kritischen Materialien, etwa in Elektrolyseuren.

Im neuen Leistungszentrum »Green-Mat4H2 – Green Materials for Hydrogen« der Fraunhofer-Gesellschaft widmen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS und dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

der Lösung dieser Herausforderungen mit dem Ziel »grüne« Materiallösungen für die Wasserstoffwirtschaft zu entwickeln und die Zuverlässigkeit von Wasserstoff-beaufschlagten Systemen sicherzustellen.

Die Aktivitäten umfassen den gesamten Lebenszyklus des Wasserstoffs, von der Erzeugung über die Speicherung/Transport bis hin zur Nutzung. Die Forschungsarbeiten konzentrieren sich u. a. auf die Entwicklung und Validierung nachhaltiger Materialien sowie die Entwicklung von Analyse- und Validierungsmethoden zur Zuverlässigkeitsbewertung und Lebensdauerabschätzungen von Materialien, Bauteilen und Komponenten in Wasserstoffsystemen.

NACHHALTIGKEIT, GRÜNER  
WASSERSTOFF, ZUVERLÄSSIGKEIT,  
MATERIALENTWICKLUNG

Kontakt

**Dr. Christoph Bleicher**  
+49 6151 705-8359  
[christoph.bleicher@  
lbf.fraunhofer.de](mailto:christoph.bleicher@lbf.fraunhofer.de)

Weitere Informationen  
online

[www.leistungszentrum-  
wasserstoff-hessen.de](http://www.leistungszentrum-wasserstoff-hessen.de)





Wasserstoffbasierte Antriebssysteme als Wegbereiter für einen klimaneutralen Luftverkehr.

#### Kontakt

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

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

## Innovatives Thermomanagement in Brennstoffzellen-Luftverdichtern

### Integrierte Wickelkopfkühlung auf Basis von Duromeren

Brennstoffzellensysteme spielen für die Dekarbonisierung eine maßgebliche Rolle, vor allem in Nutz- und Luftfahrzeugen, welche Energiespeicher hoher Kapazität und möglichst geringem Gewicht erfordern. Eine Anwendung in der Luftfahrt ist beispielsweise die Substitution von Hilfs-triebwerken. Im Projekt »HABICHT« wird eine deutliche Erhöhung der System-Leistungsdichte auf 30 kW/kg anvisiert, mit Fokus auf der Drehzahlmaximierung des elektrischen Antriebes des Turboverdichters, welcher der Luftzufuhr zur Brennstoffzelle dient. Dies gelingt durch ein innovatives Thermomanagement in Bezug auf Kühlungsdesign und Materialien.

Um die prozesstechnische Umsetzbarkeit evaluieren zu können, wurde in Zusammenarbeit mit den Partnerinstituten (IISB, IFAM und SCAI), ein erster Geometriedemonstrator aufgebaut, der es erlaubt,

neben elektrischen Aspekten, auch die Positionierung und Realisierung der simulativ betrachteten Kühlkonzepte zu untersuchen.

Um die Umsetzung im Gesamtsystem zu realisieren, werden in der weiteren Projektphase anwendungsspezifische experimentelle Untersuchungen auf Subkomponentenlevel durchgeführt.

KÜHLKONZEPT, AUSLEGUNG,  
WÄRMELEITENDE HARZE

Geometriedemonstrator des Stators.



# Mit dem virtuellen Kongress hat das Fraunhofer LBF für einige Aufmerksamkeit in der Branche gesorgt.»

#### Teilnehmer-Feedback

zum Kongress »InEight Casting C<sup>8</sup>«

## Veranstaltungs-Highlights 2021

Es gab eine Reihe virtueller Veranstaltungen sowohl mit LBF-Beteiligung als auch unter unserer Leitung. Vom »Bürgerdialog« über Workshops zu Spezialthemen bis zu einem virtuellen Kongress.

In der zweiten Jahreshälfte konnten wir dann endlich auf einigen Messen wieder persönlichen Kontakt zu Interessierten aufnehmen.

#### Weitere Informationen online

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



## InCeight Casting C<sup>8</sup> – erster Kongress 2021



Steigende Automatisierung und Digitalisierung vergrößern den Kreis der am Produktentwicklungsprozess von Gussbauteilen Beteiligten und beeinflussen auch die Qualitätssicherung von Fertigungsprozessen wie von Gussprodukten. Diese aktuellen Herausforderungen müssen von unterschiedlichen Disziplinen verstanden werden. Unser Kongress »InCeight Casting C<sup>8</sup>« ermöglichte erstmalig diesen übergreifenden Erfahrungs- und Wissensaustausch. **Besuchen Sie den zweiten Kongress: vom 6. bis 8. März 2023 in Darmstadt!**

## #LBFutureMobility: Nachhaltiger Straßengüterverkehr

Unter dem #LBFutureMobility: Nachhaltiger Straßengüterverkehr präsentierten fünf Fraunhofer-Institute Ergebnisse aus dem internen Forschungsprojekt »HANNAe-II«, das sich mit generator-elektrischen Antrieben für mittelschwere LKW im Verteilerverkehr beschäftigte.

## #LBFutureMobility

Hochkarätige Impulsvorträge aus Politik (HMWK), Umweltforschung (Agora Verkehrswende) und Logistik (Rheintal-Transporte, Nagel-Group) ergänzten das Programm. Den Abschluss bildete eine Diskussionsrunde mit zusätzlichen Vertretern des Ifeu-Instituts in Heidelberg und der »Fridays for Future«-Bewegung.

*Der Fraunhofer-Stand im Open Space der IAA auf dem Münchner Königsplatz.  
(© Markus Jürgens)*

## Messe: Multifunktionaler Leichtbau für die Mobilität der Zukunft

Mobilität muss wettbewerbsfähig sein, nachhaltig und sicher. Leichtbau spielt dabei eine große Rolle. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer LBF erforschen seit über 80 Jahren die Leichtbaupotenziale von Fahrzeugen und ihren Komponenten. Auf der »IAA Mobility« in München präsentierten sie völlig neue Ansätze des nachhaltigen, zuverlässigen Leichtbaus für klimafreundliche Mobilität. Mit dem »Lasten-LeichtBau-Fahrrad« (L-LBF) und dem »Batteriegehäuse im Schachbrettdesign« wurden nachhaltige Werkstoffe, eine leichte Rahmenkonstruktion, höhere Batteriekapazität, effiziente Fertigungsverfahren und weitere funktionsintegrierte Lösungen realisiert.



Unter dem Hashtag #LBFSpotlights bieten wir regelmäßig Online-Seminare an.«

## »Vibroakustische Metamaterialien« Motivation – Potenziale – Lösungen

Vibroakustische Metamaterialien beeinflussen schädliche Schwingungen mittels Resonatoreffekt. Sie könnten als neuartige Schwingungsminderungsmaßnahme in den verschiedensten Branchen zum Einsatz kommen, beispielsweise im Maschinen- und Fahrzeugbau oder in der Raumfahrt. Vibroakustische Metamaterialien mindern störenden Körperschall oder helfen, Gerätschaften zu stabilisieren und Komfort zu steigern. Im Fraunhofer LBF werden numerische und experimentelle Methoden erarbeitet, um die Forschungslücke im systematischen Auslegungsprozess für vibroakustische Metamaterialien zu schließen und für die industrielle Anwendung nutzbar zu machen.



## »Rezyklate aus dem Gelben Sack«



Rezyklate sind kein Abfall, sondern wertvoller Rohstoff. LBF-Experten informierten über die Verträglichkeit und Charakterisierung von Rezyklaten sowie die Möglichkeiten, diese auch für technische Anwendungen nutzbar zu machen. Rund 180 Teilnehmende, überwiegend aus der Industrie, zeigen die Relevanz der Thematik und wie etabliert das Fraunhofer LBF hier ist.

Weitere Informationen online

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



## Forschung mit System!

Wir setzen unsere Kernkompetenzen Betriebsfestigkeit, Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Kunststoffe bereichsübergreifend ein und erzielen mit innovativen Systemlösungen optimalen Nutzen für unsere Kunden.

## Betriebsfestigkeit

Die **Betriebsfestigkeit**, als eine der leistungsfähigsten Methoden zur lebensdauerorientierten Bemessung von Bauteilen und Strukturen bildet seit der Gründung des Fraunhofer LBF das Fundament unserer der Forschungsaktivitäten.



## Wir machen Leichtbau. Zuverlässig.«

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 hohen Anspruch

entspricht. 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 cyberphysischen 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 »Werkstoffe und Bauteile« und »Baugruppe und Systeme« sind spezialisiert und unterstützen Sie fachmännisch, z. B. bei Fragestellungen der Betriebsfestigkeitsbewertung von metallischen Werkstoffen und Bauteilen, der Entwicklung von numerischen Methoden, der Beschreibung komplexer Kinematiken mittels Mehrkörpersimulation (MKS) sowie dem Aufbau und Verifikation entsprechender Modelle bis zum Gesamtfahrzeug oder der Ableitung zeitgeraffter Versuchsprogramme für die Laborerprobung.



**Bereichsleiter**  
**Betriebsfestigkeit und**  
**Systemzuverlässigkeit**

Rüdiger Heim  
+49 6151 705-283  
ruediger.heim@  
lbf.fraunhofer.de

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



## Adaptronik



### Bereichsleiter Adaptronik

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

www.lbf.fraunhofer.de/  
adaptronik



Im Fokus der Forschungsarbeiten des Bereichs **Adaptronik** 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 kundentoptierte 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 mit der unsere beiden Abteilungen »Experimentelle Analyse und Elektromechanik« sowie »Strukturdynamik und Schwingungstechnik« Sie dabei unterstützen, Ihre Produkte leiser, komfortabler und intelligenter zu machen:



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

messtechnische Analysen, 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, sind nur einige Beispiele.

## Kunststoffe

Spitzenprodukte können heute nur über einen zuverlässigen und schnellen Zugang zu innovativen und leistungsfähigen Materialien und Werkstoffen wettbewerbsfähig auf den Weltmärkten angeboten werden. Maßgeschneiderte **Kunststoffe**, 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 Standhalten 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



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

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 die vier fachlich und methodisch sich untereinander ergänzenden Fachabteilungen »Additivierung und Dauerhaftigkeit«, »Kunststoffverarbeitung und Bauteilauslegung«, »Materialanalytik und Charakterisierung« sowie »Synthese und Formulierung«.



### Bereichsleiter Kunststoffe

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

www.lbf.fraunhofer.de/  
kunststoffe



# LBF Management Team

## Bereich Adaptronik



**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

## Bereich Betriebsfestigkeit



**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

## Zentrale Dienste



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

## Bereich Kunststoffe



**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



Materialanalytik und Charakterisierung  
**Dr. R. Brüll**  
+49 6151 705-8639  
robert.bruell@lbf.fraunhofer.de



Additivierung und Dauerhaftigkeit  
**Dr. E. Metzsch-Zilligen**  
+49 6151 705-8609  
elke.metzsch-zilligen@lbf.fraunhofer.de



Synthese und Formulierung  
**Dr. F. Schönberger**  
+49 6151 705-8705  
frank.schoenberger@lbf.fraunhofer.de

## Assoziiertes Fachgebiet



Systemzuverlässigkeit, Adaptronik  
und Maschinenakustik  
**Prof. Dr.-Ing. T. Melz**  
www.sam.tu-darmstadt.de



## Institutsleitung



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

## Stabsstellen



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



Strategisches Management  
**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 705-648  
ilona.langer@lbf.fraunhofer.de

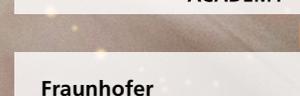
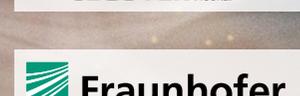
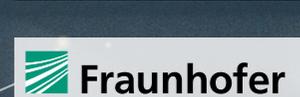
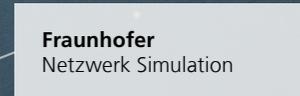
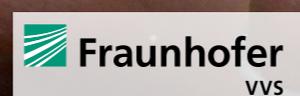
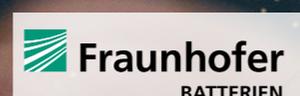
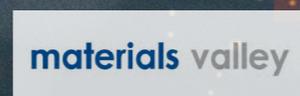
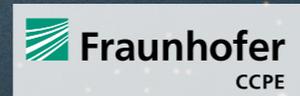


Arbeitsschutz  
**R. Wirth**  
+49 6151 705-332  
reinhard.wirth@lbf.fraunhofer.de

# Netzwerke

Mit unserem Engagement in Verbänden 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.



ISSN 1864-0958

## Digital im Dialog!

---

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

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

