

Sicher. Digital.  
Nachhaltig.

Jahresbericht 2024



# Am Fraunhofer LBF generieren wir mit Ihnen neues Wissen und geeignete Werkzeuge für den gemeinsamen Erfolg!«

**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

Bildnachweise: Fraunhofer IFAM, Fraunhofer LBF, Fraunhofer IISB, LBF-Archiv, Safran Cabine Germany GmbH, SEABAT, TRUMPF Gruppe, Ursula Raapke, Adobe Firefly (Titel), AdobeStock (artbot, banphote, belyaaa, BigBlueStudio, cat\_smile, detailfoto, Doris Gräf, heike114, lirlon, Marc Kunze, mirkomeia, Oleg Breslavtsev, panitan, Pansfun Images/Stocksy, pegasosart, Production Perig, vegefox.com)

© Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt, Mai 2025

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

## 2024 im Überblick

**Einblicke**

- 🔗 Sicher. Digital. Nachhaltig. . . . . 4
- 🔗 Aktuelle Mitglieder des Kuratoriums . . . . . 7
- 🔗 Das Fraunhofer LBF in Zahlen 2024 . . . . . 8

**Forschung mit System!**

- 🔗 Digital Engineering . . . . . 10
- 🔗 Smart Solutions . . . . . 16
- 🔗 Reliability Design . . . . . 24
- 🔗 Circular Economy . . . . . 32
- 🔗 Lightweight Design . . . . . 40
- 🔗 Future Mobility . . . . . 44

**Einblicke**

- 🔗 Ausgründung – Suprior . . . . . 50
- 🔗 Jugend forscht . . . . . 52

**Forschungsbereiche**

- 🔗 Betriebsfestigkeit . . . . . 55
- 🔗 Adaptronik . . . . . 56
- 🔗 Kunststoffe . . . . . 57

**Einblicke**

- 🔗 LBF Management Team . . . . . 58
- 🔗 Netzwerke . . . . . 60



Der Jahresbericht 2024 – digital und interaktiv  
[www.lbf.fraunhofer.de/jahresbericht](http://www.lbf.fraunhofer.de/jahresbericht)



**Durch unseren interdisziplinären Ansatz decken wir den gesamten Prozess vom Material über Baugruppen bis zum System ab und unterstützen Sie dabei, komplexe Zusammenhänge zu verstehen.»**

**Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz,**  
 Institutsleiter



## Sicher. Digital. Nachhaltig.

### Liebe Leserinnen und Leser!

Das zurückliegende Jahr war für unsere Partner und uns geprägt durch Herausforderungen und Chancen gleichermaßen. In einer Zeit, die von Unsicherheiten und Krisen sowie politischen und marktwirtschaftlichen Veränderungen geprägt ist, haben wir uns gemeinsam mit unseren Partnern aus Forschung und Wirtschaft verändert und erfolgreich weiterentwickelt.

Der Dialog und die enge Zusammenarbeit mit unseren Partnern sind entscheidend, um innovative und wettbewerbsfähige Lösungen zu entwickeln. Dies erfordert ein tiefes Verständnis von Bedarf und Angebot. Daher stehen wir im ständigen Austausch mit Ihnen.

Unser Team hat mit viel Engagement und Innovationskraft an der Analyse und Beratung bei konkreten Problemstellungen gearbeitet. Wir decken den gesamten Prozess vom Material über Bauteile bis zum System ab und unterstützen Sie dabei, komplexe Zusammenhänge zu verstehen. Unser Ziel ist es, die jeweils bestmögliche Lösung zu finden und zukunftsweisende Technologien zu entwickeln.

Im Folgenden präsentieren wir einige Beispiele als Anregung für den Austausch über Ihre Herausforderungen. Auf der Systemebene haben wir mit Industriepartnern ein mit Künstlicher Intelligenz (KI) arbeitendes System zur herstellerübergreifenden **Zustandsüberwachung von Werkzeugmaschinen** entwickelt. Auf der Bauteilebene wurde für technische Elastomere eine **KI-basierte Schadensanalyse** implementiert, die mittels **Machine Learning** relevante Schadensursachen systematisch erfasst. Im Bereich der **nachhaltigen Materialien** setzen wir Maßstäbe durch die Entwicklung **flourfreier Elastomerlösungen** und die Herstellung von **hochwertigen Rezyklaten aus Kunststoffabfällen sowie biobasierten Polymeren** für technisch hochrelevante Vliesstoffe oder Dachbahnen im Bausektor.

Im Spannungsfeld von Material, Baugruppe und System arbeiten wir mit Partnern an Verfahren und Werkzeugen zur Auslegung und Fertigung nachhaltiger und betriebsfester **Karosseriearchitekturen aus Aluminiumdruckguss**. Im Bereich Elektromobilität



## 2024 – digital und interaktiv

Nutzen Sie die Interaktivität dieses Jahresberichts und erhalten Sie Einblicke in unsere Projekte. Sie finden vertiefende Inhalte auch auf der Onlinepräsenz.

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

Folgen Sie uns

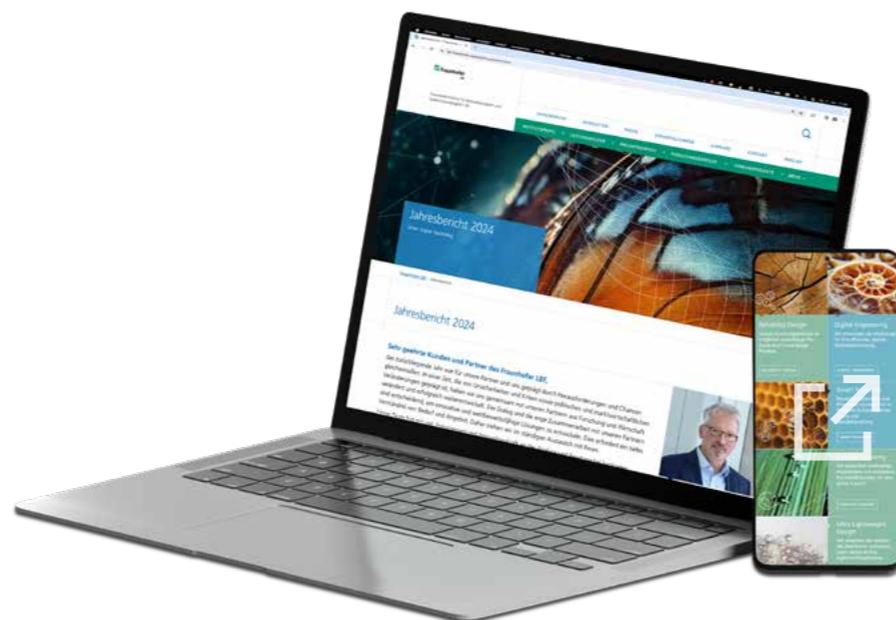


entwickeln wir aktuell Lösungen zur Beschleunigung der **zuverlässigen Batterieentwicklung durch Methoden der Virtualisierung** und digitaler Zwillinge sowie zur Erhöhung der Sicherheit von zunächst Batterie- und nachfolgend Brennstoffzellensystemen. Ein weiteres Beispiel ist die entwickelte **Methodik zur vereinfachten Erprobung und Charakterisierung von strukturintegrierten Hochvolt Speichern** durch angepasste Ersatzversuche zur entwicklungsbegleitenden Zuverlässigkeitsbewertung, die in Zusammenarbeit mit einem Automobilpartner entstanden ist.

Ich bin stolz auf unser Team und überzeugt, dass wir den bevorstehenden Herausforderungen auch dank starker Partnerschaften und dem innovativen Dialog gemeinsam mit Ihnen gewachsen sind. Ich lade Sie ein, diesen Jahresbericht zu lesen und sich einen Eindruck von den vielfältigen Aktivitäten und Erfolgen des Fraunhofer LBF im Jahr 2024 zu verschaffen. Gemeinsam finden wir den richtigen Lösungsansatz und entwickeln passgenaue Technologien für Ihren Bedarf. Wir freuen uns auf Sie!

Herzliche Grüße,

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz,  
Institutsleiter



## Aktuelle Mitglieder des Kuratoriums

### Vielen Dank!

- **Dr. Xenia Beyrich-Graf**  
BASF SE, Ludwigshafen
- **Dr. Matthias Decker**  
Audi AG, Ingolstadt
- **Dr. Mathias Glasmacher**  
Diehl Stiftung & Co. KG, Nürnberg
- **Dr. Martin Hillebrecht**  
EDAG Engineering GmbH, Fulda
- **Prof. Dr. Tim Hosenfeldt**  
Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Herzogenaurach
- **MinR'in Dr. Ulrike Mattig**  
Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Wiesbaden
- **Prof. Dr. Matthias Oechsner**  
Technische Universität 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
- **Prof. Dr. rer. nat. habil. Ulrike Stadtmüller**  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Hochschule RheinMain

# Das Fraunhofer LBF in Zahlen 2024

**333**

Presseerwähnungen

**29**

Akademische Abschlüsse  
(Promotionen, Masterarbeiten)

**7**

Neue Patente

**70**

Mitarbeit in internationalen  
Fachausschüssen und Gremien

**25**

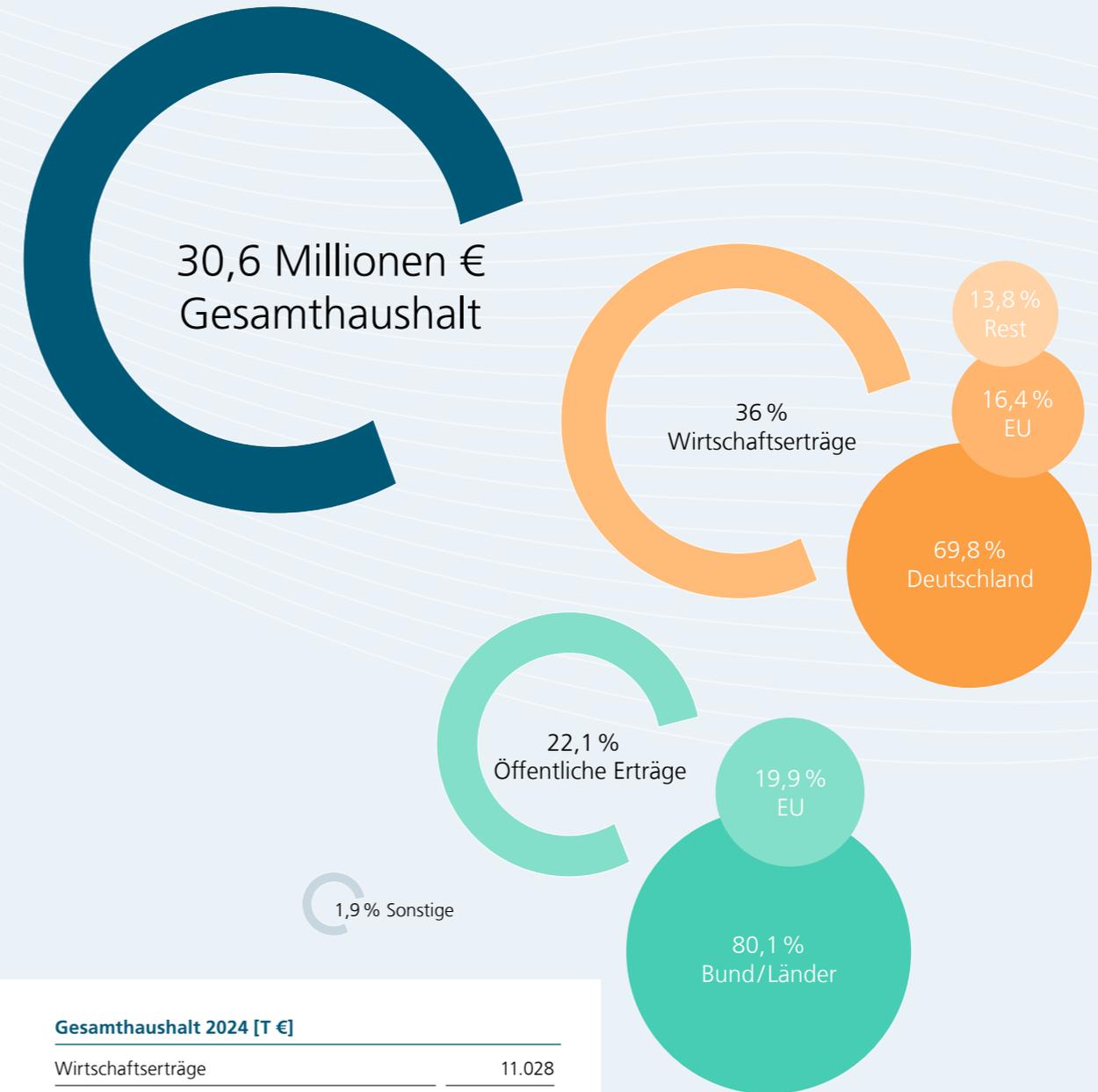
Vorlesungen

**86**

Wissenschaftliche  
Veröffentlichungen

## Personal

2024 waren am Institut insgesamt **332 Mitarbeitende** beschäftigt. Zusätzlich waren 29 Personen am assoziierten Lehrstuhl Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM der Technischen Universität Darmstadt tätig.



### Gesamthaushalt 2024 [T €]

Wirtschaftserträge	11.028
Öffentliche Erträge	6.751
Sonstige Erträge	578
Interne Programme	3.460
Institutionelle Förderung (Grufi)	8.787
<b>Summe</b>	<b>30.605</b>

Stand: März 2025

# 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.

»  
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 maßgeschneideren 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.

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.

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



Neue Karosseriekonzepte und zukunftsorientierte Technologien made by Fraunhofer.

## Wandel im Fahrzeugbau: Nachhaltigkeit und Innovation

Fraunhofer bündelt Kompetenzen und bietet passgenaue Lösungen



Der Fahrzeugbau erlebt einen Wandel. Dabei stehen neue Karosseriebauweisen und nachhaltige Produkte im Fokus, um die Klimaziele 2030 und CO<sub>2</sub>-Neutralität bis 2050 zu erreichen. Im Leitprojekt »FutureCarProduction« arbeiten acht Fraunhofer-Institute an ganzheitlichen Lösungen für innovative Karosseriekonzepte und zukunftsorientierte Technologien, die ökologische Nachhaltigkeit, technische Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit vereinen.

Das Projekt beinhaltet eine methodenbasierte Analyse von Fahrzeug- und Karosseriearchitekturen. Hierbei werden sowohl konventionelle als auch neuartige Fertigungsprozesse wie Gießen, Umformen und Fügen betrachtet. Auch der Einsatz von Sekundärrohstoffen, die Wiederverwendbarkeit (Re-Use, Re-Manufacturing, Recycling) und die Strukturintegrität werden berücksichtigt.

Das Fraunhofer LBF spielt eine zentrale Rolle, indem es die Strukturintegrität hinsichtlich der Betriebsfestigkeit bewertet. Die Experten untersuchen wie Fertigungsrandbedingungen und verschiedene Legierungszustände bei Aluminium-Druck- und Schwerkraftgusslegierungen die Zuverlässigkeit von Karosseriestrukturen beeinflussen.

Die gesammelten Erkenntnisse über das zyklische Werkstoffverhalten von Sekundär- im Vergleich zu Primärlegierungen ermöglichen es, die Bauteilfestigkeit präzise zu beschreiben und liefern wertvolle Daten für die Bauteilbemessung. Zudem entwickelt das Fraunhofer LBF ein Auslegungswerkzeug für nachhaltige, kreislauf- und reparaturfähige Karosseriestrukturen, inklusive einer umfassenden LifeCycle-Bewertung und Optimierung unter Berücksichtigung relevanter Fertigungseinflüsse. Fraunhofer gestaltet den Wandel im Fahrzeugbau mit.

ZUVERLÄSSIGKEIT, SEKUNDÄR-ALUMINIUM, BAUTEILFESTIGKEIT

### Kontakt

Dr. Christoph Bleicher  
+49 6151 705-8359  
christoph.bleicher@  
lbf.fraunhofer.de

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

## KI-basierte Schadensanalyse von technischen Elastomeren

Identifikation von Schäden durch multidisziplinär entwickeltes Assistenzsystem

Im Forschungsprojekt »KI-basierte Schadensanalyse von technischen Elastomeren – KISTE« hat das Fraunhofer-Team erfolgreich die erste Stufe zur objektiven Ermittlung von Schadensursachen von Elastomeren in einer Prozesskette umgesetzt. Der Schwerpunkt lag zunächst auf der Ermittlung einer soliden Datenbasis. Da schadhaftes Material oft nicht in ausreichender Stückzahl für das KI-Modelltraining verfügbar ist, wurden synthetische Schadensdaten generiert. Verschiedene Methoden zur Datenaugmentierung, wie geometrische Transformationen und Farbänderungen, wurden hinsichtlich ihrer Effektivität getestet und angewandt. So konnten eine repräsentative Anzahl an Schadensbildern erstellt werden, um verschiedene Schadensursachen systematisch zu erfassen und die Robustheit des Modells zu steigern.

Im nächsten Schritt wird die Prozesskette von einem zunächst rein auf Bilddaten

basierenden Klassifikationsmodell zu einem mehrstufigen, multimodalen Klassifikationsmodell erweitert. Dazu werden zusätzliche skalare Inputparameter, beispielsweise Materialkennwerte, ergänzt, um die Genauigkeit der Schadensbestimmung zu erhöhen und den Klassifikationsprozess insgesamt robuster zu gestalten. Eine weitere Forschungsfrage wird sich auf die Extrapolierbarkeit der Prozesskette von Schadensbeispielen abseits des Trainingsdatensatzes der KI-Modelle beziehen. Diese Übertragbarkeit soll, unter anderem durch Transfer-Learning-Ansätze, auch für zukünftige Projekte optimiert werden.

Mit den gewonnenen Erkenntnissen sind Hersteller sowie Anwender von Elastomerprodukten in der Lage, Schadensfälle effizient zu identifizieren und analysieren, was eine zielgerichtete Vermeidung zukünftiger Ausfälle ermöglicht.

MACHINE LEARNING, ELASTOMERE, SCHADENSANALYSE



Schematische Darstellung der zur Schadensbeurteilung konzipierten Prozesskette unter Verwendung von elastomerspezifischen Bewertungskriterien und Machine-Learning-Ansätzen.

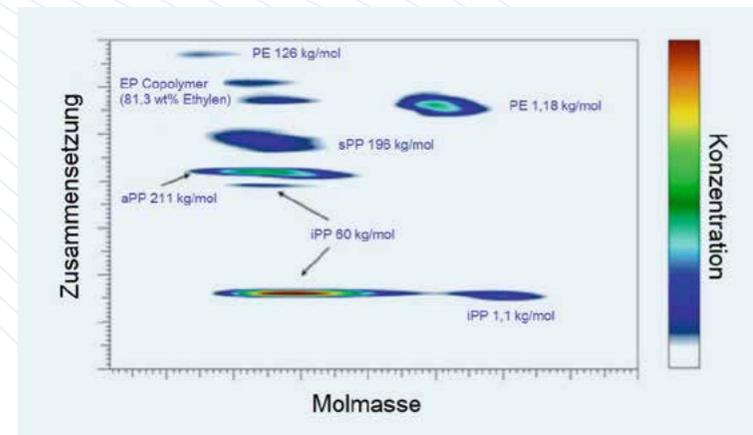
### Kontakt

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

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

# Quantitative Molekularcharakterisierung von Polyolefin-Rezyklaten

Neue leistungsfähige HT-2D-LC-Methode unterstützt KMU



Zusammenhang zwischen Molmasse und Zusammensetzung in einer komplexen Polyolefinmischung – Aufgeklärt mittels 2-dimensionaler Flüssigchromatografie.

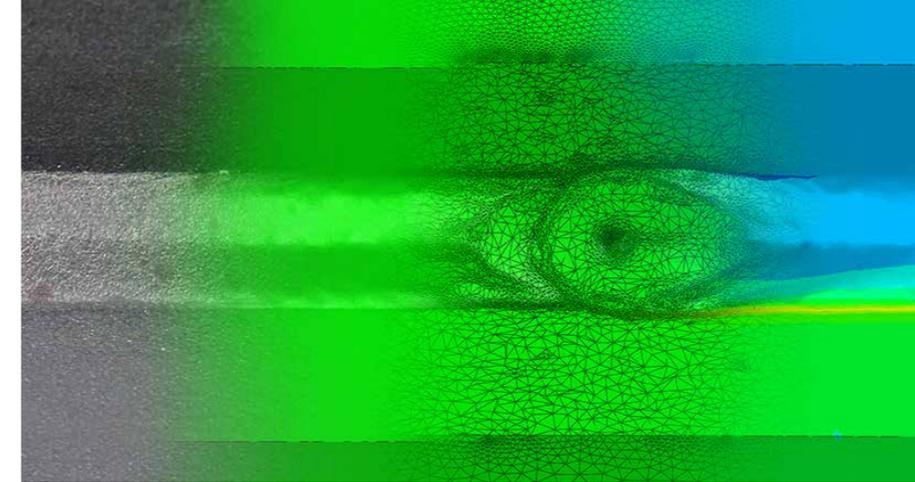
Recycling ist ein gesellschaftlich und wirtschaftlich bedeutendes Thema. Besonders das Recycling von Polyolefinabfällen wird immer wichtiger. Doch das Upcycling stößt an Grenzen: Mangelnde Informationen zum molekularen Aufbau und zu niedermolekularen Verunreinigungen erschweren den KMU in Deutschland die Verwertung von Polyolefinabfällen. Der Großteil wird nur thermisch verwertet, während ansonsten Downcycling – etwa in Abfallsäcken und Parkbänken – dominiert.

Ein zukunftsorientiertes Upcycling in gleichwertige Produkte wäre dringend nötig. Eine technologische Lücke besteht jedoch: Fehlende Informationen über den molekularen Aufbau von Polyolefinrezyklaten (PORez) verhindern zugeschnittene Compound- und Produktentwicklungen.

## Kontakt

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

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



Digitalisierung einer Schweißnaht: Von realer Geometrie, über ein Berechnungsmodell, zur lokalen Beanspruchung.

# Digitale Qualitätskontrolle von Schweißnähten zur Bewertung der Schwingfestigkeit

3D-Scan liefert zuverlässige Aussage über die Lebensdauer

Das Projekt »ORKa3D« erfasst und analysiert Schweißnähte an Bauteilen mit modernster 3D-Scanner-Technologie. Die digitale Nahtgeometrie ermöglicht eine detaillierte Analyse, die über traditionelle Prüfmethoden hinausgeht. Die Qualität wird vollständig dokumentiert, und eine automatisierte Auswertung nach DIN EN ISO 5817 ist möglich. Dies ist besonders wichtig in regulierten Bereichen wie dem Bauwesen oder im Kranbau. Die digitale Erfassung erfolgt unmittelbar nach dem Schweißprozess, was eine sofortige Qualitätsbewertung der Nähte ermöglicht und die Effizienz steigert.

Die Forschenden analysieren die lokale Nahtgeometrie detailliert und treffen zuverlässige Aussagen über die Lebensdauer. Dies geschieht in drei Schritten: Zuerst werden Algorithmen zur automatisierten Auswertung der 3D-Scandaten entwickelt. Der erste Schritt liefert spezifische Nahtmerkmale wie die Größe der Nahtübergangskerben. Im zweiten Schritt wird die

Schwingfestigkeit geschweißter Proben experimentell ermittelt. Hierbei werden Anrissorte und Rissfortschritt identifiziert. Im dritten Schritt wird eine Korrelation zwischen Nahtgeometrie und Schwingfestigkeit hergestellt. Die Ergebnisse unterstützen die Überarbeitung der Normen, die die Einflüsse der Nahtgeometrie auf die Ermüdungsfestigkeit nur unzureichend abbilden.

Unternehmen, die geschweißte Bauteile produzieren, profitieren von einer verbesserten Qualitätssicherung. Potenzielle Schwachstellen können frühzeitig identifiziert werden. Die gezielte Nacharbeitung von unzureichenden Schweißnähten sichert die Zuverlässigkeit. Anwendungsbereiche sind Stahlbau, Brückenbau und Anlagenbau. Die Implementierung des Verfahrens steigert die Produktqualität und senkt Kosten durch reduzierte Ausschussraten. Das Projekt erhöht die Standards in der Schweißtechnik und nutzt die Digitalisierung in der Produktion optimal.

SCHWINGFESTIGKEIT, SCHWEISSVERBINDUNGEN, QUALITÄTSBEWERTUNG

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

## Kontakt

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

[www.lbf.fraunhofer.de/orka3d](http://www.lbf.fraunhofer.de/orka3d)

2-DIMENSIONALE FLÜSSIG-CHROMATOGRAPHIE, MOLMASSEN-UND ZUSAMMENSETZUNGS-VERTEILUNG, UPCYCLING

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



INDUSTRIELLE GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG  
Förderkennzeichen: 01IF23356 N



### 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.

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

Im Leistungsfeld **Smart Solutions** erforschen und entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Hard- und Software-Lösungen, u. a. basierend auf Modellierungsansätzen des Digital Engineering, für Smart Maintenance-Anwendungen, zur Prognose und Vermeidung von ungeplanten Maschinen- und Systemausfällen und zur Steigerung technischer Verfügbarkeiten. Ein weiteres Thema ist die gezielte Beeinflussung schwingungstechnischer Eigenschaften von Strukturen in mobilen Systemen, wie Fahrzeugen sowie in Maschinen und Anlagen. In beiden Fällen kommen Methoden des maschinellen Lernens zur erweiterten Analyse wachsender Datenmengen in Verbindung mit intelligenten Sensoren und Sensornetzwerken sowie integrierter Aktorik zum Einsatz. Noch weiter gehen 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.

## 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.





## Entwicklung eines schwingungsbasierten Enteisungsverfahrens für Flugzeugflügel

KI unterstützt eisfreies und sicheres Fliegen

Die Vereisung von Flugzeugtragflächen, insbesondere an der Flügelvorderkante, beeinträchtigt die Aerodynamik und gefährdet die Sicherheit sowie Effizienz des Flugbetriebs. Herkömmliche thermische Enteisungssysteme sind energieintensiv und nicht mit emissionsfreien Flugzeugantrieben kompatibel. Experten aus dem Fraunhofer LBF entwickeln in dem EU-Projekt »UP-Wing« (Innovationsprogramm Clean Aviation) ein innovatives elektromechanisches Enteisungssystem, das auf strukturellen Schwingungen basiert.

Das neuartige elektromechanische Enteisungssystem nutzt hochdynamische Aktoren, um Vibrationen im Frequenzbereich bis zu 5 kHz zu erzeugen, die die Eisschicht aufbrechen und ablösen. Ein zentrales Merkmal ist der adaptronische Systemansatz, bei dem Sensorsignale in eine Steuereinheit zurückgeführt werden, welche kontinuierlich die strukturellen Eigenschaften des Flügels ermittelt und daraus das optimale Anregungssignal

in Echtzeit anpasst. Dadurch wird eine maximale Enteisungseffizienz bei gleichzeitig minimalem Energieverbrauch erreicht.

Die Forschung des Fraunhofer LBF leistet einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung nachhaltiger Luftfahrtstechnologien. Insbesondere im Kontext der emissionsfreien Luftfahrt eröffnet dieses Enteisungssystem neue Möglichkeiten für einen energieeffizienteren und sicheren Flugbetrieb.

Das System bietet erhebliche Vorteile für Flugzeughersteller und -gesellschaften, darunter signifikante Energie- und Gewichtseinsparungen und eignet sich für verschiedene Flugzeugklassen. Auch Anwendungen in Windkraftanlagen, maritimer Schifffahrt und Hochspannungsleitungen sind denkbar.

DE-ICING, AKTOR, STRUKTURDYNAMIK

gefördert durch:



### Kontakt

**Thorsten Koch**  
+49 6151 705-391  
thorsten.koch@  
lbf.fraunhofer.de

**Denis Becker**  
+49 6151 705-246  
denis.becker@  
lbf.fraunhofer.de

## Innovation in der Handprothetik: Einteiliger bistabiler Finger aus Metamaterial

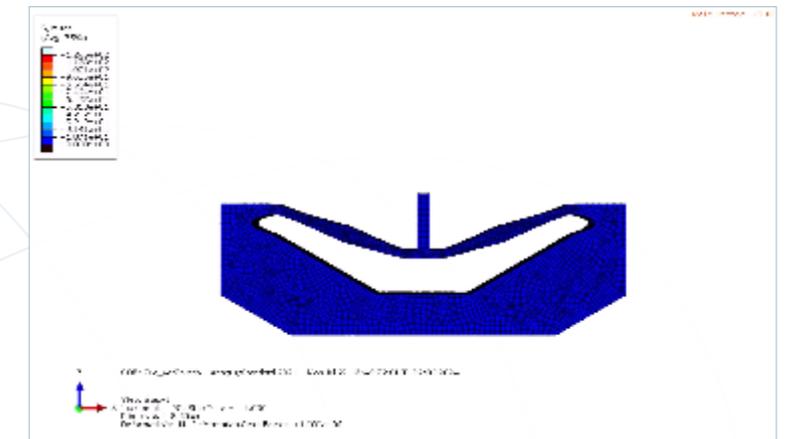
Ästhetische Handprothese – einfach und kostengünstig

Passive Handprothesen mit beweglichen Fingern sind für Betroffene aufgrund ihrer geringen Kosten oft eine attraktive Wahl. Im Fraunhofer Cluster of Excellence Programmable Materials CPM haben Forschende einen Finger für Handprothesen entwickelt, der vier stabile Verformungszustände ermöglichen kann. Im Projekt »ProFi« haben sie die herkömmliche mehrteilige und verschraubte Konstruktion durch ein einzelnes programmierbares Metamaterial ersetzt, um den Montageaufwand deutlich zu reduzieren.



Die neue Fingerprothese kann in drei Stellungen fixiert werden.

Ziel war es, einen Finger mit zwei Gelenken zu kreieren, die lediglich eine Beugung um eine Achse erlauben, während die anderen Freiheitsgrade steif bleiben. Die Fingerstellung soll passiv durch die zweite Hand in mindestens drei Positionen – gestreckt (0°), Grundstellung (30°) und gebeugt (90°) – stabil eingestellt werden können. Da das Hauptaugenmerk der Handprothese auf dem ästhetischen Aspekt liegt, sind keine



weiteren Funktionalitäten erforderlich. Das Metamaterial soll skalierbar und anpassbar sein, um die detaillierte Nachbildung individueller Finger zu ermöglichen.

Die Gelenkstruktur wurde am Fraunhofer LBF entwickelt und durch eine Parameterstudie mit Hilfe von statisch-mechanischen FEM-Simulationen analysiert. Sie nutzt ein Metamaterial, das ursprünglich als Gelenkersatz für einen Ellenbogen konzipiert wurde. Anpassungen erlauben eine 90°-Biegung in einem kompakten Baupraum und gewährleisten geringe Steifigkeit in der Beugungsrichtung.

Das neuartige Gelenk wurde in einen vereinfachten Finger integriert, der additiv aus einem einzigen Bauteil gefertigt wird – ganz ohne Montageaufwand und ästhetisch ansprechend.

PROGRAMMIERBARES METAMATERIAL,  
BISTABILITÄT, PROTHETIK

### Kontakt

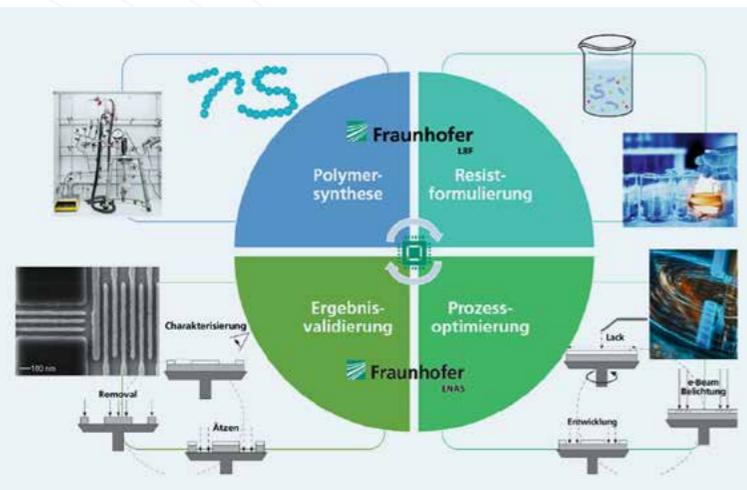
**Jannik Krohn**  
+49 6151 705-627  
jannik.krohn@  
lbf.fraunhofer.de

**Dr. William Kaal**  
+49 6151 705-440  
william.kaal@  
lbf.fraunhofer.de

# Neue Polymerlösungen für eine starke deutsche Halbleiterindustrie

Strahlungssensitiver Lack (Resist) für die Elektronenstrahl-Lithografie

Neues Projekt



Fraunhofer-Teams entwickeln einen strahlungssensitiven Lack (Resist) für die Elektronenstrahl-Lithografie.

Die Lithografie ist entscheidend für die Herstellung elektronischer Halbleiter. Neue Lacke (Resiste) mit hoher Sensitivität und Auflösung sind erforderlich, um die Bauteildichte zu erhöhen und die Massenproduktion zu bewältigen. Mit dem Projekt »IndiNaPoly« wollen Fraunhofer-Forschende die chemische Industrie unterstützen, einen technologischen Vorsprung erzielen und neue Märkte erschließen. Resisthersteller sind ein wichtiges Bindeglied in der Halbleiterindustrie. Hersteller von Spezialpolymeren und Halbleiter profitieren ebenfalls von den Ergebnissen.

Das Projekt adressiert Herausforderungen neuer Technologien wie Künstliche Intelligenz, Quanten-Computing, 5G und das Internet der Dinge. Der Fokus liegt auf der Entwicklung empfindlicherer Resiste für die Elektronenstrahl-Lithografie. Diese ermöglichen hochauflösende Abbildungen nanoskaliger Strukturen bei kürzeren Belichtungszeiten. »IndiNaPoly« schließt die Lücke zwischen Sensitivität und Auflösung in der Lithografie, was chemische und prozesstechnische Kompetenzen erfordert.

Die Projektziele werden durch individuelle Polymersynthese und kontinuierliche Optimierung der lithografischen Prozessschritte erreicht. Höhere Auflösungen und kürzere Belichtungszeiten tragen zur Energieeinsparung und zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks bei.

Das Fraunhofer LBF konzentriert sich auf die Entwicklung neuer Polymermaterialien. Der Fokus liegt auf Verbesserung der Abbildungseigenschaften und schnelleren, nachhaltigen Synthesestrategien. Weitere Eigenschaften wie Adhäsion, Ätztstabilität und Umweltverträglichkeit werden ebenfalls betrachtet.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ,  
PROZESSOPTIMIERUNG,  
NACHHALTIGKEIT

## Kontakt

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

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

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen:  
02P20A091

# Herstellerübergreifende Zustandsüberwachung von Werkzeugmaschinen

Steigerung der Maschinenverfügbarkeit durch effiziente und genaue Fehlerdiagnose

Collaborative Condition Monitoring beschreibt die automatisierte Zustandsüberwachung, die verschiedene Akteure wie Maschinenhersteller und Komponentenlieferanten in einem gemeinsamen Datenraum vereint. Dieser Raum ermöglicht die Aggregation und den Austausch von Daten, um den Maschinenzustand gemeinsam zu analysieren. Sensoren messen kontinuierlich Betriebsparameter, deren Daten sicher gespeichert und kontrolliert ausgetauscht werden. Die herstellerübergreifende Kollaboration erfolgt auf drei Ebenen: Austausch von Rohdaten, Bereitstellung extrahierter Merkmale und Teilen von Zustandsinformationen

Im BMBF-Projekt »ProKinect« haben Fraunhofer-Forschende eine 2D-Laserschneidmaschine von TRUMPF und ein Planetengetriebe von WITTENSTEIN überwacht. Die erfassten Maschinendaten wurden in einer sicheren Umgebung verarbeitet, um Fehlerzustände zu erkennen, Ausfallwahrscheinlichkeiten des Systems vorherzusagen und

Fehlerursachen zu diagnostizieren. Mit der im Fraunhofer LBF entwickelten wissensbasierten, symbolischen KI-Methode wurden Instandhaltungswissen und kausale Fehlerwirkzusammenhänge digitalisiert und für die Zustandsüberwachung in Form von Algorithmen zugänglich gemacht.



## Kontakt

Jonathan Millitzer  
+49 6151 705-8218  
jonathan.millitzer@  
lbf.fraunhofer.de

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

Technischer Demonstrator  
TruLaser 3060 fiber mit  
sechs Metern Länge.

Das kollaborative Zustandsmonitoring punktet durch eine ganzheitliche und herstellerübergreifende Fehlerdiagnose, die perspektivisch neue Dienstleistungen ermöglicht. Kollaborative Diagnosemethoden gewinnen an Bedeutung.

PREDICTIVE MAINTENANCE,  
INDUSTRIE 4.0, KOOPERATIVE KI

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

Messaufbau des  
teilautomatisierten  
EMI-Messkopfes an einer  
Zyklieprobe eines rCF-  
verstärkten Thermoplasts.



## Innovatives Inspektionssystem zur Prüfung von rCF-Verbundwerkstoffen

Zerstörungsfreie Prüfung zur Detektion von Materialschädigungen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Recycelte Carbonfaser (rCF)-Verbundwerkstoffe sind entscheidend für nachhaltige Materialentwicklungen und gewinnen in der industriellen Fertigung, insbesondere in der Automobil- und Luftfahrtbranche, an Bedeutung. Sie stellen eine nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Carbonfasern dar und reduzieren die Umweltbelastung durch Recycling. Die Qualitätssicherung dieser Materialien ist jedoch herausfordernd, da ihre mechanischen Eigenschaften stark von Produktionsparametern abhängen.

Im Rahmen von »RE-IMPACT« haben die Forschenden ein zerstörungsfreies Prüfverfahren basierend auf der Elektromechanischen Impedanz (EMI)-Methode entwickelt mit dem strukturelle Veränderungen frühzeitig erkannt und die Materialqualität kontinuierlich überwacht werden kann. Die EMI-Methode beruht auf der Kopplung eines piezoelektrischen

Wandlers mit der Struktur. Durch die Kombination mechanischer Tests mit EMI-Messungen wurden Korrelationen zwischen Strukturveränderungen und elektrischen Signaturen festgestellt.

Änderungen in der Impedanz liefern Hinweise auf strukturelle Defekte. Im Projekt wurde ein Prototyp des EMI-Inspektionssystems entwickelt und in Tests evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die EMI-Technologie zur Qualitätssüberwachung von rCF-Verbundwerkstoffen geeignet ist. Die Sensitivität des Systems wird künftig weiter verbessert, um die Technologie für industrielle Anwendungen anzupassen. Langfristig tragen die Forschungen zu einer verbesserten Produktionssicherheit und einer effizienteren Nutzung von rCF-Verbundwerkstoffen in industriellen Anwendungen bei.

ELEKTROMECHANISCHE IMPEDANZ,  
RECYCELTE KOHLENSTOFFFASERN,  
ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG

### Kontakt

**Julia Decker**  
+49 6151 705-491  
julia.decker@  
lbf.fraunhofer.de

**Martin Brandt**  
+49 6151 705-450  
jonas.martin.brandt@  
lbf.fraunhofer.de

[www.lbf.fraunhofer.de/  
re-impact](http://www.lbf.fraunhofer.de/re-impact)



Am Fraunhofer LBF nutzen wir unsere langjährige Expertise in der interdisziplinären Forschung und Entwicklung, um anwendungsnahe Lösungen zu schaffen, die den spezifischen Herausforderungen unserer Industriepartner gerecht werden. Wir begleiten den Innovationsprozess von der ersten Idee über Prototypen bis hin zu einem effektiven Technologietransfer, einschließlich Lizenzierung und Ausgründung.«

Erfahren Sie hier mehr über  
unsere praxisnahen Lösungen:

[www.lbf.fraunhofer.de/  
de/projekte-produkte](http://www.lbf.fraunhofer.de/projekte-produkte)



# 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.



»  
**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.

## Lebensdauer von Brennstoffzellen erhöhen, Testzeiten verkürzen

### KMU erhalten einfachen Zugang zu Finite Elemente Simulationen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Förderkennzeichen: 011F23180N

Die Nutzung von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren setzt Hersteller unter Druck, neue und haltbarere Polyelektrolytmembranen (PEM) zu entwickeln. Diese sind notwendig, um die Lebensdauer in Verkehrsanwendungen und in Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerken zu verbessern. Ein drohendes Verbot von PFAS, die derzeit in Brennstoffzellenmembranen verwendet werden, spielt hierbei auch eine entscheidende Rolle. Die erforderlichen Prüfungen erfordern zeit- und kostenintensive Labor- und Feldversuche sowie ergänzende Simulationen.



*Materialieigenschaften können mit Hilfe von dynamisch-mechanischen Messungen bestimmt werden. Diese und Ergebnisse aus weiteren Analysen verwenden die Forschenden als Grundlage für Modell-Erstellungen und Simulationen.*

In dem Projekt »PEMPAR« entwickeln Forschende am Fraunhofer LBF eine Messmethodik zur Parametrisierung von Modellen, die Temperatur- und Feuchtwirkungen sowie mechanische Belastungen von PEM simulieren. So werden Datenlücken geschlossen und die Testzeiten von PEM, Brennstoffzellen und Elektrolyseuren verkürzt. Die Schwerpunkte liegen auf der Erfassung der zeitabhängigen Wasseraufnahme, thermischen und hygrischen Längenausdehnungskoeffizienten sowie der viskoelastischen Materialeigenschaften unter verschiedenen Bedingungen.

Die Forschenden entwickeln ein Konzept für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zur Auswahl von Materialmodellen und notwendigen Messverfahren und erleichtern den Zugang zu Finite Elemente Simulationen. Hersteller von PEM, Stacks oder Brennstoffzellen sowie Simulations- und Messdienstleister können von den Ergebnissen profitieren.

Die Ergebnisse können auch in vorhandene Prüfnormen einfließen und die Ressourceneffizienz von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren verbessern.

BRENNSTOFFZELLE, ZUVERLÄSSIGKEIT, SIMULATION, POLYELEKTROLYTMEMBRAN



Präsentation erster Ergebnisse auf der SMM.

## Bewertungslösung für Stahl-Aluminium-Schweißnähte im Schiffdesign

### Lokale Schwingfestigkeitsbewertung durch Bildkorrelation und KI-Unterstützung

Im Schiffbau, insbesondere im Yachtbau, werden Multimaterialverbindungen eingesetzt, um den Leichtbauwerkstoff Aluminium mit Stahl zu kombinieren. Bisherige Fertigungsverfahren führen zu teuren, einschränkenden Lösungen.

Im Projekt »FOLAMI« untersuchten Fraunhofer-Experten die Festigkeit von Stahl-Aluminium-Verbindungen, die durch Laserstrahlschweißen hergestellt wurden. Numerische und experimentelle Untersuchungen sicherten zunächst die Betriebsfestigkeit auf Probenebene ab und später auch für spezifisch optimierte Adapter als Verbindungselemente.

Ein Schwerpunkt lag auf der Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Laserschweißverbindungen, wobei die Peak-Stress-Methode mithilfe digitaler Bildkorrelation zum Dehnungsabgleich angewendet wurde. Der Bewertungsprozess korreliert Schweißparameter wie Anbindungsbreite und Einschweißtiefe der Naht zwischen EN AW-6082 T6 Aluminium und S355 Stahl mit der Schwingfestigkeit.



*Experimentelle Schwingfestigkeitsanalyse zur lokalen Schwingfestigkeitsbewertung von Stahl-Aluminium-Schweißnähten mithilfe digitaler Bildkorrelation.*

Um die Datenbasis zu erweitern, wurden Parametervariationen der Schweißnahtgeometrien und Finite-Elemente-Simulationen durchgeführt. Diese Daten wurden in einem neuronalen Netzwerk genutzt, um Peak Stresses abzuleiten und die Lebensdauer zu prognostizieren. Das Ergebnis ist ein zuverlässiger Bewertungsansatz für Stahl-Aluminium-Mischverbindungen, der auch auf andere metallische Multimaterialverbindungen in verschiedenen Branchen übertragbar ist.

SCHWINGFESTIGKEITSBEWERTUNG, STAHL-ALUMINIUM-SCHWEISSVERBINDUNG, SCHIFFBAU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03SX547C

### Kontakt

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

Harald Oehler  
+49 6151 705-8669  
harald.oehler@lbf.fraunhofer.de

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

### Kontakt

Dr. Benjamin Möller  
+49 6151 705-8443  
benjamin.moeller@lbf.fraunhofer.de

Tim Korschinsky  
+49 6151 705-658  
tim.korschinsky@lbf.fraunhofer.de

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

# Leistungszentrum

## Das Wasserstoff-Leistungszentrum in Hessen – Leistungszentrum GreenMat4H<sub>2</sub>



Das Leistungszentrum ist auf Messen wie der Hannover Messe und der Hydrogen Expo präsent und zeigt seine Expertise auf Veranstaltungen wie dem Hessischen Brennstoffzellenforum und dem Hessischen Innovationskongress. Zudem veranstaltet es eigene Events, darunter den beliebten Wasserstoff-Stammtisch und Workshops zu verschiedenen Wasserstoffthemen, etwa über Elektrolyseure.



Hannover Messe 2024: Das Leistungszentrum auf dem Gemeinschaftsstand der Landesenergieagentur LEA Hessen.

Individuelle Schulungen können ebenfalls gebucht werden, die genau auf die Bedürfnisse der Teilnehmer abgestimmt sind. Die Zusammenarbeit mit Universitäten und Hochschulen ist für das Leistungszentrum von großer Bedeutung, weshalb ein reger Austausch, beispielsweise mit der Hochschule RheinMain, gepflegt wird. Besonders erfolgreich war eine gemeinsame Wasserstoffvorlesung für Schüler, die auf großes Interesse gestoßen ist.

KLIMAWANDEL, ZUVERLÄSSIGKEIT, ENERGIETRÄGER WASSERSTOFF



Zuverlässigkeitsbestimmung von Wasserstoffsystemen: Das Fahrzeug mit Tank, Brennstoffzellen, Wasserstoffverbrenner und integrierter Sensorik demonstriert die diversen Belastungen und Ansprüche an die Zuverlässigkeit von Wasserstoffsystemen im Einsatz.

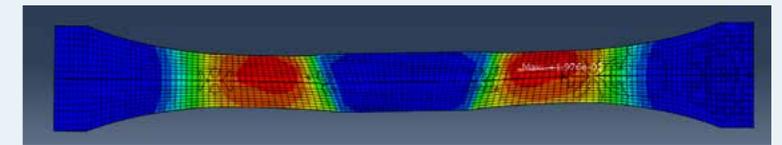
## Möglichkeiten zur Werkstoffanalyse unter Wasserstoffumgebung

Materialien, Komponenten und Systeme im Wasserstoffeinsatz unterliegen großen Herausforderungen. Besonders die Wasserstoffversprödung in metallischen Werkstoffen kann zu plötzlichem Versagen führen. Untersuchungen zur Eignung von Werkstoffen unter Wasserstoffumgebung sind daher unerlässlich.

Wasserstoff kann die Bruchdehnung metallischer Werkstoffe signifikant reduzieren. Auch das zyklische Verhalten wird durch Wasserstoff beeinflusst, was die Lebensdauer verringern kann. Experimentelle Untersuchungen sind nötig, um diese Effekte zu bewerten und zu berücksichtigen.

Das Fraunhofer LBF betreibt eine Versuchseinrichtung für quasi-statische und zyklische Tests in Druckwasserstoff (7 bis 50 bar, ab 2025 bis 100 bar). Es werden auch Referenzuntersuchungen in Stickstoff bei 10 bar sowie Temperaturregelungen zwischen -40 °C und +120 °C durchgeführt.

Wasserstoff kann auch elektrolytisch an Probenoberflächen erzeugt werden. Diese Methode eignet sich als sog. Schnelltest zur Bestimmung der Wasserstoffanfälligkeit.



Anisotrope Spannungsverteilung der gefügten Werkstoffprobe bei äußerer Belastung (Schweißnaht in der Mitte der Rundprobe).

Das Fraunhofer LBF bietet umfassende Unterstützung bei der Werkstoffanalyse und Komponentenauslegung, z. B.

- Entwicklung nachhaltiger Leichtbaulösungen
- Belastungs- und Spannungssimulation
- Schadensbewertung und Lebensdaueranalysen

Die gesammelten Daten fließen unter anderem auch in FE-Simulationen ein, um Modelle zur digitalen Abbildung des spezifischen Werkstoffverhaltens abzuleiten. Die Fraunhofer-Experten unterstützen ihre Partner in der zuverlässigen und leichtbaugerechten Gestaltung von zyklisch belasteten Systemen und der Identifizierung geeigneter Methoden zur Lebensdauerbewertung.

METHODENENTWICKLUNG, LEBENSDAUERANALYSE, LEICHTBAU

### Kontakt

Dr. Steffen Schönborn  
+49 6151 705-448  
steffen.schoenborn@lbf.fraunhofer.de

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

In dem Fraunhofer-Leistungszentrum »Green Materials für Hydrogen« kurz GreenMat4H<sub>2</sub>, arbeiten die Fraunhofer-Einrichtung IWKS und das Fraunhofer-Institut LBF gemeinsam an der Umsetzung des Ziels die Wasserstofftechnologie in Wissenschaft und Wirtschaft voranzutreiben und die Akzeptanz und das Verständnis für Wasserstoff in der Bevölkerung zu erhöhen.

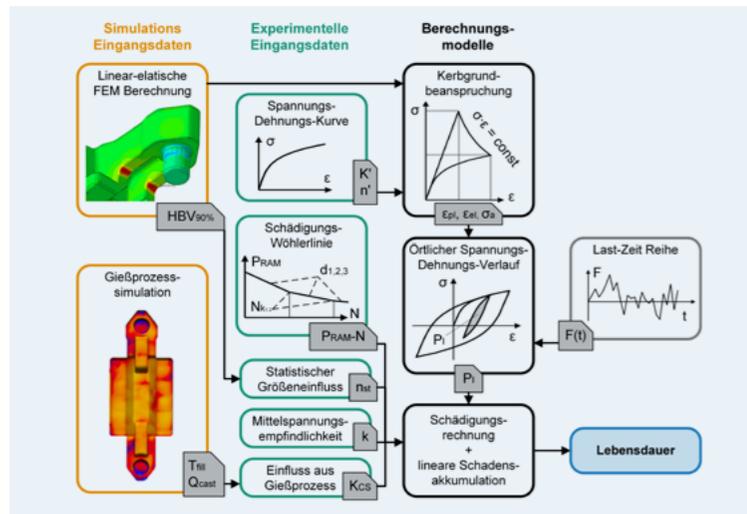
Zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit zur Bekämpfung des Klimawandels spielt der Wasserstoff als wichtiger Energieträger eine globale Rolle.

Das Leistungszentrum bietet Unternehmen seine Kompetenzen in den Feldern Zuverlässigkeit, Materialentwicklung und Kreislaufwirtschaft an. Über den gesamten Zyklus von der Wasserstoff-Produktion über die -Speicherung und den -Transport bis hin zur -Nutzung.

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

# Analyse des zyklischen Werkstoffverhaltens von Zink-Druckgusslegierungen

## Fortschritte bei Zink-Druckgusslegierungen



Bemessungskonzept zur Bewertung der Lebensdauer von zyklisch beanspruchten Bauteilen aus Zink-Druckguss.

Bauteile aus Zink-Druckgusslegierungen zeichnen sich durch hohe Oberflächen- und Bauteilqualität aus sowie in der Effizienz des Warmkammer-Druckgießverfahrens. Sie werden in verschiedenen Industrien verwendet, jedoch sind sie für zyklisch hochbelastete Bauteile selten einsetzbar, da Betriebsfestigkeits-Kennwerte fehlen.

Um dies zu ändern und eine Grundlage zur Abschätzung des Bauteilverhaltens unter zyklischer Beanspruchung zu schaffen, haben Forschende am

Fraunhofer LBF im Rahmen des Projekts »Zynk-Guss« das zyklische Werkstoffverhalten für die Legierung Zamak 5 (ZP0410) unter Berücksichtigung des spannungsmechanischen, technologischen sowie statistischen Größeneinflusses ermittelt. Den größten Einfluss auf die Schwingfestigkeit hat gerade bei dünnwandigen Strukturen die durch den Druckgießprozess ausgeprägte lokale Mikrostruktur.

Die Entwicklung eines Bemessungskonzepts auf Basis der zyklischen Untersuchungen und unter Einbeziehung der Ergebnisse der Gießprozesssimulation ist ein entscheidender Schritt, um Zink-Druckgusslegierungen in anspruchsvollen Anwendungen zu etablieren. Die Ergebnisse belegen, dass moderne Zink-Druckgusslegierungen bei entsprechender Auslegung auch für hochbeanspruchte Bauteile genutzt werden können. Das hilft Unternehmen, das Potenzial dieser Werkstoffe im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Leichtbau voll auszuschöpfen

ZINK-DRUCKGUSS, WARMKAMMER, ZYKLISCHES WERKSTOFFVERHALTEN



### Kontakt

Christian Pittel  
+49 6151 705-647  
christian.pittel@  
lbf.fraunhofer.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

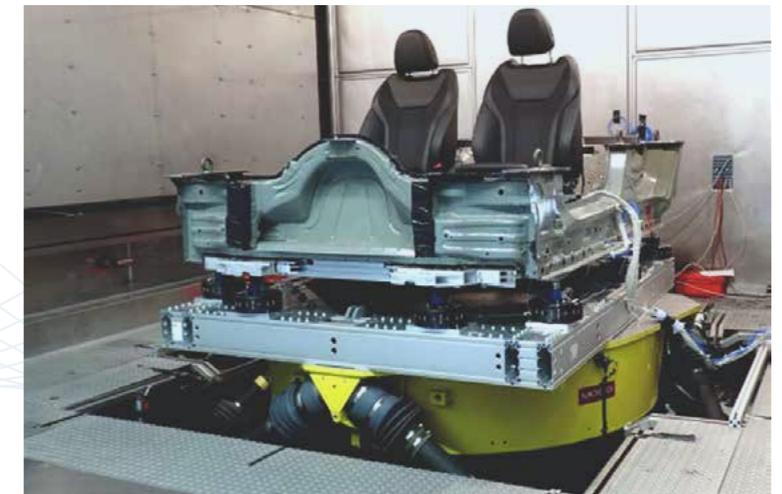
# Einstellbare elastische Anbindung für schnelles Testen verschiedener Szenarien

## Implementierung von Prüfmethode für strukturintegrierte Hochvoltpeicher

Predictive Maintenance und Online-Monitoring im Fahrzeugbau benötigen eine präzise Charakterisierung der überwachten Komponenten. Gemeinsam mit BMW hat das Fraunhofer LBF eine neue Methodik zur vereinfachten Erprobung und Charakterisierung von strukturintegrierten Hochvoltspeichern entwickelt. Dabei wird ein Teil der Karosserie mit integriertem Hochvoltpeicher auf einem multiaxialen Schwingtisch (MAST) getestet. Einstellbare Lagerungen simulieren die Steifigkeit der Karosserie und ermöglichen schnelles Testen verschiedener Szenarien.

Die steigenden Anforderungen an Zeit und Kosten in der Entwicklung erschweren die Prüfung von Fahrzeugkomponenten. Strukturintegration optimiert den Leichtbau von Elektrofahrzeugen, macht aber die Erprobung von Hochvoltspeichern kompliziert. Späte Tests am Gesamtfahrzeug sind kostenintensiv und führen oft zu Verzögerungen. Eine isolierte Prüfung genügt nicht, da Hochvoltpeicher zur strukturellen Integrität beitragen.

Die neue Methodik aus dem Fraunhofer LBF nutzt einen MAST, um den Hochvoltpeicher und die Karosserieteile mechanisch zu testen. Mit acht einstellbaren



Hochvoltpeicher-Baugruppe auf einem multiaxialen Schwingtisch (MAST).

Lagern, deren Steifigkeit zwischen 3 kN/mm und 20 kN/mm variiert, können verschiedene Lagerungsbedingungen schnell eingestellt werden. Dies ermöglicht frühzeitige Integrationsprüfungen.

Die flexible elastische Anbindung erlaubt eine kundennahe Absicherung und eine unkomplizierte Charakterisierung auf dem MAST.

BATTERIEERPROBUNG, MAST, TECHNOLOGIETRANSFER

### Kontakt

Jan Hansmann  
+49 6151 705-8366  
jan.hansmann@  
lbf.fraunhofer.de

Dr. Volker Landersheim  
+49 6151 705-475  
volker.landshheim@  
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.

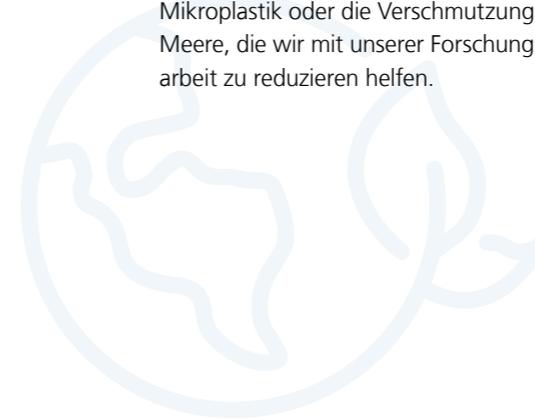
### Nachwachsende und upcycling-fähige Rohstoffe auch für anspruchsvolle technische Anwendungen

Kunststoffe sind ein integraler Bestandteil unseres Alltags. Sie bieten vielfältige 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 Flammenschutz von Polymeren.





Synthese eines biobasierten  
Flammschutzmittels im  
Fraunhofer LBF.



## Kunststoff-Rezyklate und Biopolymere als Rohstoff für Fasern und Folien

Neue Wege für nachhaltige Geokunststoffe und Dachbahnen

Zu viele Produkte aus Kunststoffen werden nach nur einer einzigen Nutzungsphase entsorgt. Selbst wenn sie eine Weiternutzung in Form eines zirkulären Prozesses erfahren, ist das Folgeprodukt nicht immer so hochwertig wie das Originalprodukt. Gleichzeitig haftet Biopolymeren, als Grundlage allzu oft noch der Makel an, dass sie für anspruchsvolle technische Anwendungen nicht die notwendige Performance besitzen.

Der Markt für recycelte Kunststoffe, insbesondere Polypropylen (PP) und Polyethylenterephthalat (PET), hat noch viel Potenzial. Die Nachfrage nach nachhaltigen Lösungen wächst, doch die Qualität der verfügbaren Rezyklate muss steigen. Viele Recyclingprozesse scheitern an Störstoffen, die die Aufbereitung erschweren – das führt dazu, dass Rezyklate in ihren Eigenschaften hinter Neuware zurückbleiben oder sich Rezyklate aus Altkunststoffen nicht wirtschaftlich herstellen lassen.

Im Fraunhofer-Cluster of Excellence Circular Plastics Economy CCPE betrachten acht Institute gemeinsam zwei Schwerpunkte: Lassen sich aus bisher nicht hochwertig genutzten Kunststoffabfällen hochqualitative Fasern und Folien herstellen und können aus Biopolymeren hochqualitative Fasern entwickelt werden, deren Abbau in der Umwelt einstellbar ist und gleichzeitig schadstofffrei vonstattengeht?



Dazu haben die Forschenden die gesamte Prozesskette für PP und PET neu gedacht: von der Sortierung über innovative Recyclingmethoden bis hin zur Anwendung, wo beispielhaft Fasern für Vliesstoffe und Folien für Dachunterdeckungen entwickelt wurden.

Das Fraunhofer LBF bringt seine Kompetenzen und langjährigen Erfahrungen bei der Entwicklung von Kunststoffadditiven sowie bei Alterungs- und Bewitterungsuntersuchungen ein. Die Experten stellen damit sicher, dass die neuen Materialien den besonderen Anforderungen im Einsatz genügen und dass die Biopolymeren am Ende der Nutzungsphase kontrolliert abgebaut werden.

KUNSTSTOFFREZYKLATE,  
BIOBASIERTES KUNSTSTOFFE,  
POST CONSUMER REZYKLATE

Geokunststoffe werden  
in einer Vielzahl von  
Anwendungen eingesetzt.

## Nachhaltige Flammschutzmittel für Biokunststoffe

Neue Synthese auf Basis von Cellulose und des Zuckeralkohols Erythrit

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Die Entwicklung biobasierter Flammschutzmittel ist ein Schwerpunkt intensiver Forschungsarbeiten, um Herausforderungen wie geringe thermische Beständigkeit und höhere Kosten zu bewältigen. Im Projekt »BioFlammschutz« haben Fraunhofer-Experten umweltverträgliche phosphorhaltige Flammschutzmittel entwickelt. Diese bieten eine ökologisch und ökonomisch vorteilhafte Alternative zu halogenhaltigen, ökotoxikologisch problematischen Additiven.

Die Synthese der Flammschutzmittel erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wird Cellulose mit einer Mischung aus Acrylsäure und anderen Carbonsäureanhydriden verestert, gefolgt von der Zugabe eines Phosphorderivats des Erythritols. Diese Methode vermeidet toxikologisch bedenkliche Lösemittel und erlaubt eine breite Strukturvariiierung. Zwei Flammschutzmittel wurden synthetisiert – eines

für teilbiobasierte Polyamide und eines für Polyolefine.

Im Projekt wurden Flammschutzmittel mit verbesserter Thermostabilität und Verarbeitbarkeit hergestellt und mit einer am Fraunhofer LBF entwickelten, nachhaltigen Methode erzeugt. Sie basieren auf Baumwoll- und Holzzellulose sowie dem kostengünstigen Zuckeralkohol Erythritol. Ihre Eignung wurde für Polyolefine und ein teilbiobasiertes Polyamid demonstriert. Die Projektarbeiten fanden in Kooperation mit der Hochschule Hamm-Lippstadt sowie den Unternehmen Clariant, BASF SE und ARGUS Additive Plastics GmbH statt

FLAMMSCHUTZMITTEL, BIOBASIERT,  
TEILBIOBASIERTES POLYAMID



Förderkennzeichen:  
220NR032

### Kontakt

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

Dr. Michael Ciesielski  
+49 152 0339231  
michael.ciesielski@  
lbf.fraunhofer.de

[www.lbf.fraunhofer.de/  
cellulose-acrylate](http://www.lbf.fraunhofer.de/cellulose-acrylate)

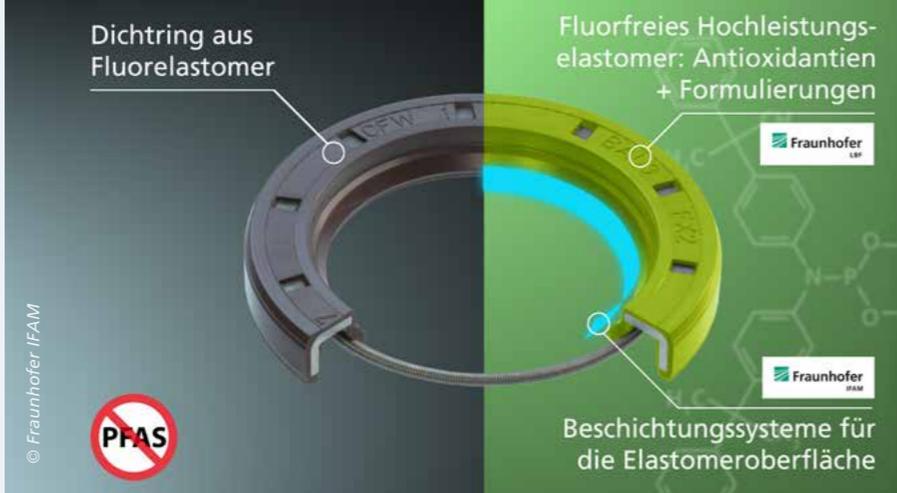
### Kontakt

Dr. Christian Schütz  
+49 6151 705-8805  
christian.schuetz@  
lbf.fraunhofer.de

Dr. Jannik Hallstein  
+49 6151 705-8661  
jannik.hallstein@  
lbf.fraunhofer.de

[www.lbf.fraunhofer.de/  
zirk-tex](http://www.lbf.fraunhofer.de/zirk-tex)

Ein handelsüblicher Fluor-Elastomer-Dichtring könnte zukünftig aus einem fluorfreien Hochleistungs-Elastomer mit angepassten Antioxidantien, Formulierungen und einer speziell dafür entwickelten Beschichtung bestehen.



## Neues Projekt

# Auf der Suche nach Ersatzmöglichkeiten für Fluorelastomere

Entwicklung von fluorfreien Substituten für ausgewählte technische Anwendungen

Per- und Polyfluorierte Verbindungen (PFAS), zu denen auch Fluorpolymere zählen, stehen aufgrund eines Beschränkungsvorschlags bei der ECHA (europäische Chemikalienagentur) stark unter Druck. In technischen Anwendungen unter besonders anspruchsvollen Bedingungen besteht deshalb ein erheblicher Bedarf, fluorfreie Substitute zu entwickeln und für ein möglichst breites Spektrum unterschiedlicher Anforderungen zugänglich bzw. anpassbar zu machen.

Im Rahmen des Projekts »HATE-Fluor« arbeitet das Fraunhofer LBF gemeinsam mit dem Fraunhofer IFAM an einer Lösung, die auf drei wesentlichen Schritten beruht. Zunächst werden neue Stabilisatoren auf Basis neuer phosphorhaltiger Diphenylamine entwickelt, die für höhere thermo-oxidative Stabilität der Elastomere eingesetzt werden. Im zweiten Schritt werden mit diesen Additiven maßgeschneiderte Elastomerformulierungen hergestellt und für die konkreten Anwendungsfälle optimiert.

Als letzter Schritt kommt eine Kombination aus Plasma- und Lackbeschichtung zum Einsatz, die Elastomere gegen chemische und oxidative Einflüsse noch stärker schützt. Durch den modularen Aufbau des Systems und des daraus entstehenden Baukasten-Prinzips soll ein breites Anwendungsspektrum im Bereich der fluoralternativen Dichtungen abgedeckt werden, wobei die Zieleigenschaften durch die Einsatzgebiete von Fluorelastomeren vorgegeben werden.

Diverse Branchen können von den Ergebnissen profitieren, darunter Halbzeug- und Fertigteilproduzenten sowie Unternehmen im Anlagen- und Maschinenbau, in der Medizintechnik, in der Reinraum- und Halbleitertechnik sowie in der chemischen Prozesstechnik und Elektroanwendungen.

ELASTOMERE, PFAS-ERSATZ, DICHTUNGEN

### Kontakt

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

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

[www.lbf.fraunhofer.de/hate-fluor](http://www.lbf.fraunhofer.de/hate-fluor)

# Gebäude nachhaltig dämmen mit nachwachsenden Rohstoffen

Wettbewerbsvorteile dank Reststoffen aus der Landwirtschaft



Halogenfrei flammgeschützte OrganoPor-Dämmstoffplatten aus landwirtschaftlichen Reststoffen.

Effektive Dämmstoffe sind entscheidend für moderne Gebäude und Energieeinsparung. Hauptsächlich werden mineralische und erdölbasierte Dämmstoffe genutzt, während biobasierte Optionen weniger verbreitet sind. Biobasierte Dämmstoffe haben einen niedrigen Energiebedarf, schonen fossile Ressourcen und bieten ein angenehmes Raumklima. Dennoch gibt es Einschränkungen wie Preis und mechanische Stabilität, die ihre Konkurrenzfähigkeit einschränken.

Ergebnisse aus einem Vorgängerprojekt zeigten, dass Dämmstoffplatten aus landwirtschaftlichen Reststoffen mit guten mechanischen Eigenschaften, geringem Brandverhalten und akzeptablen Wärmeleitfähigkeiten hergestellt werden können.

Im Projekt »OrganoPor\_Fassade« haben Fraunhofer-Forschende nun Rohstoffe und Verfahren in Zusammenarbeit mit den

Projektpartnern optimiert. Bei der Auswahl der Reststoffe wurde deren Massenverfügbarkeit berücksichtigt, um potenziell große Teile heute eingesetzter Dämmstoffe substituieren zu können, ohne die Humusproduktion des Bodens zu gefährden. Die Schüttdichte der Rohstoffe wurde reduziert, um Platten mit akzeptablen Dichten zu erzeugen. Die neuen Platten bestehen den Kleinbrennertest nach EN ISO 11952-2 und gelten als normalentflammbar. Das Herstellverfahren wurde hochskaliert, sodass Platten von 100x50x8 cm gefertigt werden konnten. In ein Wärmedämmverbundsystem integriert, durchliefen diese erfolgreich Bewitterungstests

OrganoPor-Platten bieten durch die Verwendung ungenutzter Reststoffe und ihr Brandverhalten klare Vorteile gegenüber anderen biobasierten Dämmstoffen. Die Verfügbarkeit der Rohstoffe und die Skalierbarkeit ermöglichen eine Ersetzung fossiler und mineralischer Dämmstoffe.

Hausbesitzer und Bauherren können zur CO<sub>2</sub>-Einsparung beitragen, während Hersteller ihre Produktpalette mit nachhaltigen Optionen erweitern können und sich Wettbewerbsvorteile sichern.

DÄMMSTOFFE, FLAMMSCHUTZ, NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03EN1039A



### Kontakt

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

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



## Geruchsschutzadditive für eine stabile Kreislaufwirtschaft

Reduktion von Emissionen aus Kunststoffrecyklaten durch gezielte Additivierung



Gezielte Additivierung für geruchsneutrale Kunststoffrecyklate.

Der Einsatz von Kunststoffrecyklaten in Produkten kämpft aufgrund ungewisser Materialqualitäten immer noch mit Akzeptanzproblemen in der verarbeitenden Kunststoffbranche und bei den Kunden im Markt. Eines der Qualitätsmerkmale ist der oftmals unangenehme oder ungewohnte Geruch. Im Rahmen des Fraunhofer Cluster Circular Plastics Economy CCPE untersuchen die Forschenden im Fraunhofer LBF die Wirksamkeit von Geruchsschutzadditiven und deren Wechselwirkung mit Antioxidantien in Polypropylen.

Das Forscherteam hat bemerkenswerte Fortschritte in der Entwicklung von qualitätsverbesserten Kunststoffrecyklaten erzielt, insbesondere in der Reduktion unerwünschter Gerüche. Im Fokus steht die Ausrüstung von Kunststoffrecyklaten mit speziellen Kunststoffadditiven,

den sogenannten Odor Scavengers oder Geruchsschutzadditiven.

Die neu entwickelte Methode aus dem Fraunhofer LBF identifiziert und bindet flüchtige Verbindungen, die für unangenehme Gerüche verantwortlich sind. Zudem wurde der Einfluss der untersuchten Verbindungen auf die Materialstabilität untersucht und bewertet. Diese Innovationen sind entscheidend, da Verbraucher zu hochwertigen, geruchsneutralen Produkten greifen.

In Zusammenarbeit mit anderen Instituten im Fraunhofer CCPE hat das Team neue Ansätze zur Minderung von Gerüchen in Kunststoffrecyklaten erarbeitet. Damit wollen sie das Nutzerverhalten positiv beeinflussen, indem sie sicherstellen, dass die Endprodukte nicht nur funktional, sondern auch angenehm in der Anwendung sind.

Die Ausrüstung von Kunststoffrecyklaten mit effizienten Geruchsschutzadditiven leistet einen bedeutenden Beitrag zur Kreislaufwirtschaft. Die gezielte Bekämpfung von Geruchsproblemen fördert eine nachhaltige Ressourcennutzung und unterstützt die Industrie, umweltfreundliche Lösungen zu entwickeln. Die Akzeptanz und Verwendung wird erheblich gesteigert.

KREISLAUFWIRTSCHAFT, ADDITIVIERUNG, GERUCHSCHUTZ

### Kontakt

Dr. Michael Großhauser  
+49 6151 705-8757  
michael.grosshauser@lbf.fraunhofer.de

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

[www.lbf.fraunhofer.de/geruchsschutz-additive](http://www.lbf.fraunhofer.de/geruchsschutz-additive)



Waste4Future: Innovative Recyclingprozesse zur Gewinnung hochwertiger Ausgangsmaterialien aus Kunststoffabfällen

## Kunststoffabfälle effizient nutzen: Wege zur vollständigen Verwertung

Nachhaltige Lösungen für die Stabilisierung und Wiederverwertung von Kunststoffabfällen

Im Fraunhofer-Leitprojekt »Waste4Future« haben acht Fraunhofer-Institute neue Lösungen für das Abfallmanagement und die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen entwickelt. Das Hauptziel ist die Verbesserung des Recyclings von kunststoffhaltigen Abfällen, die zuvor verbrannt wurden.

Das Fraunhofer LBF untersuchte intensiv den Alterungszustand von Kunststoffen, um die Sortierung basierend auf dem Schädigungsgrad zu optimieren. Die Ergebnisse zeigen, dass Polypropylen (PP) und Polyamid (PA) unterschiedliche Degradationsverhalten aufweisen, was für die Qualität der Rezyklate entscheidend ist.

Ein weiterer Schwerpunkt war die Entwicklung eines Additivierungskonzepts, um Rezyklate während der Compounding zu stabilisieren. Der Einsatz von Online-Rheometrie ermöglicht eine Echtzeit-Anpassung der Stabilisatoren, was zu einer höheren Materialqualität führt.

Diese Methode erlaubt die Überwachung der Viskosität und präzise Steuerung der Stabilisatoren, wodurch die mechanischen Eigenschaften der Rezyklate verbessert werden.

Durch verbesserte Sortierung, kaskadierte Aufbereitung und innovative Additivierungsmethoden können hochwertige Rezyklate effizienter produziert werden. Die Projektergebnisse bieten der Industrie zahlreiche Vorteile und unterstützen die nachhaltige Nutzung von Kunststoffabfällen. Mit der Integration der Technologien in industrielle Anwendungen können Unternehmen ihre Ressourceneffizienz erhöhen und die Umweltbelastung reduzieren. »Waste4Future« stärkt die Kreislaufwirtschaft und bietet Lösungen für die effiziente Nutzung von Kunststoffabfällen und die Herstellung hochwertiger Rezyklate.

KREISLAUFWIRTSCHAFT, KUNSTSTOFF, ALTERUNG, ADDITIVIERUNG

### Kontakt

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

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




# 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.



### 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

systemtechnischer Ebene. Darüber hinaus werden Methoden des Material- sowie des konstruktiven und des systemischen Leichtbaus zusammengeführt. Das Fraunhofer LBF bündelt seine Kompetenzen in den Forschungsbereichen Kunststoffe, Betriebsfestigkeit und Adaptronik und entwickelt zudem neuartige Lösungen des funktionsintegrierten, intelligenten Leichtbaus, immer unter Berücksich-



## 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 **Lightweight Design** geht das LBF noch weiter an die Grenzen des Machbaren. Basis ist das ganzheitliche Wissen auf werkstoff-, bauteil- und

tigung der Zuverlässigkeit, Nachhaltigkeit und Bezahlbarkeit der technischen Produktlösung. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen interdisziplinär und entwickeln Lösungen z. B. für funktionalisierte Polymere, funktionsintegrierte Faser-Verbund-Systeme, Mono- und Multimaterialsysteme, numerische und experimentelle Methoden der Zuverlässigkeits- und Lebensdauerbewertung von Leichtbaulösungen sowie der Nutzung integrierter Sensoren und Aktoren zur Überwachung und Eigenschaftsoptimierung von Strukturen.



Hybride Batteriearchitektur für wirtschaftliche maritime Anwendungen.

## Lithium-Ionen Batterie für maritime Anwendungen

Neuartige hybride Batteriearchitektur für Schiffe



Batterielösungen für Schiffe sind maßgeschneidert und kosteneffizient, da ein einziger Batterietyp sowohl den hohen Energiebedarf für die Reisegeschwindigkeit als auch die Leistungsspitzen im Hafen abdecken muss. Eine Zelltechnologie kann jedoch nicht beide Anforderungen erfüllen. Deshalb sind die Batterien um das 2- bis 10-Fache überdimensioniert.

Im EU-Projekt »SEABAT« wurde ein Hybridkonzept entwickelt, das Hochenergie- und Hochleistungsbatterien mit einem neuen Wandlerkonzept kombiniert. Das hybride System besteht aus drei Ebenen: Modul-, Strang- und System-Ebene. Die System-Ebene steuert das gesamte Batteriesystem, während jeder Strang einzelne Module verwaltet, um die erforderliche Gleichspannung bereitzustellen.

Die Batteriemodule basieren auf zwei Typen: Hochenergie (HE) mit NMC-Zellen und Hochleistung (HP) mit LTO-Zellen. Jedes Modul ist mit einem Batteriemanagementsystem ausgestattet, das aus

einem Master- und Slavesystem sowie einem Gleichspannungswandler besteht.

Das Design der SEABAT-Module nutzt einen Plattformsatz, wodurch identische Komponenten für beide Modultypen verwendet werden. Dies senkt die Kosten für Hardware und Montage.

Das Modul-Gehäuse besteht aus einer Aluminium-Bodenplatte, einer Stahlblech-Abdeckung und einer Aluminium-Schnittstellenplatte. Die Abdeckung hat ein zweilagiges Leichtbau-Design: die innere Lage ist ein verstärktes Duroplast, die äußere besteht aus Chrom-Nickel-Blech. Dieses Design schützt die mechanische Integrität bei thermischen Durchgängen und sorgt für Sicherheit.

Diese innovative hybride Batteriearchitektur macht batteriebetriebene Antriebe für maritime Anwendungen wirtschaftlicher.

LITHIUM-IONEN, BATTERIESYSTEM, HYBRID

gefördert durch:



## Nachhaltige Herstellung von Sandwichelementen für den Bausektor

Zerstörungsfrei und berührungslos Schwachstellen und Veränderungen bereits im Produktionsprozess identifizieren

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

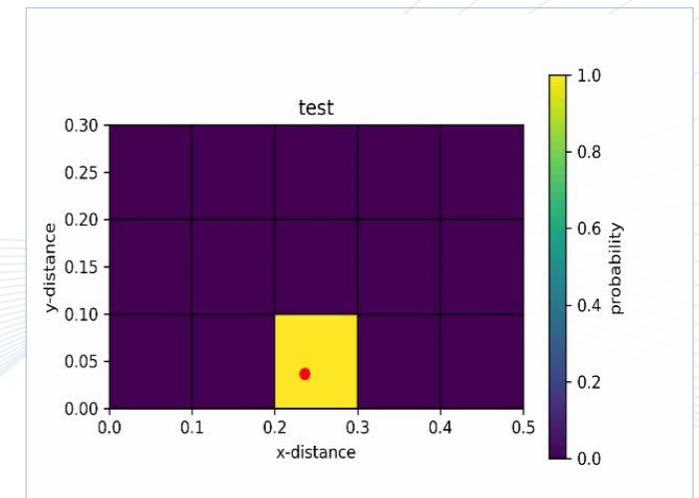
In Deutschland werden jährlich über 20 Mio. m<sup>2</sup> Sandwichelemente produziert, die aus zwei metallischen Deckschichten und einem Kern aus PUR/PIR-Schaum bestehen. Diese Konstruktion ermöglicht eine hohe Tragfähigkeit bei geringer Masse, ideal für den Leichtbau, insbesondere im Hochbau, in Fassaden von Industriehallen und Kühlhäusern.

In dem Projekt »ReSaMon« haben die Projektpartner eine zerstörungsfreie und berührungslose Messtechnik entwickelt, mögliche Schwachstellen und Änderungen der Materialeigenschaften bereits im Produktionsprozess identifizieren kann. Auch entstand ein digitaler Zwilling der Produkte, der Korrelationen von Produktion und Produkteigenschaften zeigen kann.

Forschende im Fraunhofer LBF untersuchten die Möglichkeiten datenbasierter Methoden zur Fehlstellendetektion. Durch Simulationen mit dem digitalen



Impulshammermessung des Fraunhofer LBF.



Zwilling konnte eine Erkennungsrate von über 95 % für fehlerbehaftete Elemente erreicht werden, während die Lokalisation der Fehlstellen eine Erkennungsrate von 76 % und mehr bot (s. Video). Impulshammer-Messungen an 20 Sandwichelementen sollten fehlerbehaftete von fehlerfreien Elementen unterscheiden. Nach dem Training eines Klassifizierungsalgorithmus wurde eine Detektionsgenauigkeit von 83,33 % erzielt. Bei größeren Datensätzen ist eine noch höhere Genauigkeit zu erwarten.

Profitieren können Sandwichelement-Hersteller durch die Verbesserung ihrer Produktionsprozesse, was Reklamationen und CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert.

LEICHTBAU, STRUKTURÜBERWACHUNG, MACHINE LEARNING

Kontakt

Dr. Hendrik Holzmann  
+49 6151 705-501  
hendrik.holzmann@lbf.fraunhofer.de

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

Kontakt

Eva-Maria Stelter  
+49 6151 705-8265  
eva-maria.stelter@lbf.fraunhofer.de

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

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

[www.seabat-h2020.eu](http://www.seabat-h2020.eu)

# 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.



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

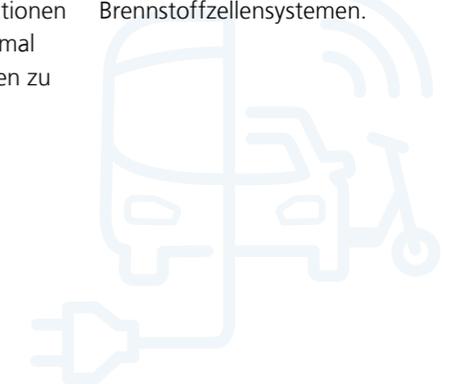
## Bündelung von Kompetenzen für nachhaltige, vernetzte und autonome Mobilität

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 in technischer und organisatorischer Sicht ein wesentlicher Baustein der zukünftigen Mobilität. Gleiches gilt für die verstärkte Nutzung und Entwicklung neuer Klein- und Kleinstfahrzeuge im Individualverkehr, wie z. B. Pedelecs, Lastenfahrräder, E-Scooter – oder auch zunehmend Drohnen. Das Thema Shared-Mobility bietet ebenfalls technische Herausforderungen von smarten digitalen Lösungen, App-Entwicklungen, verteilten Funktionen bis hin zur Materialtechnologie – zumal hier gänzlich neue Nutzungsszenarien zu beherrschen sind.

Neue zukünftige Mobilitätslösungen, egal ob zu Lande – auf Straße oder Schiene –, zu Wasser oder in der Luft müssen vordergründig sicher und zuverlässig funktionieren, gleichzeitig jedoch kostengünstig und effizient realisiert und betrieben werden können. Darüber hinaus müssen sie aber auch den weiter steigenden Anforderungen an Anzahl der Mobilitätsträger, an Individualisierung und an Nachhaltigkeit im Personen-, im Nutzfahrzeug- und im Sonderfahrzeugbereich genügen. Damit verbunden sind Fragen nach geeigneten Leichtbaulösungen, zuverlässiger Auslegung von Systemen, intelligenten Struktur- und Überwachungsfunktionen, nachhaltigen Materialien bis hin zu der Nutzung von Biowerkstoffen zu beantworten.

Das Leistungsfeld **Future Mobility** am Fraunhofer LBF bündelt in diesem Zusammenhang die Arbeiten der anderen Leistungsfelder hinsichtlich deren Anwendung in Mobilitätslösungen, z. B. cyberphysische Methoden zur entwicklungsbegleitenden Validierung neuer Mobilitätstechnologien, alternative Antriebskonzepte, bauteilintegrierte Batteriesysteme oder neuartige Ultraleichtbaulösungen. Einen Schwerpunkt der Arbeiten bildet die Elektromobilität sowohl mit batterie-elektrischen als auch Brennstoffzellensystemen.



Vibroakustische Metamaterialien (VAMM) und Energy Harvesting sorgen für bessere Ökobilanz in Bordküchen.



© Safran Cabine Germany GmbH

## Ganzheitliches Thermomanagement und Metamaterialien für Flugzeug-Galleys

Innovationssprung in der Bordküche

### Kontakt

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

**Nikolai Kleinfeller**  
+49 6151 705-471  
nikolai.kleinfeller@lbf.fraunhofer.de

Bordküchen in Verkehrsflugzeugen, sogenannte Galleys, sind zentrale Bestandteile von Passagierflugzeugen. Der zukünftige Einsatz alternativer Energien für die Triebwerke führt zu einer Reduktion der verfügbaren Energie um 50 Prozent in der Kabine. Damit es weiterhin warme Mahlzeiten an Bord geben kann, ist ein Innovationssprung im Catering-Equipment notwendig.

Im Projekt »GECO – Galley Efficient Catering Operation« wird die Flugzeugküche in einen neuen zentralisierten Systemkontext eingebettet. Die Verknüpfung von Prozessketten und die Vernetzung bislang alleinstehender Systeme setzen neue Synergien frei. Strukturverbesserungen mit integrierten Lösungen senken das Gewicht und den Energiebedarf in der Flugzeugküche. Der Einsatz nachhaltiger Werkstoffe trägt dem Ziel der verbesserten Ökobilanz Rechnung.

Das Fraunhofer LBF trägt mit seinen Lösungen zur Steigerung der ökologischen,

ökonomischen und funktionellen Effizienz in der Entwicklung, Fertigung und Verwendung von Galleys bei. Durch die Entwicklung ganzheitlicher Simulationenmethoden für das Thermomanagement von Kühl- und Wärmekreisläufen können diese frühzeitig hinsichtlich ihrer Energieeffizienz bewertet und optimiert werden. Dadurch wird ein wesentlicher Beitrag zur effizienten Transportleistung der Luftfahrt geleistet, während Redundanzen in der Bereitstellung der Wärme- und Kühlleistung vermieden werden.

Der Einsatz von vibroakustischen Metamaterialien (VAMM) und Energy Harvesting trägt zur Verbesserung der Ökobilanz der Galley bei. Eine Gewichtsreduktion von 30 Prozent wird angestrebt, indem innovative VAMM-Konzepte erforscht werden, die recyclingfähig sind und in bestehende Galley-Strukturen integriert werden können.

AUTOMATISIERTES FLIEGEN, LEICHTBAU, TRANSPORT, THERMOPLAST

[www.lbf.fraunhofer.de/geco-lufo](http://www.lbf.fraunhofer.de/geco-lufo)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages  
Förderkennzeichen: 20K20204F



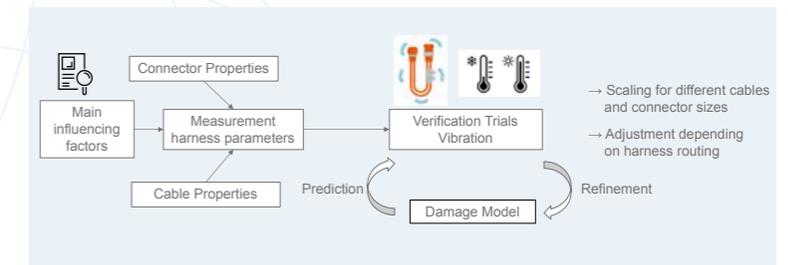
## Fortschritte in der Batterietechnologie für Elektromobilität

Neues Schadensmodell auf Basis der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)

Elektromobilität ist für eine nachhaltige Zukunft von entscheidender Bedeutung und die Beschleunigung der Produktentwicklung bei Batteriezellen ist entscheidend für ihren Marktanteil in vielen Branchen.

Das Projekt »Accelerated Cell and Battery Testing AccCellBaT« verbessert Virtualisierung, Front-Loading und kontinuierliche Verifizierung und Validierung (V&V), um Batteriedesign, Kosten und Markteinführungszeiten zu optimieren. Neuartige physikbasierte und datengestützte Simulationsmodelle bewerten die Leistung, Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Sicherheit von Batteriesubsystemen. Diese Modelle werden durch Messung von Modellparametern und Hochskalierungsmethoden ergänzt, um digitale Zwillinge für die V&V zu erstellen. Tests der digitalen Zwillinge werden mit physischen Tests in einem hybriden Designverifizierungs- und Validierungsplan kombiniert. Eine maßgeschneiderte Vertrauensindexmethodik quantifiziert die Testergebnisse. Prozesse der »AccCellBaT«-Partner werden in ein Handbuch für die zukünftige Batterieentwicklung integriert.

Das Fraunhofer LBF fokussiert sich auf die Simulation von Verkabelungen, die Bewertung der Ermüdungslebensdauer sowie die Zuverlässigkeit von Steckverbindern und Batterie-Modulen. Ein zentraler Punkt ist die Digitalisierung der

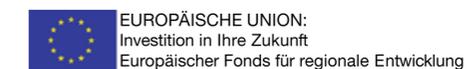


Bestimmung der Haupteinflussfaktoren zur Ableitung von Tests von Kabelbäumen.

Betriebsbelastungen zur Erstellung realistischer Lastprofile. Eine Risikoanalyse identifiziert Einflussfaktoren des Schadensmodells, welche die Zuverlässigkeit der Kabelbaumkomponenten beeinflussen. Dabei wird eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) durchgeführt, um Ursachen für Versagen zu ermitteln. Das Risiko wird nach Eintrittswahrscheinlichkeit, Erkennbarkeit und Schwere bewertet. Diese Analyse hilft, Hauptschadenstreiber zu definieren und ein Schadensmodell auf Komponentenebene zu entwickeln, das verifiziert werden soll.

INDUSTRIE 4.0 / DIGITALISIERUNG, MULTIPHYSIKALISCHE STRUKTUR- UND SYSTEMSIMULATION, ELEKTROMOBILITÄT, STATIONÄRE BATTERIESPEICHER, SCHWINGUNGSTECHNIK

gefördert durch:



### Kontakt

**Simon Kupjetz**  
+49 6151 705-298  
simon.matthias.kupjetz@lbf.fraunhofer.de

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

# Innovatives Thermomanagement in Brennstoffzellen-Luftverdichtern

Integrierte Wickelkopfkühlung auf Basis von Duromeren



© Fraunhofer IISB

Der »Habicht«-Funktionsdemonstrator ist aus den Ergebnissen des Gesamt-Simulationsmodells am Fraunhofer IISB entstanden.

**Brennstoffzellensysteme sind entscheidend für die Dekarbonisierung, insbesondere in Nutzfahrzeugen. Ein Ansatz in der Luftfahrt ist der elektrische Antrieb des Turboverdichters, der Luft zur Brennstoffzelle bringt.**

In dem Projekt »HABICHT« haben Fraunhofer-Forschende einen elektrischen Hochdrehzahltrieb für Brennstoffzellen-Luftverdichter mit einem herausragenden Leistungsgewicht von 30kW/kg entwickelt. Diese Erhöhung der Leistungsdichte erfordert eine verlässliche Wärmeabfuhr, da bei 150.000rpm (80kW) etwa 1 kW Verlustwärme in den Statorwicklungen entsteht, zusätzlich zu magnetischen Verlusten im Statorblechpaket. Das Fraunhofer LBF konzentrierte sich auf die simulierte Analyse verschiedener

Kühlkonzepte und auf die Entwicklung hochwärmeleitfähiger duromerbasierter Harzformulierungen.

Um die erforderliche Wärmeleitfähigkeit der Vergussmasse zu bestimmen, wurden umfangreiche Simulationen durchgeführt. Ein CAD-Modell des Stator-Mockups wurde in die FEM überführt und mit einer anisotropen thermischen Simulation kombiniert. Die Ergebnisse zeigten, dass die Wärmeleitfähigkeit der Vergussmasse mindestens 2,75 W/mK betragen muss, um einen Kühlkanal zu benötigen; bei 5,7 W/mK kann auf einen Kühlkanal verzichtet werden.

Zur Entwicklung wärmeleitender duromerer Formmassen wurden zwei Ansätze verfolgt: die Verbesserung der intrinsischen Wärmeleitfähigkeit durch Optimierung von Wasserstoffbrückenbindungen und Vernetzungsgrad sowie die Entwicklung hochgefüllter Formmassen. Der Abgleich mit den Simulationsergebnissen bestätigte, dass ein Kühlkanal nicht notwendig ist und der neue Hochdrehzahltrieb ohne diesen funktioniert.

KÜHLKONZEPT, AUSLEGUNG, WÄRMELEITENDE HARZE

## 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

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



# TEchnologieplattform für Reifenabrieb und dessen Emissionsidentifikation Im Straßenverkehr

**Der durch den täglichen Verkehr anfallende Reifenabrieb und dessen Zerfallsprodukte stellen eine große Belastung für Mensch und Umwelt dar. Mit der Euro-7-Norm werden erstmals feinstaubbezogene Grenzwerte für Reifenabrieb eingeführt, die von der Wirtschaft fordern, diesen deutlich zu reduzieren und umweltverträglicher zu gestalten.**

Existierende Prüfmethode fokussieren jedoch nur auf die mengenmäßige Verschleißbeständigkeit von Reifen. Form, Größenverteilung und deren Einfluss auf die Degradationsprozesse der Partikel in der Umwelt und ihre Toxikologie werden nicht berücksichtigt. Um diese regulatorisch bedingt absehbare Marktlücke durch Vorlauforschung zu schließen, ist eine institutsübergreifende und kompetenzbündelnde Zusammenarbeit von Fraunhofer LBF, IWM, IGD und ICT entstanden, die alle bereits vereinzelt an Teilaspekten der Thematik »Reifenabrieb« arbeiten.

Entwickelt wird eine Technologieplattform zur standardisierbaren, labormäßigen Erzeugung realitätsnahen Gummiabriebs sowie dessen Analyse für Material- und Reifenentwicklungen und die Prognose für die digitalisierte Fahranalyse. Die Erzeugung erfolgt mit Vollgummirädern in einem Prüfstand durch geregeltes Aufbringen mechanischer und thermischer Lasten. Eine optische Inline-Sensorik soll die Reiboberflächen optisch erfassen, KI-gestützt auswerten und aus vorliegenden Strukturen die Partikelverteilung vorhersagen. Toxikologische Untersuchungen durch das Fraunhofer IME schließen das Projekt der Methodenentwicklung ab.

Am Fraunhofer LBF werden das Bewitterungskonzept sowie dafür erforderliche Bewitterungsanlagen entwickelt und damit die mehrstufigen Analysen der Degradationsprodukte umgesetzt. Auch die Abriebmaschine zur Erzeugung des zu analysierenden Abriebs entsteht in Darmstadt und wird hier eingesetzt.

REIFENABRIEB, UMWELTTOKIKOLOGIE, KI-GESTÜTZTE ANALYSE

## Kontakt

**Ivo Krause**  
+49 6151 705-480  
ivo.krause@lbf.fraunhofer.de

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



**Neues Projekt**



## Im Supurior-Team möchten wir die Zukunft der Halbleiterindustrie durch individuelle Lösungen eng mit Ihnen gestalten.

### Maßgeschneiderte Polymerentwicklung für höchste Ansprüche

Der Markt für Fotolacke in der Halbleiterproduktion beträgt jährlich 1,3 Milliarden USD. Die verwendeten Polymere machen rund 1000 Tonnen und einen Umsatz von etwa 150 Millionen EUR aus. Der relevante Markt für die neu gegründete Supurior GmbH umfasst 300 Tonnen mit einem Wachstum von 6 % p.a. In diesem Segment, in dem Polymere zwischen 400 und 800 EUR/kg kosten, entwickelt Supurior in enger Zusammenarbeit mit den Kunden maßgeschneiderte Polymere für Fotolacke. Mithilfe eines patentierten Verfahrens aus dem Fraunhofer LBF können die Experten von Supurior wohldefinierte Polymere in hoher Reinheit herstellen und Funktionen wie Löslichkeit, Adhäsion und Ätztabilität genau einstellen. Nach der Produktdefinition unterstützen sie die Kunden bei der Prozessoptimierung und Produktion. Supurior bietet umfassende Beratung zu Struktur-Eigenschaftsbeziehungen und liefert Prototypen zur Testung. Die Produktion wird hochgefahren, wobei eine kontrollierte Qualität in enger Absprache mit den Kunden gewährleistet wird.

### Effizienzsteigerung und Qualitätssicherung für Fotolackhersteller

Die maßgeschneiderten Polymere von Supurior senken die Produktionskosten der Fotolackhersteller und verbessern gleichzeitig die Qualität. Die Flexibilität und Leistungsfähigkeit der Lösungen stärken die Wettbewerbsfähigkeit der Kunden und fördern die Innovationskraft der Branche.

### Alleinstellungsmerkmal

Supurior nutzt exklusive Rechte an der Technologie des Fraunhofer LBF, die eine Kombination mehrerer Funktionen in einem hochwertigen Endprodukt zu wettbewerbsfähigen Kosten ermöglicht. Das umfassende Marktverständnis und die jahrzehntelange Erfahrung in der Polymersynthese positionieren Supurior als bevorzugten Partner für die Halbleiterindustrie.

### Team

Das Team von Supurior vereint umfassende Erfahrung in der Polymerherstellung, dem Management von Industriekooperationen und der Vermarktung chemischer Produkte. Dr. Roland Klein bringt über 25 Jahre Erfahrung in der Polymerentwicklung mit, während Kabelan Thavayogarahaj sich intensiv mit der Polymerherstellung beschäftigt hat. Dr. Heiner Schulte ergänzt das Team mit Expertise im Marketing und Vertrieb von Chemikalien für die Elektronikindustrie.

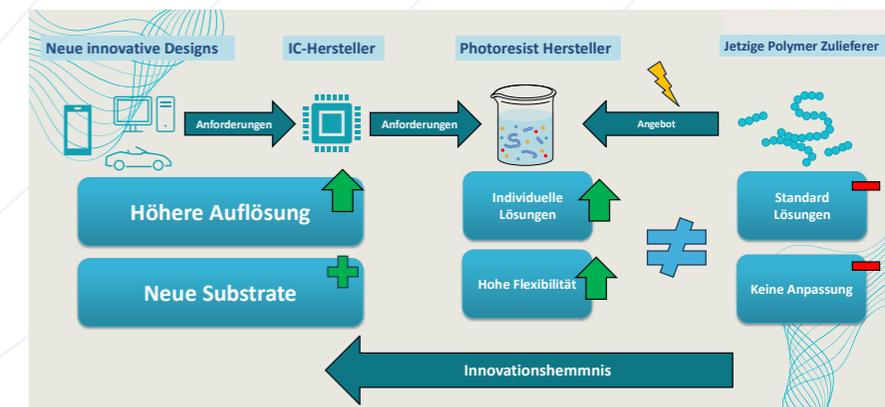


**Dr. Roland Klein**  
+49 6151 705-8611  
roland.klein@lbf.fraunhofer.de

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

[www.supurior.com](http://www.supurior.com)

POLYMERSYNTHESE, FOTOLACKE, HALBLEITER



# Supurior

## Ausgründung

Die Ausgründung von Supurior aus dem Fraunhofer LBF steht für eine bedeutende Entwicklung in der Halbleiterindustrie, die sich ständig wachsenden Anforderungen gegenüberstellt. Der zentrale Fertigungsschritt von Halbleitern, die Lithografie, benötigt speziell auf den Prozess abgestimmte fotosensitive Lacke, deren essenzieller Inhaltsstoff meist ein Polymer ist. Supurior bietet für diesen Anwendungsfall maßgeschneiderte Lösungen an, da Hersteller von Fotolacken auf eine begrenzte Auswahl kommerziell erhältlicher Polymere angewiesen sind, die nicht immer den steigenden Anforderungen gerecht werden. ▶

Ein Produkt von Supurior: Hochreines, maßgeschneidertes Polymer.



»Da sind aber auch wirklich spannende Projekte dabei!«, lobte Darmstadts Oberbürgermeister.



**Mit Spaß und Begeisterung wissenschaftliche Fragen für sich und andere klären, das macht Forschen aus!«**

## Jugend forscht!

Mitte Februar verwandelten sich die Räumlichkeiten des Fraunhofer LBF in eine spannende Ausstellung voller frischer, innovativer Ideen.

Alle Gewinner des Regionalwettbewerbs 2024 »Jugend forscht!« Hessen-Süd finden Sie hier:

[www.jugend-forscht-hessen-sued.de](http://www.jugend-forscht-hessen-sued.de)



Gemeinsam mit dem Fraunhofer IGD wurde die Ausstellung und die feierliche Siegerehrung des Regionalwettbewerbs »Jugend forscht!« Hessen-Süd organisiert. Die Veranstaltung zog zahlreiche Gäste an. Oberbürgermeister Hanno Benz besuchte mit Institutsleiter Tobias Melz die Präsentationsstände und beide lauschten interessiert den Erklärungen der jungen Leute. Ein inspirierender Tag voller Zukunftsideen!

Redakteure des Hessischen Rundfunks, von Radio FFH, RTL Hessen und dem Darmstädter Echo interviewten einige der jungen Talente – was für diese natürlich besonders neu und aufregend war.



**Vor Ort in Darmstadt**



## 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 Forschungsaktivitäten.



**Nachhaltig.  
Leicht.  
Zuverlässig.«**

Die Mobilitätsindustrie, der Maschinen- und Anlagenbau wie auch die Energietechnik profitieren von gleichermaßen leichten, nachhaltigen und für die gesamte Betriebs- und Nutzungsphase sicher und zuverlässig gestalteten Produkten. Mit hoher Anwendungsorientierung forschen und arbeiten wir für die lebensdauerorientierte Gestaltung sicherer, nachhaltiger Bauteile, Baugruppen und Systeme im Straßen- und Schienenfahrzeugbau, in der Schifffahrt, in der Luftfahrt, aber auch im Kranbau oder für Windenergieanlagen. Wir haben mit dem 8-Stufen Blockprogramm von Ernst Gaßner einen wichtigen Teil in der Geschichte der Betriebsfestigkeit geschrieben. Schon damals wurde

durch die Betrachtung realer Lastfälle im Betriebsfestigkeitsnachweis der Weg für Leichtbau und damit den nachhaltigen Einsatz von Ressourcen geschaffen. Heute verknüpfen wir die modernsten numerischen, messtechnischen und experimentellen Verfahren der Betriebsfestigkeit zu einer Lösungsqualität, die unserem hohen Anspruch entspricht und gezielt verwandte material- und ingenieurwissenschaftliche Disziplinen mit einbezieht. 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 wieder. 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.

Vom Werkstoff bis zur kompletten Struktur: die Abteilungen »Werkstoffe und Bauteile«, »Baugruppen und Systeme« sowie »Rotierende Komponenten« sind spezialisiert auf Betriebsfestigkeitsfragen und geben Ihnen Antworten im Rahmen unserer vier Kompetenzfelder: Leichtbau- und Bauteilgestaltung, Belastungs- und Beanspruchungssimulation, Schädigungsbewertung und -prognose sowie Lebensdauerbewertung und Zuverlässigkeitsgestaltung für zuverlässige, leichte und nachhaltige Komponenten und Systeme.



**Bereichsleitung  
Betriebsfestigkeit**

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

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



## Adaptronik



**Bereichsleitung  
Adaptronik**

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

www.lbf.fraunhofer.de/  
adaptronik



### Wir entwerfen zuverlässige Systeme mit hohem Autonomiegrad für optimale Funktionen im Betrieb.«

Für den Erfolg neuer Produkte und Systeme nehmen neben Funktion und Performancemerkmalen zukünftig Nachhaltigkeits- und Komforteigenschaften einen wichtigen Stellenwert ein. Die Gestaltung der Eigenschaften führt bei komplexen Systemen mit gleichzeitig multiplen Randbedingungen häufig zu Zielkonflikten und kann Betriebsszenarien einschränken.

Wir konzentrieren die Forschungsarbeiten auf das dynamische Verhalten mechanischer Komponenten und Strukturen und berücksichtigen Wechselwirkungen mit beispielsweise dem elektrischen oder thermischen Verhalten, die mit klassischen Entwicklungsmethoden oft nur unzureichend beherrscht werden. Dabei stehen Analyse, Bewertung und Optimierung genannter Eigenschaften sowie die Sicherstellung der Systemzuverlässigkeit im Fokus. Hierfür werden neuartige passive, aktive und adaptive Strukturmaßnahmen erforscht, entwickelt, validiert und eingesetzt.

Wir unterstützen bei der Problem- und Machbarkeitsanalyse, konzipieren

optimierte Lösungen für unsere Kunden und setzen diese prototypisch um. Inhouse entwickelte angepasste Werkzeuge für die multiphysikalische Systemauslegung unterstützen den Transfer neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse in kommerzielle Anwendungen. Dafür werden Methoden der numerischen und experimentellen Struktur- und Zuverlässigkeitsanalyse, der Struktur- und Zuverlässigkeitsanalyse, der Struktur- und Zuverlässigkeitsanalyse, der Struktur- und Zuverlässigkeitsanalyse entwickelt, verknüpft und flexibel eingesetzt. Mit diesen Methoden realisieren wir zuverlässige, vernetzte und zunehmend autonome Systemlösungen, die smarte Wandler und mechanische Strukturen mit digitaler Signalverarbeitung und wissensbasierten KI-Verfahren verknüpfen.

Mit unserem Know-how, innovativen Technologien und einzigartiger Ausstattung unterstützen wir Sie flexibel in Forschung und Entwicklung vom ersten Federstrich bis hin zur Erprobung im Feld. So entstehen zuverlässige, smarte und zunehmend kreislauffähige Lösungen zur Realisierung Ihrer Produktinnovationen.

## 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

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, Versuch 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«.



**Bereichsleitung  
Kunststoffe**

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

www.lbf.fraunhofer.de/  
kunststoffe



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

# 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



**Dr.-Ing. C. Bleicher, M. Sc.**  
+49 6151 705-8359  
christoph.bleicher@lbf.fraunhofer.de



Rotierende Komponenten  
**Dipl.-Ing. Ivo Krause**  
+49 6151 705-480  
ivo.krause@lbf.fraunhofer.de



Werkstoffe und Bauteile  
**Dr.-Ing. B. Möller**  
+49 6151 705-8443  
benjamin.moeller@lbf.fraunhofer.de



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

## Bereich Kunststoffe



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



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



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



Additivierung und Dauerhaftigkeit  
**Dr.-Ing. R. Klein**  
+49 6151 705-8611  
roland.klein@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  
**Prof. 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

## Zentrale Dienste



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

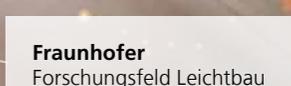
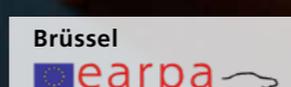
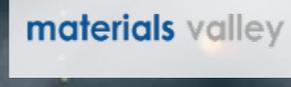
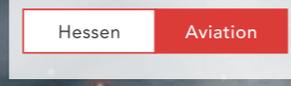
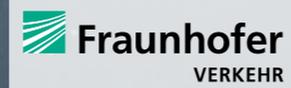


Technisches Management  
**Dr.-Ing. T. Hering**  
+49 6151 705-8514  
thorsten.hering@lbf.fraunhofer.de

# 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!





## Digital im Dialog!

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