



JAHRESBERICHT

2020/2021

Auf Crashesimulation basierende Visualisierung der dynamischen Röntgendiagnostik unter Betrachtung eines Toyota Yaris mit einem Insassen (Hybrid-III-Dummy). Die Simulationen wurden mit der Software LS-DYNA (Livermore Software Technology Corp.) am 2010 Toyota Yaris Finite Element Model (CCSA) durchgeführt.

Jahresbericht
2020/2021



»Resilient in die Zukunft.«

Liebe Leserinnen und Leser,

ein Jahr nachdem ich an dieser Stelle die Bedeutung des Themas Resilienz als Konzept zur Bewältigung von Krisen betont habe, treffen wir heute den Begriff Resilienz in allen Branchen und insbesondere den zugeordneten Beratungsinstanzen an. Unsere Erfahrung mit Resilienzansätzen und deren Anwendung hat dazu beigetragen, daß wir in den letzten Monaten vom Mittelständler über Fraunhofer-Gremien bis zum Konzern und zum Universitätsklinikum die unterschiedlichsten Forschungs- und Projektpartner finden konnten und so einen Beitrag zur Bewältigung der Krise in der Gegenwart und in der Zukunft leisten.

Ich hoffe, Sie haben die immer wieder in die Verlängerung gehende Auseinandersetzung mit dem Coronavirus und dessen vielfältige Folgen bis heute gut bewältigt. Und ich bin mir nur zu bewußt, daß viele von Ihnen aus eben diesem Grund nicht oder nur reduziert mit uns ins Geschäft kommen konnten. Das trifft das Institut gerade nachhaltig. Für uns bedeutet dies, daß wir uns strategisch für die kommenden Jahre aufstellen, um Sie so auf vielleicht neue Art und Weise, aber in bewährter Form und mit der Kompetenz, die Sie von uns kennen, wieder als Partner gewinnen zu können.

Den fachlichen Inhalten dieses Berichts werden Sie entnehmen, daß wir in allen unseren Geschäftsfeldern die Kernthemen mit weiterentwickelten experimentellen und numerischen Methoden bedienen. Neue Diagnostiken sowie die zunehmende Integration von Methoden der künstlichen Intelligenz sind für uns dabei genauso bedeutsam wie die Einbeziehung des Faktors Mensch über agentenbasierte Simulation.

So gelang es uns, die komplexe, weil multiphysikalische Thematik der Wirkung von

Laserwaffen in einem ersten eigenen Schädigungsmodell zu formulieren. Um Schaden zu vermeiden, auch wenn mit scharfem Schuß geübt wird, haben wir mit der Bundeswehr den Übungsbetrieb digitalisiert, wie Sie in diesem Bericht sehen werden.

Crashvorgänge, insbesondere solche mit batteriebetriebenen Fahrzeugen, durchleuchten wir immer besser mit unseren dynamischen Röntgenanlagen. Einblicke, Durchblicke und KI-basierte Auswertungsmethoden sind zu Kernthemen im EMI geworden.

Und die Raumfahrt steht kurz davor, die erste Ausgründung seit Bestehen des Instituts in den Orbit zu bringen. Das Start-up ConstellR hat sich erfolgreich auf den Weg gemacht, um der Welt dringend benötigte Daten über die Landoberflächentemperatur zu liefern, die den optimierten Einsatz von Wasser ermöglichen und das Risiko von Ernteaussfällen reduzieren. Eine Innovation, die in Zeiten von Klimawandel, globalem Bevölkerungswachstum und weltweiten Ernährungsproblemen gar nicht hoch genug einzuschätzen ist.

Allen Partnern, Kunden sowie Kolleginnen und Kollegen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik danke ich für das konstant entgegengebrachte Vertrauen. Ich wünsche Ihnen allen eine anregende und erhellende Lektüre!

Ihr Stefan Hiermaier



Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Hiermaier
Institutsleiter Fraunhofer EMI

55

Wärmemanagement
für Satelliten



9 Geschäftsfeld Verteidigung

- 12 Future Combat Training System
- 16 Laserwaffenwirkung auf Kompositstrukturen
- 17 Sicherheit von Zündmitteln
- 17 Metall-Matrix-Designwerkstoffe
- 18 Batteriezellen bei Beschuss
- 19 Transparente Schutzwerkstoffe
- 19 Explosionsforensik



21 Geschäftsfeld Sicherheit und Resilienz

- 24 Resilienz als Sicherheitskonzept der Zukunft
- 28 TRESSPASS
- 29 Quantencomputing-Projekt EFFEKTIF
- 30 SAFETY4RAILS: Sicherheit auf der Schiene
- 31 Sicherung unserer Gasversorgung
- 31 SATIE – für mehr Flughafensicherheit



33 Geschäftsfeld Automotive

- 36 Fahrzeugkompatibilität im Röntgencrash
- 40 Wheelcharity – sicher im Rollstuhl
- 41 Realistische Verkehrssimulation
- 41 BATTmobil – Batteriesicherheit
- 42 AluTrace
- 43 KI in der Werkstoffmodellierung
- 43 KI für intelligente Datenauswahl
- 44 Interview mit Dr. Jens Fritsch – was treibt die Autos der Zukunft an?



47 Geschäftsfeld Raumfahrt

- 50 ERNST auf der Zielgeraden
- 54 Fragmentierung im Orbit gefährdet Satelliten
- 55 Wärmemanagement für Satelliten
- 55 System-on-a-Chip-Designs in Kleinsatelliten
- 56 Raumfahrtmüll-detektor LARID
- 57 Entstehung von Trümmerscheiben
- 57 Three, two, one – lift-off!
- 58 Erste EMI-Ausgründung – ConstellR

68 3D-gedruckte Türaufhängung im Video



61 **Geschäftsfeld Luftfahrt**

- 64 Technologie für robuste Sensoren
- 68 3D-gedruckte Türaufhängung im Video
- 69 CFK – mal anders gedacht
- 69 Morphen – aber sicher!
- 70 #WeKnowSolutions
- 71 Multi-Material-Leichtbau
- 71 Clean Aviation

73 **Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg**

- 76 Die dritte Phase des Leistungszentrums Nachhaltigkeit
- 77 Projekt MultiTrace
- 78 Projekt KorrFu
- 78 Projekt Geowether
- 79 Projekt ConstellR
- 80 Das INATECH – Transfer durch Köpfe
- 81 I4C – Intelligence for Cities
- 81 Internationalisierung des LZN



83	Verwaltung und Infrastruktur
85	Verwaltung
86	Bereich Personal
88	Bereich Finanzen
90	Interview mit Ines Butz
93	Infrastruktur
94	Bauprojekte
94	Arbeitsschutz
96	Elektronik-Labor
96	Technische Dienste
97	Werkstatt Freiburg
97	Werkstatt Efringen-Kirchen
99	Das Institut im Profil
100	Ansprechpersonen
103	Kuratorium
104	Freiburg, ein Ort, wo Wissen wächst!
107	Die Fraunhofer-Gesellschaft
109	Publikationen, wissenschaftlicher Austausch, Vorträge 2020/2021
119	Impressum

Geschäftsfeld
Verteidigung



Falschfarbendarstellung von Prozessleuchten bei der Perforation einer Platte aus kohlenstoffaserverstärktem Kunststoff durch einen Hochenergielaserstrahl. (Zur Verdeutlichung des Laserstrahls wurde dieser nachträglich verstärkt.)

Geschäftsfeld Verteidigung

Die Bundeswehr benötigt zukunftsfähige Systeme und Technologien für den Einsatz zu Land, Luft und See. Daher untersucht das Fraunhofer EMI wissenschaftlich-technologische Fragestellungen aus den Bereichen Schutz und Wirkung sowie wehrtechnische Sicherheit und Systeme als strategischer Partner des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg) für Forschung und Technologie auf dem Gebiet der Kurzzeitdynamik und extremer Werkstoffbeanspruchungen in Verbindung mit modernsten Technologien. Unsere Forschung zeigt neue Lösungsmöglichkeiten auf und baut die Wissensbasis aus, die für die Analyse von Ausrüstungsentscheidungen zur Verfügung steht – im Hinblick auf die nationale als auch auf die europäische Sicherheit.



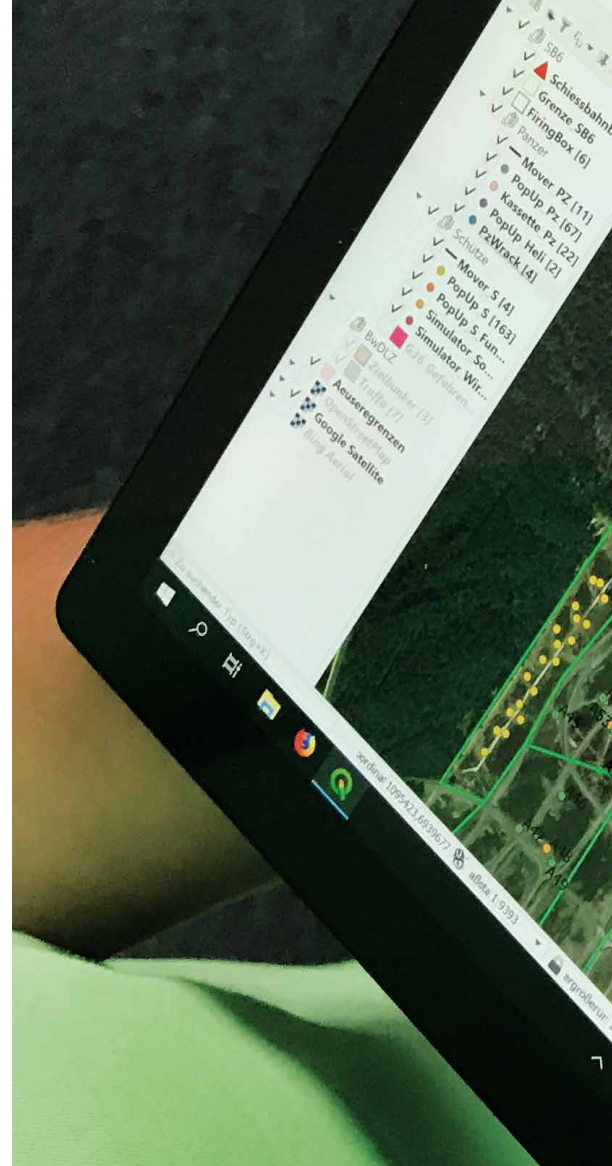
Dr. Matthias Wickert

Geschäftsfeldleiter Verteidigung
matthias.wickert@emi.fraunhofer.de

[s.fhg.de/emi-verteidigung](https://www.fhg.de/emi-verteidigung)

Future Combat Training System

Truppenübungsplätze sind essenzieller Teil der Gefechtsausbildung von Soldatinnen und Soldaten. Die dort seit vielen Jahren verwendete Technik ermöglicht jedoch meist nur statische Übungsabläufe. Das Fraunhofer EMI untersucht, wie digitale Methoden dabei unterstützen können, Szenare komplexer zu gestalten und eine höhere Sicherheit von Übungsteilnehmenden und Unbeteiligten zu gewährleisten.



Sicherheit für modernes Üben mit scharfem Schuss

Das Fraunhofer EMI untersucht, wie die Übung mit scharfem Schuss auf Truppenübungsplätzen durch den Einsatz von Sensorik und Methoden der Digitalisierung moderner und effizienter werden kann. Die Herausforderung besteht darin, die Sicherheit zu gewährleisten und gleichzeitig erweiterten Anforderungen zu genügen.

Potenzial der Digitalisierung für die Gefechtsausbildung mit scharfem Schuss

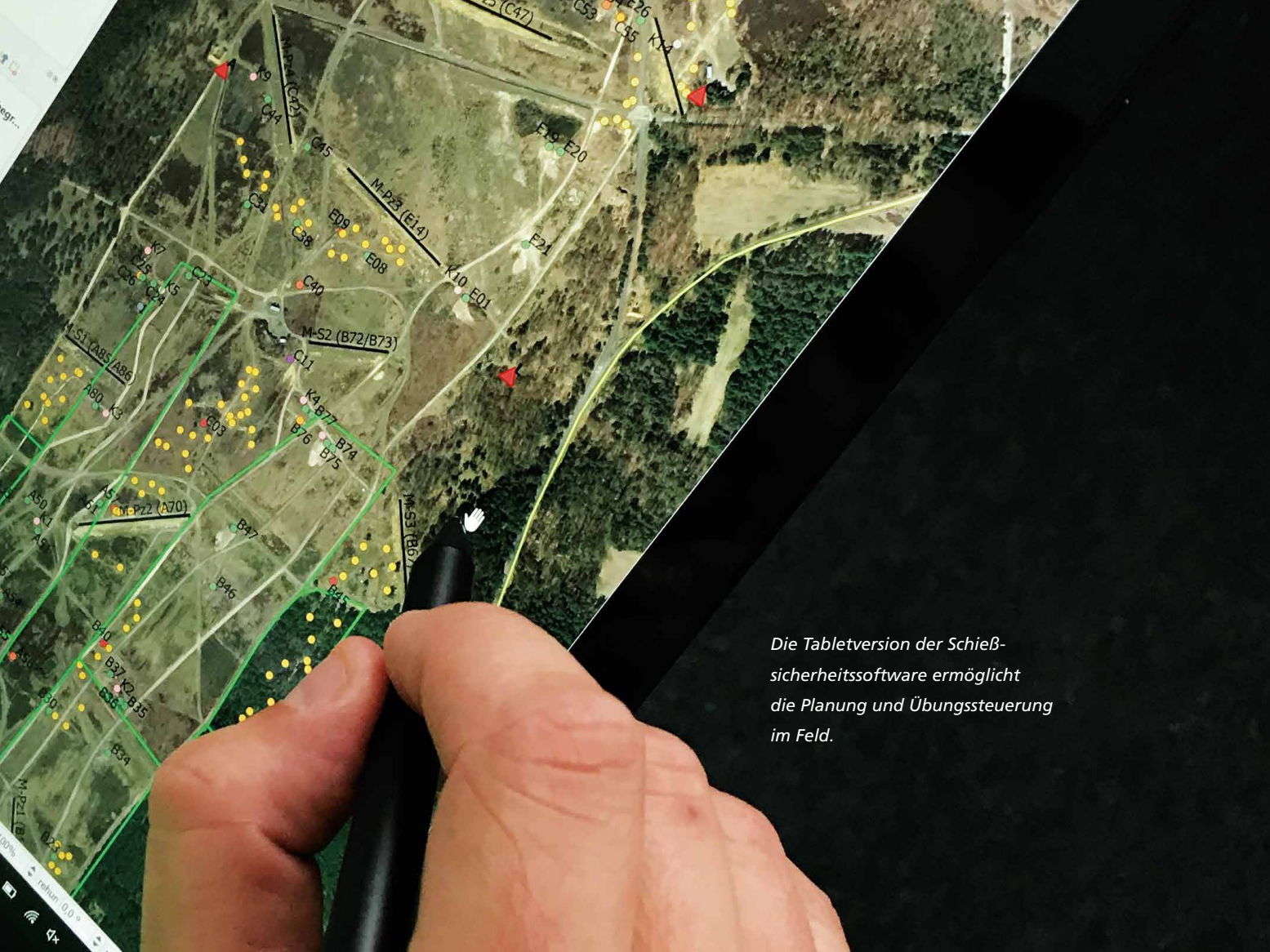
In der Gefechtsausbildung sollen Soldatinnen und Soldaten möglichst realitätsnah auf Einsätze vorbereitet werden. Dazu üben sie auf Truppenübungsplätzen vorgegebene Szenare im scharfen Schuss. Die Zieldarstellung, häufig durch Klappfallscheiben realisiert, ist bislang meist statisch und wird oft noch analog gesteuert. Eine dynamische, in ein

digitalisiertes Gefechtsübungssystem eingebundene Zielpräsentation verspricht komplexere Szenare für eine intensivere Ausbildung.

Eine wesentliche Fragestellung lautet dabei: Welche Methoden können die Sicherheit von Übungsteilnehmenden und Unbeteiligten gewährleisten, wenn moderne Technologien wie ortsveränderliche, selbstbewegliche oder virtuell dargestellte Ziele für ein effektives Training genutzt werden?

Digitale Schießsicherheitsplanung

Um während einer Gefechtsübung die Gefährdung von Personen innerhalb oder außerhalb des Truppenübungsplatzes möglichst gering zu halten, wird für jede Übung unter Berücksichtigung der eingesetzten Waffen und Munitionen sowie des geplanten Übungsverlaufs ein spezifischer Gefahrenbereich festgelegt. Die Gefahrenbereichsermittlung erfolgt meist noch händisch, ist somit zeitintensiv und daher wenig flexibel.



Die Tabletversion der Schießsicherheitssoftware ermöglicht die Planung und Übungssteuerung im Feld.

Computerbasierte Methoden, wie die vom Fraunhofer EMI erarbeitete Software zur digitalen, vorschrittkonformen Schießsicherheitsplanung, können diesen Prozess erheblich vereinfachen und flexibilisieren. Die schnelle, teilautomatisierte Berechnung von Gefahrenbereichen ermöglicht die rasche Variation der Eingangsparameter und erleichtert die Planung auch komplexer Übungsszenare. Die Einbeziehung von autonom manövrierenden Roboterzielen gestaltet die Zieldarstellung dynamisch und somit im Hinblick auf die Sicherheitsbetrachtung unübersichtlicher. Vor Ort einsetzbare Tools, wie die digitale Schießsicherheitsplanung und simulierte Übungsabläufe, können einen erheblichen Beitrag zur Gewährleistung der Schießsicherheit leisten.

Erfassung der Waffenorientierung

Übende dürfen während eines Gefechtsschießens nur Schüsse in einen Bereich abgeben, der mithilfe von Zielsektorkennzeichen markiert wurde. Die Einhaltung



Sebastian Heß

sebastian.hess@emi.fraunhofer.de



dieser Vorgabe wird vor Ort durch Schießsicherheitspersonal überwacht, das den Übenden individuell zugeordnet ist. Diese Überwachung könnte drastisch erleichtert werden, wenn die Position und Orientierung jeder beteiligten Handwaffe während der gesamten Übung in Echtzeit erfasst und automatisch überwacht werden könnte. Am Fraunhofer EMI wurden erste Konzepte für eine entsprechende Sensorik erarbeitet und als Funktionsillustrator, basierend auf dem modularen Griffstück des Sturmgewehrs G36, aufgebaut. Für diese Handgriffsensorik wurde bereits bei einer Übung demonstriert, wie »live« Position und Orientierung der Waffe an ein übergeordnetes Gefechtsübungssystem übertragen wird. Die Erhöhung der technologischen Reife des Funktionsillustrators unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Forderungen ist Gegenstand aktueller Arbeiten.

Zukunftsfähiges Gefechtsübungssystem


Die genannten Aspekte sind Teil eines Konzepts für ein zukunftsfähiges Gefechtsübungssystem, welches Schießsicherheit, Übungsplanung, Übungssteuerung und -auswertung in einem ganzheitlichen Ansatz vereint. Die Erfassung und Analyse relevanter Übungsdaten, zum Beispiel die Position von Übenden und Zielen, ist dafür ebenso von zentraler Bedeutung wie das Rückspiegeln dieser Information in den Übungsverlauf, damit dieser lageangepasst und interaktiv gestaltet werden kann. Erste praktische Erfahrungen mit einem am Fraunhofer EMI entwickelten Gefechtsübungssystem zur grundlegenden Konzeptillustration sowie den Herausforderungen des Übungsalltags konnten im Rahmen einer Gefechtsübung zusammen mit den Partnern vom Wachbataillon in Wildflecken gesammelt werden.



Die Expertenrunde »Digitalisierung von Truppenübungsplätzen« beantwortet die Fragen des Fachpublikums. Von links nach rechts: Dr. Siegfried Nau (Fraunhofer EMI), Frank Jaspers (WTD 91), Brigadegeneral Andreas Henne (Kommando TA, Projektleiter Weiterentwicklung der Übungsplätze und Schießanlagen der Bundeswehr) und Generalleutnant Martin Schelleis (Inspekteur der Streitkräftebasis).



Funktionsillustrator einer Sensorik zur Erfassung der räumlichen Orientierung einer Handwaffe.



*Visualisierung der Schädigungsprozesse
bei der Lasereinwirkung auf CFK.*

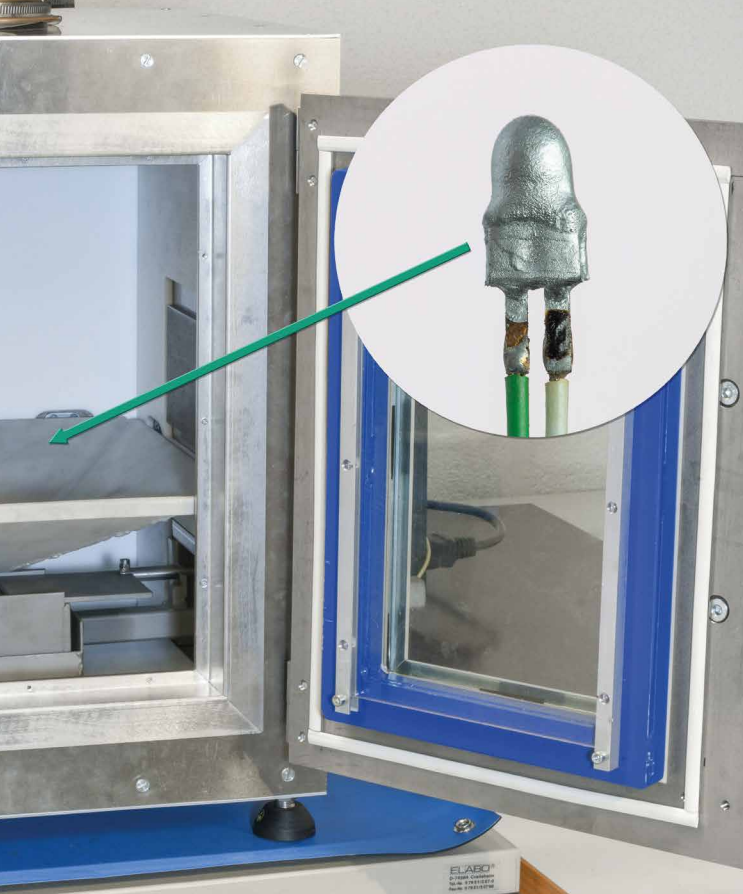
Laserwaffenwirkung auf Kompositstrukturen

Robustheit von Werkstoffen bei Bestrahlung mit Hochenergielaser

Mit den Fortschritten in der Lasertechnologie sind seit einigen Jahren kompakte und effiziente Lasersysteme verfügbar, die hohe Ausgangsleistungen bei gleichzeitig sehr guter Strahlqualität aufweisen. Diese ermöglichen auch zukünftige militärische Anwendungen. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen stellt sich für die Bundeswehr die Frage, inwiefern zukünftige Systeme auch robust gegenüber der Einwirkung hochenergetischer Laserstrahlung ausgelegt werden können. Das Fraunhofer EMI betreibt Speziallabore mit kommerziell verfügbaren Lasern, um die physikalischen Effekte hochenergetischer Laserstrahlen auf ein breites Spektrum von Werkstoffen zu beobachten. In Kooperation mit dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB) wurden auch die Effekte solcher Bestrahlung auf kohlenstoffaserverstärkten Kunststoff (CFK) untersucht, welcher aufgrund seiner hohen mechanischen Stabilität bei geringem

Gewicht zunehmend in der Luft- und Raumfahrtindustrie eingesetzt wird. Bei ersten Versuchsreihen mit Laserleistungen von bis zu zehn Kilowatt wurde die Lasereinwirkung unter Anwendung von spezieller Hochgeschwindigkeitsmesstechnik durchgeführt und die bestrahlten Proben später in einem hochauflösenden Computertomografen analysiert. Die Auswertung der Versuchsergebnisse zeigt, dass bei den untersuchten Proben ein linearer Zusammenhang zwischen der eingebrachten Laserenergie und dem abgetragenen Volumen besteht. Diese Beziehung kann mathematisch als ein einfaches Schädigungsmodell formuliert werden, welche das Ausmaß der eingetretenen Schädigung beschreibt.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/laserwaffen-
wirkung](https://www.s.fhg.de/laserwaffenwirkung)



Am EMI neu aufgebaute Spezialprüfkammer zur Untersuchung von Zünd- und Anzündmitteln.



Pulverbettbasiertes Laserschmelzen bietet Potenzial für neuartige Designerwerkstoffe.

Sicherheit von Zündmitteln

Bestimmung sicherheitskritischer Kenngrößen

Zünd- und Anzündmittel sind sprengstoffhaltige, einmalig verwendbare Komponenten, die eine detonative Umsetzung oder den Abbrand einer Explosivstoffladung auslösen. Das Fraunhofer EMI hat eine Spezialprüfkammer zur einfachen Komponentenprüfung und experimentellen Bestimmung der thermischen Zeitkonstante sowie weiterer sicherheitskritischer Kenngrößen von elektrischen Zündmitteln (Electro-Explosive Devices, EEDs) eingerichtet. Mit der Entwicklung von Simulationsmodellen sollen direkte Sicherheitsbeurteilungen von EEDs in elektromagnetischen Strahlungsfeldern auch von Mobilfunk und Radar zugänglich gemacht werden. Deren Einfluss wird durch die aktuelle Normenlage noch nicht geeignet erfasst und soll durch Simulationsverfahren für solch hochfrequente Strahlung adäquat beurteilt werden.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/zuendmittel](https://www.s.fhg.de/zuendmittel)

Metall-Matrix-Designwerkstoffe

Neuartige Metall-Kompositwerkstoffe durch 3D-Druck

Mit dem Verfahren des pulverbettbasierten Laserstrahlschmelzens ist es möglich, Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe (metal matrix composites, MMCs) zu designen, die die vorteilhaften Eigenschaften ihrer Komponenten in sich vereinen. So kann beispielsweise ein weicher, duktiler Stahl durch einen harten, spröden Werkstoff wie Wolfram verstärkt werden, sodass der resultierende Werkstoff sowohl eine hohe Härte als auch gute Dehnungseigenschaften aufweist. Erste erfolgreiche Anwendungen dieses neuen Ansatzes zum Werkstoffdesign konnten am Fraunhofer EMI demonstriert werden.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/metall-matrix-designwerkstoffe](https://www.s.fhg.de/metall-matrix-designwerkstoffe)

*Videoaufnahme vom Beschuss
einer exemplarisch ausgewählten
Lithium-Ionen-Batterie (Maße:
38 Zentimeter mal 8,5 Zentimeter
mal 8,5 Zentimeter).*

Batteriezellen bei Beschuss

Sicherheit elektrischer Energiespeicher

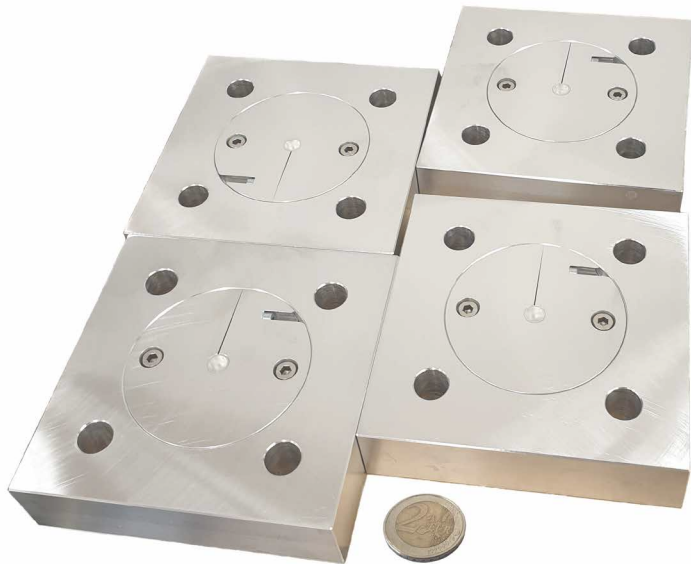
Elektrische Energiespeicher dringen sowohl im zivilen wie auch im militärischen Sektor in immer neue Anwendungsfelder vor. Durch die Steigerung ihrer Leistungsfähigkeit können sie andere Energieträger in immer mehr Bereichen ersetzen. Sie bieten durch Gewichts- und Platzerparnis auch neue Funktionalitäten und ermöglichen eine signifikante Steigerung der Einsatzfähigkeit von Geräten und Fahrzeugen. Die steigende Elektrifizierung ist jedoch mit neuartigen Gefährdungen verbunden, da die hohe Energiedichte bei unsachgemäßer Handhabung oder unter starker Belastung zur Freisetzung giftiger Inhaltsstoffe, zum Brand oder gar zur Explosion führen kann. Im wehrtechnischen Bereich besitzt dies im Hinblick auf einsatzspezifische Belastungen wie Beschuss, Anspannung oder andere mechanische Beanspruchung sowie die besonderen Anforderungen in puncto Sicherheit und Zuverlässigkeit besondere Relevanz.

Am EMI wurden Versuche an verschiedenen Lithium-Ionen-Batterien durchgeführt, um die jeweiligen Gefährdungspotenziale bei Beschuss einordnen und geeignete Sicherheitsmaßnahmen

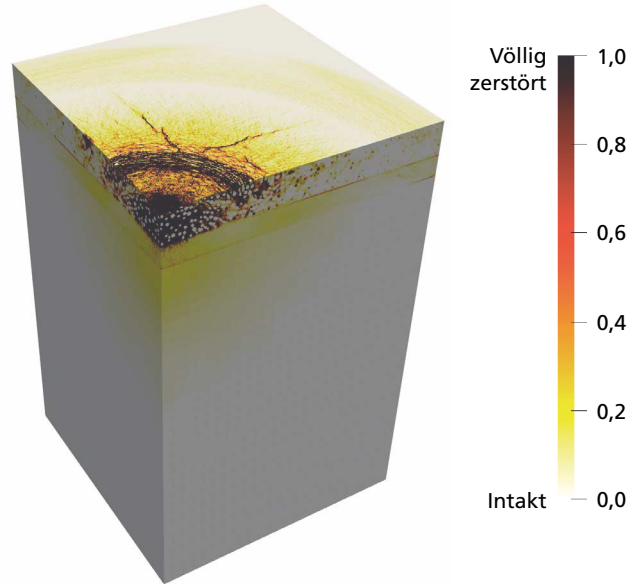
erarbeiten zu können. Von tragbaren Batteriesystemen bis hin zu Lkw-Starterbatterien wurden unterschiedliche Batterietypen auf ihre Beschusssicherheit hin überprüft. Die beobachteten Reaktionen reichten von einem vernachlässigbaren Spannungsabfall bis hin zu meterlangen Feuerzungen, Explosionen und starker Rauchentwicklung.

Besonders eindrucksvoll war ein Vergleich verschiedener Akkutypen. Während der Einschuss in Bleibatterien keine nennenswerten Auswirkungen verursachte, gerieten die untersuchten Lithium-Ionen-Akkumulatoren unmittelbar in Brand und stießen große Mengen heißer Gase und Partikel aus. Eine simple Übernahme von Akkumulatoren aus dem zivilen Bereich in die Bundeswehr könnte daher erhebliche neuartige Sicherheitsrisiken nach sich ziehen und sollte keinesfalls ohne spezielle vorherige Prüfung beziehungsweise zusätzliche Schutzmaßnahmen erfolgen.

Am Fraunhofer EMI wird erforscht, welche Sicherheitsaspekte relevant und welche Prüfvorschriften für Lithium-Ionen-Batterien für einen wehrtechnischen Einsatz geeignet sind.



Vier zerlegbare Verdämmungsblöcke aus Aluminium mit zentral eingelassenen, sechs Millimeter großen Glasproben.



Simulierte Schädigung einer Betonplatte auf Sandbettung unter leichter Anspannung. Viertelsymmetrisches Modell.

Transparente Schutzwerkstoffe

Modellbildung zum Verhalten transparenter Schutzwerkstoffe bei Beschuss

Für die Auslegung und tiefer gehende Analyse von transparenten Schutzsystemen ist der Einsatz numerischer Simulationen unverzichtbar. Da beim Einsatz von spröden Panzerungsmaterialien das Projektil durch die dynamischen Prozesse beim Impact in lokal vorgeschädigtes Material eindringt, spielt die verbleibende Festigkeit des geschädigten Materials eine entscheidende Rolle für den ballistischen Widerstand. Am EMI wurde eine neue Methodik entwickelt, die eine gezielte Charakterisierung und Bestimmung der für die Werkstoffmodellierung benötigten Kennwerte von geschädigtem Glas ermöglicht. Im ersten Schritt wird die Glasprobe durch einen Planar-Platten-Impakt dynamisch geschädigt. Hierbei verhindert eine zerlegbare Verdämmung aus Aluminium das Auseinanderbrechen der Probe. Im zweiten Schritt wird der Schädigungsgrad der Glasprobe mithilfe eines Röntgen-Phasenkontrast-Bildgebungsverfahrens ermittelt. Im letzten Schritt erfolgt die Charakterisierung der Restfestigkeit in einem verdämmten Drucktest.

Explosionsforensik

Vom Krater zur Sprengladung

Um a posteriori Rückschlüsse auf Sprengstoffmenge und -art ziehen zu können, verfolgt das EMI das Ziel, Sprengkrater zu charakterisieren. Dazu wurden in der Vergangenheit Versuche an skalierten Straßennachbildungen durchgeführt. Da die experimentelle Analyse sehr aufwendig ist, soll der Parameterraum zur Kratercharakterisierung durch Simulationen erweitert werden. Erschwert werden die Simulationen dadurch, dass die Prozesse zur Entstehung von Kratern auf einer sehr lokalen Ebene ablaufen, während das Gesamtmodell vergleichsweise großflächig sein muss. Daher wurde erstmalig eine neue, hochgradig parallelisierte Zwei-Skalen-Kopplung für Hydrocodes angewendet. Diese erlaubt die lokale Auflösung einzelner Modellbereiche und berücksichtigt gleichzeitig die Wirkung angrenzender Modellbereiche in klassischer Auflösung. Lösungen für Modelle mit bis zu 50 Millionen Elementen konnten bereits erzielt werden.

Geschäftsfeld
Sicherheit
und Resilienz



*Sicherheit ist ein
gesellschaftliches
Grundbedürfnis.*

Geschäftsfeld Sicherheit und Resilienz

»Unsere Kundinnen und Kunden haben erkannt, dass auch Resilienz ein Teil ihrer Strategie sein muss, um angesichts zunehmend komplexer Herausforderungen einen Wettbewerbsvorteil zu erhalten. In vielen Fällen ist es nicht mehr die Frage ob, sondern vielmehr wann es zu Störungen oder Ausfällen im eigenen System kommt. Darauf kann man sich mit unseren Resilienz-Tools gut vorbereiten.«

*Daniel Hiller, Geschäftsfeldleiter
Sicherheit und Resilienz*



Daniel Hiller

Geschäftsfeldleiter Sicherheit und Resilienz
daniel.hiller@emi.fraunhofer.de

s.fhg.de/emi-sicherheit-resilienz

Resilienz als Sicherheitskonzept der Zukunft

Die Pandemie hat gezeigt, dass komplexe Risiken die Zukunft vieler Unternehmen existenziell gefährden können. Um für die nächste Krise besser gewappnet zu sein, setzt das Fraunhofer EMI auf Resilienz als neues erweitertes Sicherheitskonzept. Mithilfe der Projekte KMU-Lagebild und FReE werden Unternehmen dabei unterstützt, ihre Resilienz zunächst zu bemessen und sie anschließend zu erhöhen, um so auf die nächste Krise vorbereitet zu sein.

Das Geschäftsfeld Sicherheit und Resilienz leistet mit den Projekten KMU-Lagebild und dem Fraunhofer Resilience Evaluator FReE einen wichtigen Beitrag in der Resilienzforschung

Die Coronapandemie hat unsere Gesellschaft in vielen Bereichen stark erschüttert. Vor allem die Wirtschaft wurde schwer getroffen: Bei vielen Unternehmen kam es zu Störungen der Lieferketten, oder es fielen wichtige Kundinnen und Kunden weg. Diese Pandemie wird nicht die letzte Krise sein, die unsere Wirtschaft und Gesellschaft herausfordert. Wenn Unternehmen weiter allein auf klassische Methoden der Risikoanalyse und des Risikomanagements setzen, die ausschließlich erwartbare Risiken betrachten, erzeugt die nächste Krise weitere massive Schäden. Krisen sind oft

unvorhersehbar und lösen komplexe Kaskadeneffekte aus, welche vom klassischen Risikomanagement nicht berücksichtigt werden.

Resilienz als neues Sicherheitskonzept

Genau an dieser Stelle setzen Forschende aus dem Geschäftsfeld Sicherheit und Resilienz am Fraunhofer EMI an. Um Resilienz als neues Sicherheitskonzept für Organisationen und Unternehmen zu etablieren, wurden das Projekt KMU-Lagebild (Resilienzphasen-begleitete Lagebild für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)) sowie die Entwicklung des Fraunhofer Resilience Evaluators FReE initiiert. Bisher eher bekannt aus der Psychologie, findet das Konzept der Resilienz mittlerweile interdisziplinär und damit auch in der zivilen Sicherheitsfor-



Naturkatastrophen wie Hurrikan Irma (2017) verdeutlichen, wie wichtig resiliente Infrastrukturen sind. © Adobe Stock



schung seine Anwendung. Hierbei wird die Resilienz des betreffenden Unternehmens bewertet und eine Resilienzanalyse vor, während und nach einem disruptiven Ereignis vorgenommen. Entscheidende Attribute von resilienten Systemen sind Widerstandsfähigkeit, Anpassungs- und Absorptionsfähigkeit sowie Erholungs- und Lernfähigkeit.

Die Projekte FReE und KMU-Lagebild

FReE ist ein Onlinetool, mit dem Unternehmen ihre Resilienz bemessen können. Es basiert auf einem strukturierten Fragebogen mit 64 Fragen zur Resilienz des Unternehmens, die chronologisch in die Phasen vor, während und nach einer Disruption gegliedert sind. Aus den Antworten ergeben sich kompakte Darstellungen, anhand derer die Leistung des Unternehmens in den verschiedensten Teilbereichen sichtbar wird.



Daniel Hiller

daniel.hiller@emi.fraunhofer.de

Im Projekt KMU-Lagebild werden kleine und mittlere Unternehmen dabei begleitet, eine methodisch umfassende Resilienzbewertung für sich vorzunehmen und die Auswirkungen möglicher Disruptionen festzustellen. Kleine und mittlere Unternehmen repräsentieren die sozial und wirtschaftlich vorherrschende Unternehmensgröße in der Europäischen Union, sie werden oftmals als das »Rückgrat der deutschen Wirtschaft« bezeichnet. Um das KMU-Lagebild zu erstellen, werden das Unternehmen, seine Untereinheiten sowie alle Abläufe und Prozesse am Computer modelliert. Darüber hinaus werden Abläufe und Prozesse zeitlich diskretisiert, indem in Zahlen vermerkt wird, welche Inputs ins unternehmerische System gelangen und dort weiterverarbeitet werden. Zur Bewertung der Resilienz können dann verschiedene Störszenarien eingespielt werden, wodurch im KMU-Lagebild sichtbar wird, wie das System darauf reagiert. Auf diese Weise können Gegenmaßnahmen priorisiert und so die Resilienz des Unternehmens optimiert werden.





*Blackout in New York
City nach Hurrikan
Sandy im Jahr 2012.
© Wiki Commons*

*Die Komplexität unserer Städte nimmt zu:
eine Nachtaufnahme von Bangkok.*

© Adobe Stock



Grenzkontrollen
sind notwendig,
um Sicherheit zu
gewährleisten.
© Getty Images



TRESSPASS

robust Risk basEd Screening and alert System for PASSengers and luggage

Um die Sicherheit an den Außengrenzen der Europäischen Union zu gewährleisten, durchlaufen derzeit alle Reisenden dieselben Grenzkontrollen. Da das Reiseaufkommen jedoch wächst, stehen Grenzbehörden vor der Herausforderung, höhere Durchflussraten bei gleichbleibender Sicherheit zu ermöglichen, um den Zeitaufwand an den Grenzen zu reduzieren. Diese Herausforderungen adressiert das Projekt TRESSPASS, indem es die Umsetzbarkeit von risikobasierten Grenzkontrollen untersucht.

Grundlage dafür ist die Risikomodellierung und ein systematischer Ansatz zur Quantifizierung von Risiken. Anhand von Daten und mithilfe eines

vierstufigen Risikomanagementansatzes wird das Risiko für alle Reisenden berechnet. Die Anzahl und Art der Sicherheitsüberprüfung wird damit angepasst, für Personen und Güter, die keine signifikante Bedrohung darstellen, können so die Kontrollen eingeschränkt werden.

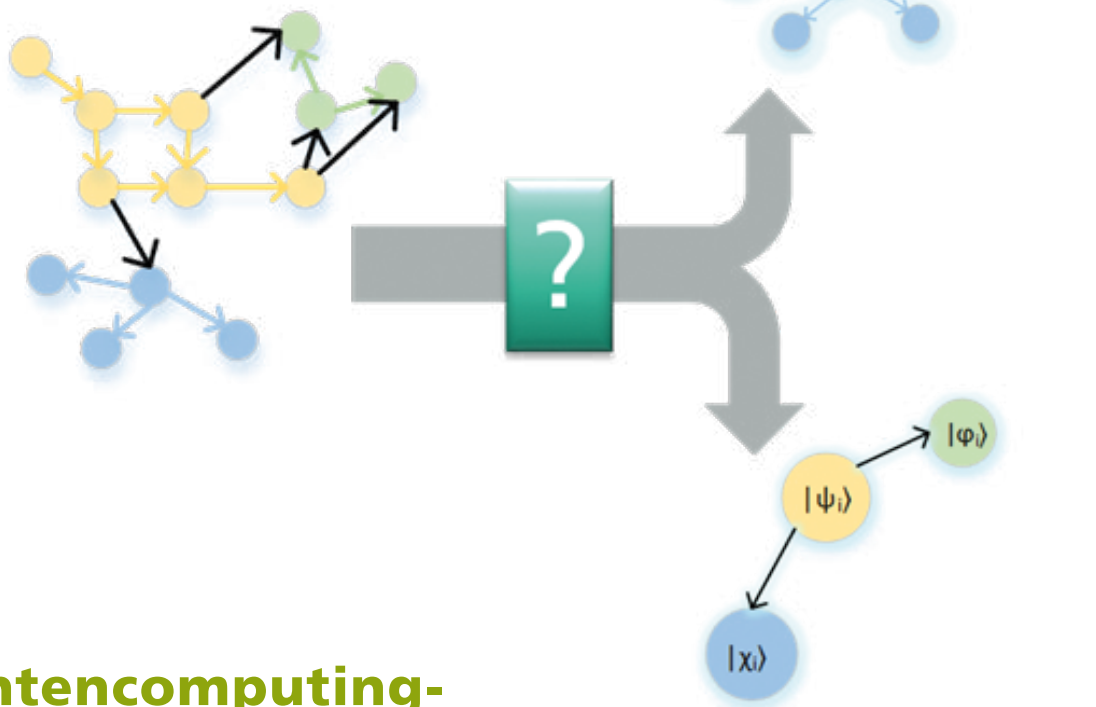
Derzeit wird die Effizienz und Sicherheit für diesen Ansatz mittels Simulationen quantifiziert, parallel wird er in drei Pilotprojekten umgesetzt und anschließend validiert.

Weitere Informationen:
www.tresspass.eu



TRESSPASS hat im Rahmen der Finanzhilfvereinbarung Nr. 787120 Mittel aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm der Europäischen Union Horizon 2020 erhalten.

EFFEKTIF untersucht, ob quantenmechanische Verschränkungseffekte die Effizienz von Simulationen steigern können.



Quantencomputing-Projekt EFFEKTIF

Das Projekt EFFEKTIF beschäftigt sich mit der Frage, ob Quantencomputing-Ansätze eine effizientere Abschätzung der Auswirkung von Störereignissen auf kritische Infrastrukturen zulassen. Analog zur wachsenden Größe und Komplexität solcher Netzwerke werden auch mögliche Störszenarien komplexer. EFFEKTIF erforscht geeignete Strategien, die einen adäquaten Umgang mit zunehmend komplexen Störszenarien mithilfe von Quantenhardware ermöglichen. Auf diese Weise soll eingeschätzt werden, inwiefern quantenmechanische Verschränkungseffekte die Effizienz von Problemlösungssimulationen steigern können. Das Projekt ist mit der Erforschung des Potenzials der Quantencomputing-Technologie eines von sechs Verbundprojekten des

Fraunhofer-Kompetenzzentrums »Quantencomputing Baden-Württemberg«. Neben dem Fraunhofer EMI sind auch die Albert-Ludwigs-Universität und die Überlandwerk Mittelbaden GmbH & Co. KG assoziierte Partner des Projekts.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/effektiv](https://www.s.fhg.de/effektiv)

SAFETY4RAILS



SAFETY4RAILS ist durch das Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union unter der Finanzhilfvereinbarung Nr. 883532 gefördert. Dieser Artikel gibt nur die Meinung des Autors wieder. Die Europäische Kommission und ihre Research Executive Agency sind nicht verantwortlich für die Verwendung der hierin enthaltenen Informationen.

SAFETY4RAILS: Sicherheit auf der Schiene

Kombinierte physische und Cyberbedrohungen nehmen durch die zunehmende Verflechtung von Betriebstechnik mit Informations- und Kommunikationstechnologien zu. Das Projekt SAFETY4RAILS zielt auf die Unterstützung von Bahn- und Metro-betreibenden bei der Untersuchung von Risiken und der Erhöhung der Resilienz der Verkehrsinfrastruktur, insbesondere für kombinierte cyber-physische Bedrohungen, ab. Es betrachtet Resilienz breitflächig mit organisatorischen sowie technischen Maßnahmen. Resilience Engineering wird durch die Modellierung und Simulation komplexer Systeme sowie die Untersuchung der Quantifizierung und Messung von Resilienz vorangebracht. SAFETY4RAILS startet mit etwa 20 technologischen Lösungsansätzen (Tools), die meisten etwa auf Technologiereifegrad (TRG) 5: Technologie in relevanter Umgebung überprüft (gemäß dem Horizon-2020-Arbeitsprogramm der Europäischen Kommission). Zusammen mit Projektpartnern aus der Endanwendung wird der Prototyp des SAFETY4RAILS-Informationssystems S4RIS entwickelt – eine Modulplattform mit individuellen

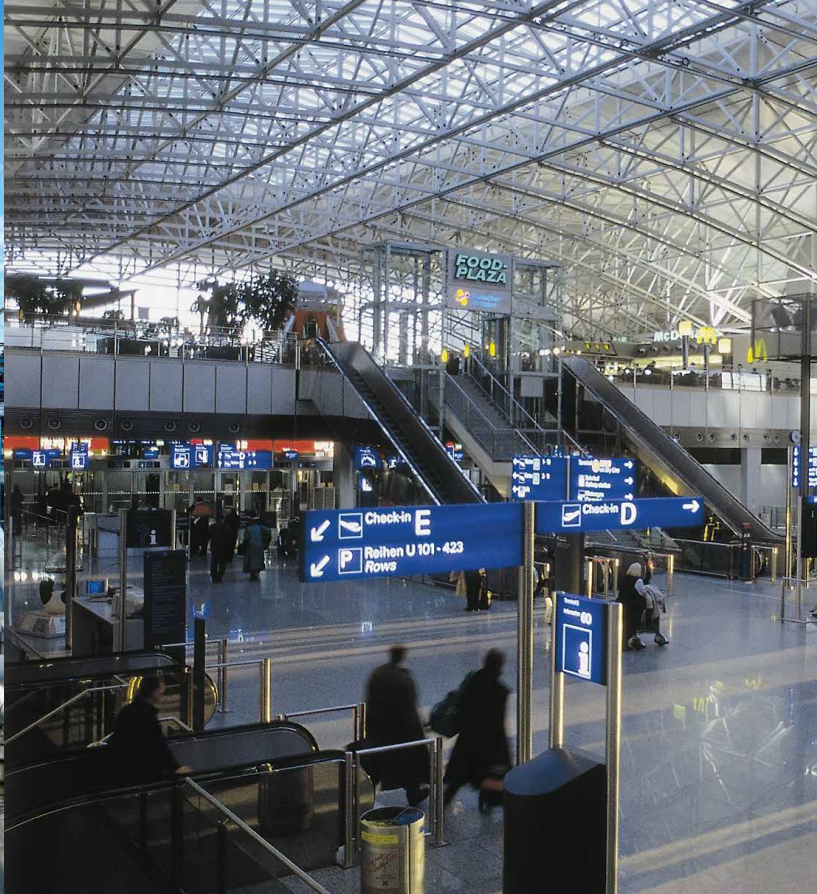
und sich gegenseitig unterstützenden Tools. Die Tools werden innerhalb der verschiedenen, aber sich überschneidenden und ineinandergreifenden Phasen von Resilienzzyklen (Identifikation, Schutz, Erkennung, Reaktion und Wiederherstellung) anwendbar sein. Das S4RIS soll den TRG 7 erreichen: Test eines Systemprototyps im realen Einsatz.

- SAFETY4RAILS umfasst 31 Partner aus 13 Ländern und hat ein Budget von circa zehn Millionen Euro.
- Projektlaufzeit: Oktober 2020 bis September 2022
- Projektkoordination: Fraunhofer EMI

Weitere Informationen:
safety4rails.eu



Das EMI entwickelt eine Software, die die Auswirkung potenzieller Störungen im Gasnetz berechnet und bewertet. © RINA S.p.A.



Flughäfen zählen zu den Einrichtungen mit den höchsten Sicherheitsbedürfnissen.

Sicherung unserer Gasversorgung

Die Fluktuationen des Energieangebots aus erneuerbaren Energiequellen sowie die Energiespeicherung mittels Power-to-Gas-Verfahren führt zu einer herausragenden Rolle dynamisch agierender Gaskraftwerke und ihrer sicheren Versorgung mit Erdgas. Um die Zuverlässigkeit des Erdgasnetzes kosteneffizient zu erhöhen, müssen Schwachstellen identifiziert werden. Im Projekt SecureGas entwickelt das Fraunhofer EMI deshalb eine Simulations- und Bewertungssoftware, die die Auswirkung potenzieller Störungen im Gasnetz berechnet und bewertet. Den Kern stellt dabei die physikalische Beschreibung der Gasströmung unter Berücksichtigung der wichtigsten geometrischen, topografischen und strömungsdynamischen Einflüsse sowie der betriebs- und störungsbedingten Randbedingungen dar.



SecureGas hat im Rahmen der Finanzhilfvereinbarung Nr. 833017 Mittel aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm der Europäischen Union Horizon 2020 erhalten.

SATIE – für mehr Flughafensicherheit

Die Gewährleistung der Sicherheit an Flughäfen und der Schutz der Fluggäste ist eine herausfordernde und verantwortungsvolle Aufgabe. Inhalt des Forschungsprojekts SATIE (Security of Air Transport Infrastructure of Europe) ist es, Mechanismen für einen besseren Schutz vor kombinierten cyber-physischen Angriffen auf Flughafeninfrastrukturen zu erarbeiten. Dafür wird ein Sicherheits-Toolkit entwickelt, das auf koordinierte und effektive Weise vor solchen Bedrohungen schützen soll und das von einem System zur Verbesserung des Situationsbewusstseins unterstützt wird. Im Projekt SATIE arbeiten Partner aus Deutschland, Frankreich, Österreich, Italien, Spanien, Polen, der Slowakei, Griechenland, Kroatien und Portugal zusammen. Das Projekt zielt auf eine verbesserte Sicherheit sowie Resilienz von Flughafeninfrastrukturen ab.

Weitere Informationen:
s.fhg.de/satie

Geschäftsfeld
Automotive



Röntgencrash mit X-ray-Car-Crash-Technologie (X-CC).



Geschäftsfeld Automotive

Der Transformationsprozess hin zu einer nachhaltigen und intelligenten und vor allem sicheren Mobilität, ambitionierte Klimaziele, neue technologische Entwicklungen und Mobilitätskonzepte sowie gesellschaftliche Trends verändern die Parameter für die automobilen Forschungslandschaft. Neben den Veränderungen im Antriebsstrang sind vor allem aber auch Digitalisierung und Automatisierung Treiber eines umfassenden Technologiewandels. Dies spiegelt sich in den aktuellen Forschungsthemen am Fraunhofer EMI wider, von denen im Folgenden einige Highlights vorgestellt werden.



Dr. Jens Fritsch

Geschäftsfeldleiter Automotive
jens.fritsch@emi.fraunhofer.de

s.fhg.delemi-automotive

Fahrzeug- kompatibilität im Röntgencrash

Beim neuesten Euro-NCAP-MPDB-Test dringt der Vorderwagen beim Crash tief in eine Wabenbarriere ein. Zur Auswertung wird ihre plastische Verformung millimetergenau vermessen. Aber wie tief dringt das Fahrzeug zu welchem Zeitpunkt ein? Wann treten am Fahrzeug beim Eindringen innerhalb der Barriere Verformungen auf? Wie groß ist die maximale elastische Deformation? Dies kann der Röntgencrash beantworten.



s.fhg.de/crashtest-video



Im Röntgencrash: Wie gut schützen Fahrzeuge ihre Unfallpartner?

Ein typischer Unfall auf einer Landstraße: Zwei Fahrzeuge prallen bei mittelhoher Geschwindigkeit frontal aufeinander. Meistens betrifft der Aufprall dann nur einen bestimmten Bereich der Fahrzeugfront, nicht die gesamte Breite. Die Folgen eines solchen Frontalzusammenstoßes werden im Crashlabor nachgestellt. Die Konfiguration basiert auf dem 2020 eingeführten Euro-NCAP-MPDB-Test (mobile progressive deformable barrier), hier mit 50 Prozent Überlappung.

Am Crashzentrum der Fraunhofer-Gesellschaft am EMI kann man durch den Einsatz von Röntgendiagnostik (X-ray Car Crash, X-CC) den zeitlichen Verlauf der inneren, nicht direkt sichtbaren Strukturdeformationen analysieren, die entstehen, während das Unfallfahrzeug in die Struktur eindringt. Die Informationen aus dem Versuch fließen in die Simulationen ein und liefern wertvolle

Erkenntnisse, wie durch eine optimale Fahrzeugauslegung die Sicherheit des Unfallpartners erhöht werden kann. Der Fahrerdummy ist eine hoch entwickelte und empfindliche Testpuppe des Typs THOR-50M, bereitgestellt von den Partnern ADAC und Kistler. Mit ihm will man das Risiko von Kopf-, Nacken-, Brust- und Bauchverletzungen genau einschätzen.

Neuer Crashtest nimmt die Fahrzeugstruktur unter die Lupe

Zum Schutz der Insassen des Testfahrzeugs müssen die Aufprallkräfte zu Teilen des Fahrzeugs geleitet werden, an denen die Energie wirkungsvoll und sicher absorbiert werden kann. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Fahrzeugteile zu tief in den Unfallgegner, oder hier die MPDB, eindringen. Die Knautschzone der Fahrzeugfront muss kontrolliert kollabieren, während die Fahrgastzelle möglichst unverformt bleibt. Die Art der Geschwindigkeitsabnahme des Wagens beim Aufprall und die



*Das Foto zeigt das Team
nach erfolgreichem Versuch.*

Schäden am verformbaren Hindernis zeigen, wie effizient die beiden Partner interagiert haben und wie groß die Kompatibilität des Testfahrzeugs ist.

Der Testaufbau hat im hier gezeigten Fall leicht geänderte Randbedingungen, um eine Röntgendiagnose und mehrere Bilder der vorderen Fahrzeugstruktur während des Crashes zu erhalten.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/neuer-crashtest](https://www.s.fhg.de/neuer-crashtest)



Dr. Malte Kurfiss
malte.kurfiss@emi.fraunhofer.de



Yann Leost
yann.leost@emi.fraunhofer.de

Der Dummy THOR-50M wurde von den Partnern ADAC und der Firma Kistler zur Verfügung gestellt. Er wurde entwickelt, um das Risiko von Kopf-, Nacken-, Brust- und Bauchverletzungen genau einschätzen zu können.



Die Aluminiumwaben als Hindernis repräsentieren den Vorderteil eines anderen Fahrzeugs. Sie sind in ihrer Steifigkeit vergleichbar mit einem Mittelklasse-Familienfahrzeug und werden nach Protokoll auf einen Trolley montiert. Das Fahrzeug sollte an keiner Stelle zu tief in die Waben eindringen. Wie tief das geschehen ist, ist nach dem Crash an der Deformation der Wabenstruktur erkennbar.

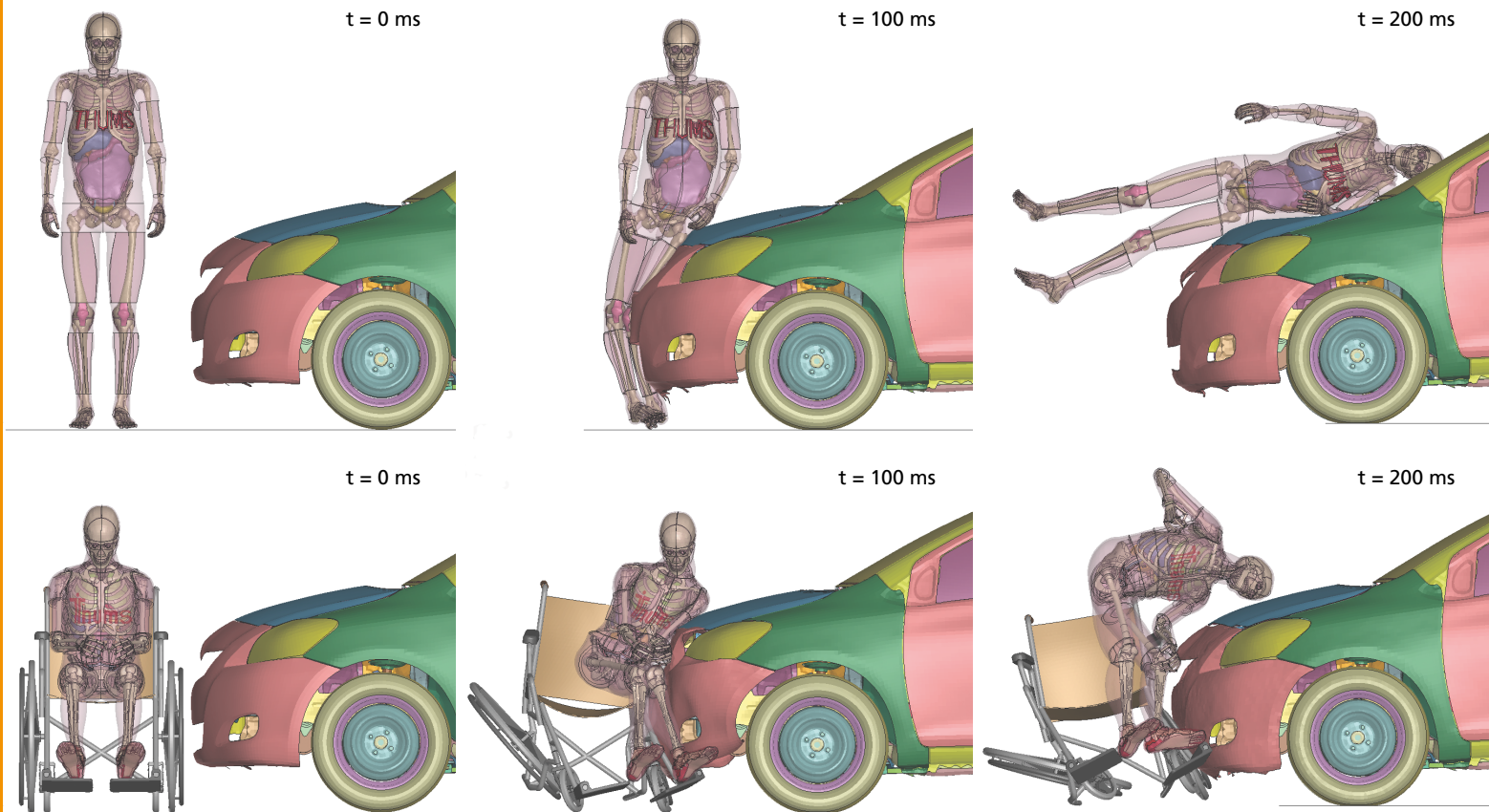
Die sehr guten Testergebnisse resultieren aus der optimalen Datenbasis: Für den eigens aus den USA importierten Honda Accord VIII existiert ein frei verfügbares Finite-Elemente(FE)-Modell, durch dessen Einsatz der Versuch mit multipler Diagnostik aus Röntgenblitz und Hochgeschwindigkeitsaufnahme vorher simuliert werden konnte. Mithilfe dieser Simulation konnten die auftretenden Kräfte und Beschleunigungen vorab abgeschätzt werden.

Mit dem FE-Modell und einer zusätzlichen, hochauflösenden, nach dem Crash am Fraunhofer EZRT durchgeführten XXL-Computertomografie kann in der Auswertung der gesamte Kreis zur Rückführung der Versuchsergebnisse aus den In-situ-Röntgenaufnahmen in die Simulationen geschlossen werden. Am Ende stehen wertvolle Ergebnisse, wie durch die Fahrzeugauslegung die Sicherheit erhöht werden kann.

Die erfolgreiche Versuchsdurchführung war eine gemeinsame Leistung der Partner vom Fraunhofer EMI, dem Fraunhofer EZRT, dem ADAC und der Firma Kistler Instrumente GmbH. Das Projekt wurde gefördert durch Mittel der Fraunhofer-Gesellschaft, die im Rahmen der Nominierung zum Wettbewerb »Deutscher Zukunftspreis 2019« vergeben wurden.



Der Dummy THOR-50M wird für den Röntgen-crashtest präpariert.



Fußgänger (oben) und Rollstuhlfahrer (unten) bei einer Pkw-Kollision bei 30 Kilometern pro Stunde.

Wheelcharity – sicher im Rollstuhl

Ziel des institutsinternen Projekts Wheelcharity ist es, Erkenntnisse zum Unfallverhalten von Rollstuhlfahrenden (Wheelchair Users, WCUs) zu gewinnen, mögliche Verletzungsrisiken zu identifizieren, Optimierungspotenziale aufzuzeigen und beispielhaft auf Anwendbarkeit zu testen. Dies geschieht unter anderem vor dem Hintergrund, dass im Verkehrsunfall Menschen im Rollstuhl einem höheren Sterberisiko ausgesetzt sind als solche, die zu Fuß am Verkehr teilnehmen. Unterschiede in Haltung, Kopfhöhe und Massezentrum könnten eine bislang nicht untersuchte Auswirkung auf das Kollisionsverhalten haben.

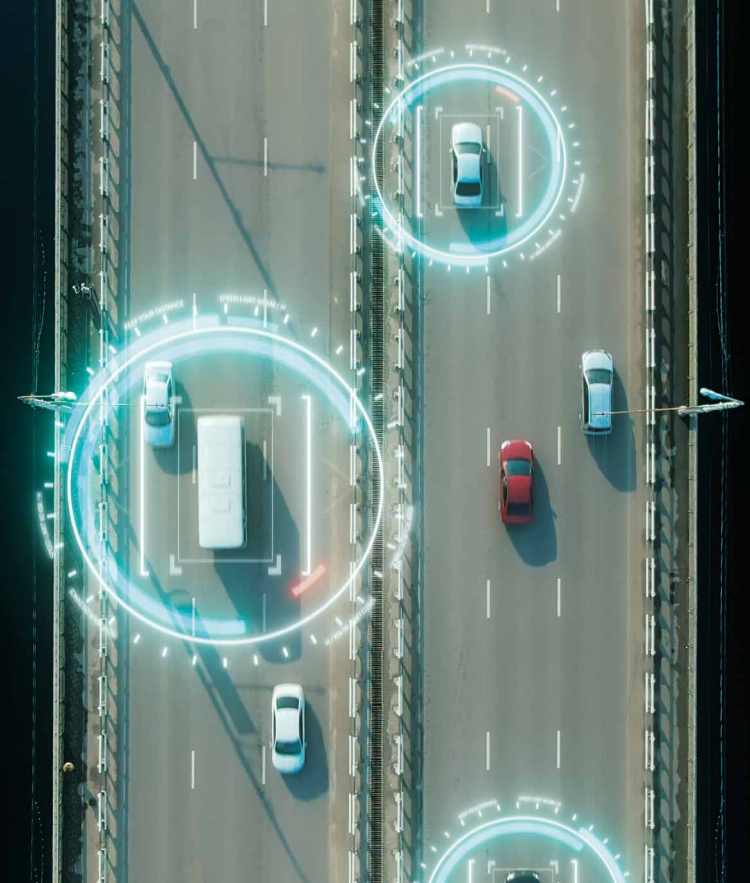
Eine Sicherheitsanalyse, basierend auf numerischer Simulation der WCU-Fahrzeug-Kollision, zeigt, dass sich das Bewegungsmuster des WCU vom Fußgänger unterscheidet: Beispielsweise biegt sich der Fußgänger in einer gleichmäßigen Bewegung um die Fahrzeugfront, während der WCU-Impakt eher abrupt wirkt. Erklärungsansätze liegen im

zusätzlichen Kontakt mit dem Rollstuhl, der unterschiedlichen Haltung sowie dem tieferliegenden Massezentrum.

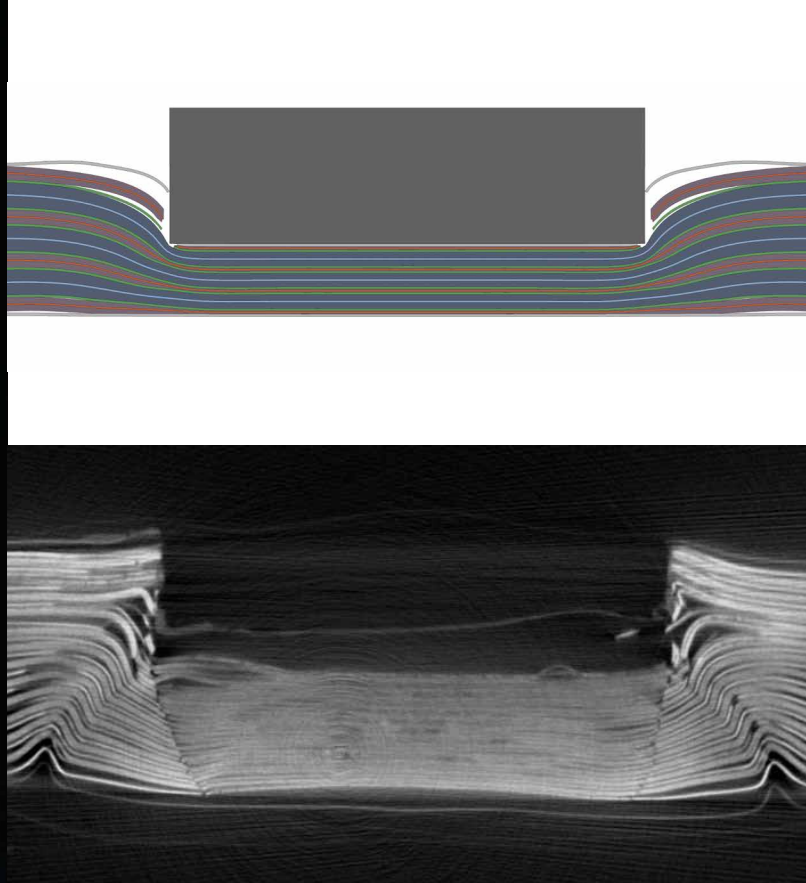
In weiteren Arbeiten wurden Strukturen entwickelt, die die Sicherheit von Rollstuhlfahrern potenziell optimieren können. Die Struktur kann einwirkende Kräfte effektiv aufnehmen und ermöglicht es, die Flugbahn des WCU zu verändern.

Zudem widmet sich eine zukünftige vergleichende Studie Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen der numerischen Simulation und dem experimentellen Test mit biofidenen Dummies.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/wheelcharity](https://www.fhg.de/wheelcharity)



Die agentenbasierte Simulation von Verkehr kann realen Verkehrsdaten immer besser angeglichen werden. © Adobe Stock



Einblicke in das Versagensverhalten von Batteriezellen in Simulation (oben) und Experiment (CT-Aufnahme, unten).

Realistische Verkehrssimulation **BATTmobil – Batteriesicherheit**

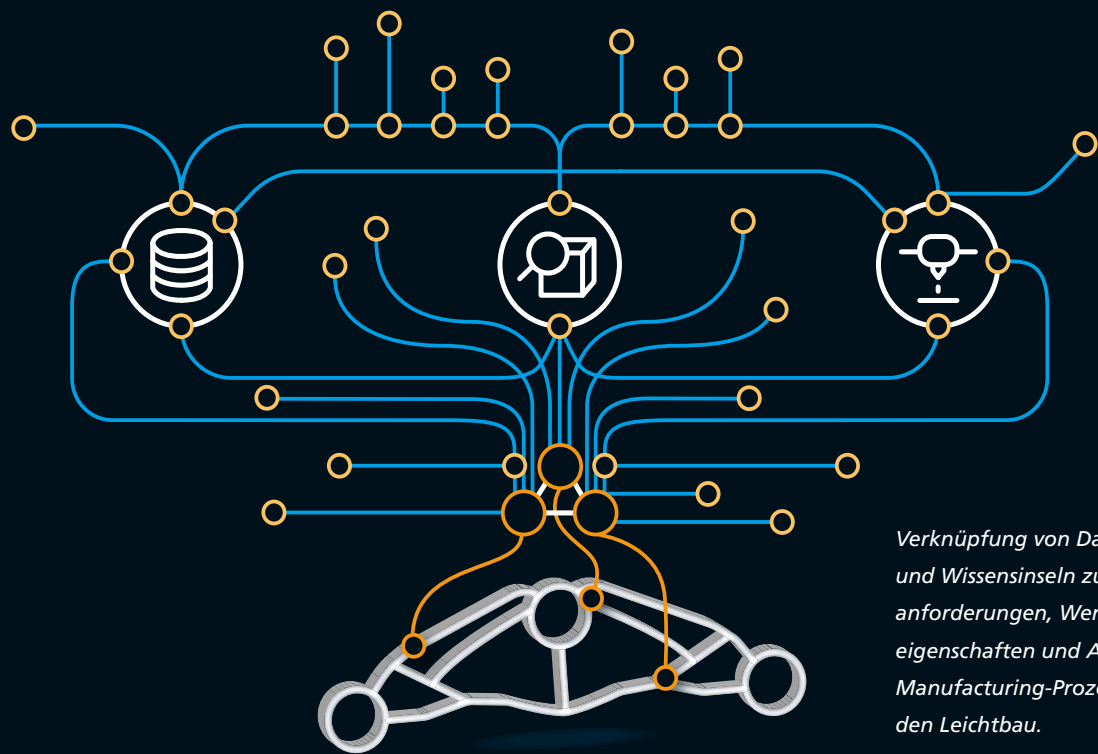
Für die realistische Nachbildung von Normalverkehr, Unfällen und Beinaheunfällen ist die Steuerung des Fahrverhaltens der Agenten durch parametrische Modelle zentraler Baustein der agentenbasierten Verkehrsflusssimulation. Jeder Agent bekommt Werte für alle Modellparameter zugewiesen, welche seine Reaktion auf verschiedene Situationen im Laufe der Simulation beeinflussen. Ziel ist, dass die relevanten statistischen Größen des simulierten Verkehrs mit dem real aufgenommenen Verkehr übereinstimmen. In Zusammenarbeit mit der Daimler AG wurde eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, um die Umsetzbarkeit datengetriebener Optimierungsmethoden zu prüfen. Im Gesamtbild sollen neben Auto- auch Fuß- und Radverkehr besonders in Hinblick auf die Entstehung kritischer Verkehrssituationen betrachtet werden.

Weitere Informationen:
s.fhg.de/verkehrsflusssimulation

Bei Unfällen von Elektrofahrzeugen hängt es von der Integrität der verbauten Batterie ab, ob es zu einem zellinternen Kurzschluss und somit möglicherweise zu einem Fahrzeugbrand kommt. Im vom Wirtschaftsministerium BW geförderten Projekt BATTmobil untersuchten das Fraunhofer EMI und das Fraunhofer IWM die Crashesicherheit von Batterien.

Es wurde ein Methodenbaukasten entwickelt, mit dem die mechanischen Eigenschaften der Batteriezelle untersucht sowie ihr Versagen in Abhängigkeit unterschiedlicher mechanischer Belastungen analysiert wurden. Auf Basis der Experimente wurden prognosefähige Simulationsmodelle erstellt. Eine Verallgemeinerung der gewonnenen Erkenntnisse ist dank des angewandten systematischen Ansatzes möglich. Die gemeinsame Forschungsarbeit wird in BATTmobil-2 fortgesetzt.

Weitere Informationen:
s.fhg.de/battmobil



Verknüpfung von Daten- und Wissensinseln zu Bauteilanforderungen, Werkstoffeigenschaften und Additive-Manufacturing-Prozess für den Leichtbau.

AluTrace

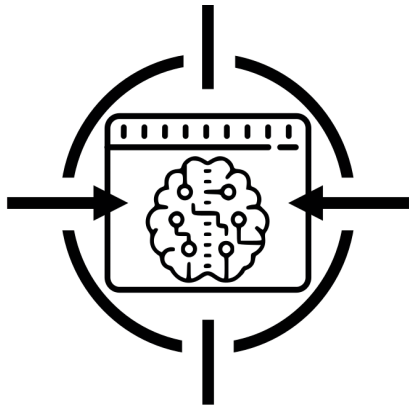
Digitalisierung der Prozesskette additiv gefertigter Aluminiumleichtbaukomponenten

Additive Fertigung (3D-Druck) bietet aufgrund großer Designfreiheiten ein enormes Leichtbaupotenzial und wird deshalb im Anlagen- und Maschinenbau, im Fahrzeugbau und in der Luft- und Raumfahrt in immer mehr Bereichen eingesetzt. Vom Rohmaterial bis zum fertigen Bauteil durchlaufen die Zwischenprodukte mehrere Wertschöpfungsstufen und dabei meist mehrere Unternehmen. Für eine maximale Ausschöpfung des Leichtbaupotenzials müssen Wissensverluste zwischen den einzelnen Wertschöpfungsstufen verhindert werden, um durchgängig eine möglichst genaue Kenntnis des Werkstoffs, des Bauteils und des Fertigungsprozesses zu erhalten. So können Design und Produktion in wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht weiter optimiert werden.

Ziel des Forschungsprojekts AluTrace ist es deshalb, die über Produktentwicklungs- und -herstellungszyklen entstehenden Daten- und Wissensinseln digital zu verknüpfen. Das Konsortium aus dem

Fraunhofer EMI, dem Fraunhofer IWM sowie dem fem Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie untersucht am Beispiel additiver Fertigung, wie die durchgängige Nutzbarmachung von Daten und Wissen zum Werkstoff, dem Fertigungsprozess und zu den Bauteilanforderungen zur Optimierung von Aluminiumleichtbaustrukturen beitragen kann. Dazu werden dezentral vorliegende Werkstoff- und Werkstoffprozessdaten gezielt ergänzt, semantisch durch Wissensgraphen beschrieben und mithilfe der Technologie der International Data Spaces (IDS) vernetzt.

Für eine Ergebnisverbreitung in die Wirtschaft wird das Konsortium von einem industriellen Beirat aus namhaften Unternehmen begleitet, darunter Dienstleister im Bereich von additivem Design und Fertigung, Metallverarbeitung sowie Anbieter von Leichtbauprodukten und KI-Lösungen. Das Projekt wird mit rund 400 000 Euro vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg gefördert und hat eine Laufzeit von 15 Monaten.



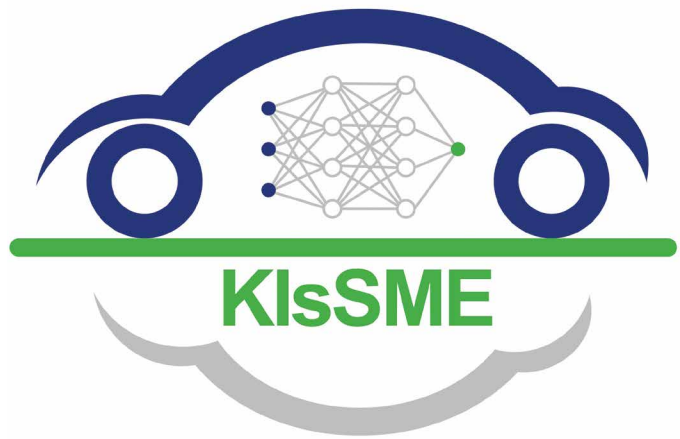
AIMM
ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR MATERIAL MODELS

In AIMM sollen die Grenzen der klassischen Materialmodellierung überwunden werden.

KI in der Werkstoffmodellierung

In dem Vorhaben Artificial Intelligence for Material Models (AIMM) arbeitet das EMI gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung daran, die klassische modellbasierte Werkstoffbeschreibung durch eine alternative, datengetriebene Modellierung zu ergänzen beziehungsweise zu ersetzen. Das EMI bringt seine langjährige Erfahrung in der Materialcharakterisierung und -modellierung insbesondere bei hohen Dehnraten ein. Ein Schwerpunkt liegt darauf, klassische Versuchstypen weiterzuentwickeln, um die für das Training der neuartigen Machine-Learning-Modelle notwendigen Daten experimentell ermitteln zu können. Außerdem sollen die in den letzten Jahren neu am EMI etablierten Themen im Bereich der Datenverarbeitung und -analyse sowie der datengetriebenen Crashprädiktion vorangebracht werden.

Weitere Informationen:
s.fhg.de/aimm



KisSME

Künstliche Intelligenz soll Datenmengen für automatisiertes Fahren komprimieren.

KI für intelligente Datenauswahl

Das Verbundvorhaben KisSME (Künstliche Intelligenz zur selektiven echtzeitnahen Aufnahme von Szenarien- und Manöverdaten bei der Erprobung von hochautomatisierten Fahrzeugen) untersucht, wie künstliche Intelligenz (KI) die Datenmengen zur effizienten Szenarienerfassung bei der Erprobung hochautomatisierter Fahrzeuge verdichten kann, um Speicherplatz, Energie und Auswertungsaufwand zu sparen. Das EMI arbeitet zu Fragen der Kritikalität von aufgenommenem Verkehr und bewertet dafür die Datenrelevanz für kritische Verkehrsszenarien und -situationen. Zudem widmet es sich dem Einsatz schneller, realitätsabbildender Simulationen und entwickelt lernfähige Algorithmen, um neuartige kritische Situationen zu generieren und kritische Abweichungen vom Normalverkehr zu erkennen.

Weitere Informationen:
s.fhg.de/kissme

Was treibt

die Autos der Zukunft an?



Die Mobilität der Zukunft
wird digital und vernetzt sein.

© Adobe Stock

Geschäftsfeld
Raumfahrt



*2-Unit Engineering Model eines Nanosatelliten.
Das EMI entwickelt einen eigenen Nanosatelliten
sowie Hard- und Software für Satelliten.*

Geschäftsfeld Raumfahrt

*»Mit einzigartigen Methoden erhöhen wir die Sicherheit in der Raumfahrt ...
... und entwickeln resiliente Kleinsatelliten-systeme für innovative Anwendungen in der Erdbeobachtung.«*

Prof. Dr. Frank Schäfer, Geschäftsfeld-leiter Raumfahrt

Mit unseren Kompetenzen im Bereich des Hypervelocity-Impakts verbessern wir die passive Sicherheit von Raumfahrzeugen und untersuchen die Bildung von Trümmerwolken aus Satellitenkollisionen für die Durchführung von Risikoanalysen. Wir erforschen neue Methoden zur Steigerung der Resilienz von Commercial-off-the-shelf(COTS)-Komponenten für Raumfahrtanwendungen und setzen innovative Fertigungsverfahren zur Entwicklung kompakter wissenschaftlicher Nutzlasten ein. Wir untersuchen das Potenzial von Kleinsatelliten-systemen für Echtzeitanwendungen in der Erdbeobachtung.

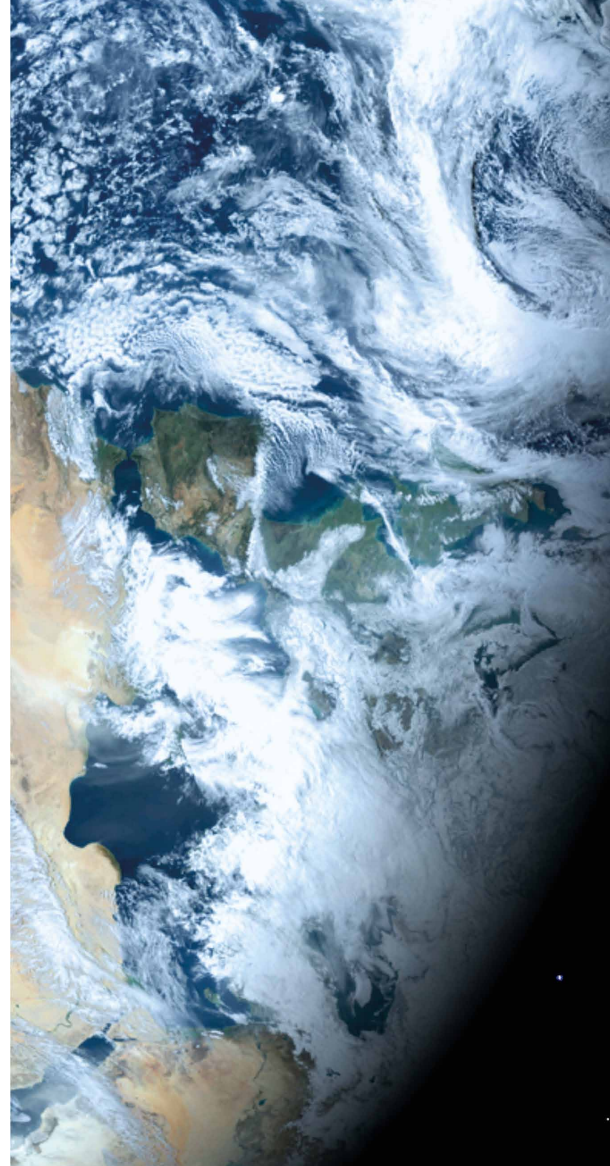


Prof. Dr. Frank Schäfer
Geschäftsfeldleiter Raumfahrt
frank.schaefer@emi.fraunhofer.de

s.fhg.de/emi-raumfahrt

ERNST auf der Zielgeraden

Das Fraunhofer EMI entwickelt den Nanosatelliten ERNST, um das Potenzial von Kleinsatelliten auf CubeSat-Basis für ambitionierte Erdbeobachtungsaufgaben zu demonstrieren. Nach dem erfolgreichen Test des Ingenieurqualifikationsmodells markierte der Critical-Design-Review den Übergang in die Produktions- und Testphase des Flugmodells des Satelliten, der im Juni 2022 starten soll.

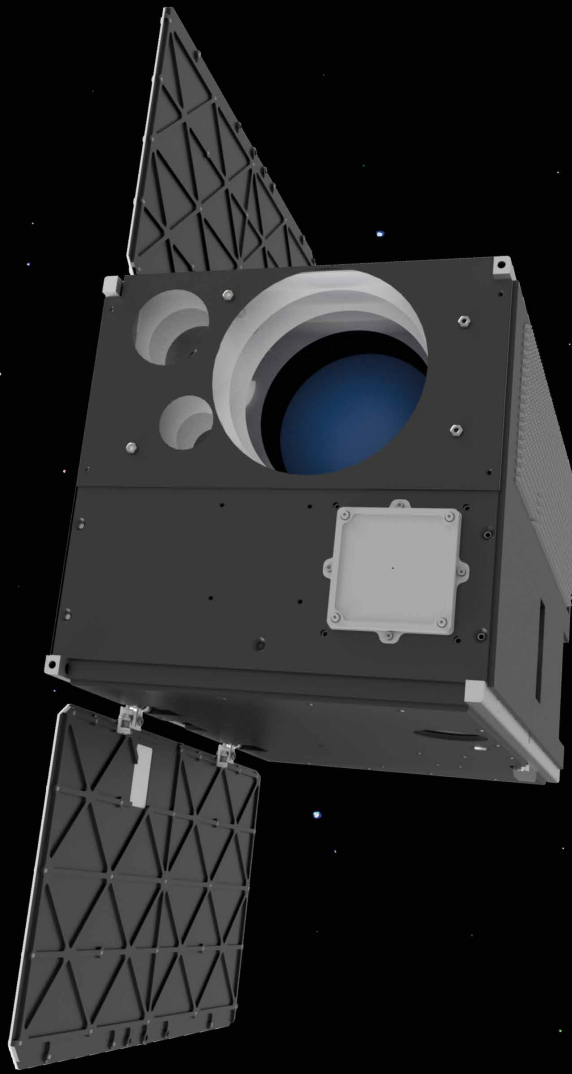


Innovationen in der Raumfahrt sind aktuell von kommerziellen Anbietern getrieben. Prominentestes Beispiel dieser »New Space«-Industrie ist das Unternehmen SpaceX. Mit der Entwicklung von neuen Raketenstartsystemen und Megakonstellationen von Kleinsatelliten steht es sinnbildlich für die Kernelemente des New Space. Kleinsatelliten sind indes keine neue Erfindung, treten aber im Laufe der letzten Jahre aus der Rolle des Nischenprodukts aufgrund der Entwicklung leistungsstarker Systeme heraus. In den USA, dem Ausgangspunkt des New Space, rücken Kleinsatelliten in den Fokus militärischer Anwendungen. So sollen etwa für raumgestützte Raketenfrühwarnsysteme Hunderte über optische Kommunikation verbundene Kleinsatelliten die klassischen, exklusiven Militärsatelliten ergänzen oder gar ersetzen. Die Motivation ist eine hohe Reaktionsschnelligkeit und Resilienz durch zügig

entwickelte und günstigere, serienproduzierte Kleinsatelliten.

ERNST als Demonstrationsmission für leistungsstarke Kleinsatelliten auf CubeSat-Basis

ERNST ist der erste Kleinsatellit zur Unterstützung militärischer Aufgaben in Deutschland. Ziel dieser Mission ist es, das Potenzial dieser Satellitenklasse für die Bundeswehr aufzuzeigen und zu erschließen. Die Hauptnutzlast ist eine Infrarotkamera zur Detektion von Raketenstarts. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IOSB sollen anhand der mit ERNST gewonnenen Daten das Detektionskonzept demonstriert und numerische Simulationen verifiziert werden. Aus technischer Sicht ist die Integration der Infrarotnutzlast besonders anspruchsvoll. Für deren Betrieb ist ein Kryokühler notwendig, der durch eine hohe Aufnahme elektrischer und Ab-



gabe thermischer Energie sowie durch die Anregung von Vibrationen große Herausforderungen an ein Satellitensystem mit den Nennmaßen von 236 mal 236 mal 340 Kubikmillimetern stellt. Dies entspricht einem Format von 12U, das heißt einem Quader aus zwölf kombinierten Zehn-Zentimeter-Würfeln, der Grundeinheit der sogenannten CubeSats. ERNST wird der erste Nanosatellit auf Basis von CubeSat-Technologie sein, der eine kryogekühlte Nutzlast im Orbit demonstriert.

Neben der Hauptnutzlast befindet sich eine Kamera zur Erdbeobachtung im sichtbaren Bereich und ein vom Fraunhofer INT entwickelter Strahlungsdetektor an Bord von ERNST. Letzterer, FORS (Fraunhofer Onboard Radiation Sensor) genannt, misst hochenergetische Protonen und Elektronen und gibt damit Aufschluss über den Einfluss der Strahlungs-



Dr. Martin Schimmerohn

martin.schimmerohn@emi.fraunhofer.de

Das ERNST-Ingenieursmodell in der Thermal-Vakuum-Kammer für die Langzeitverifikation.

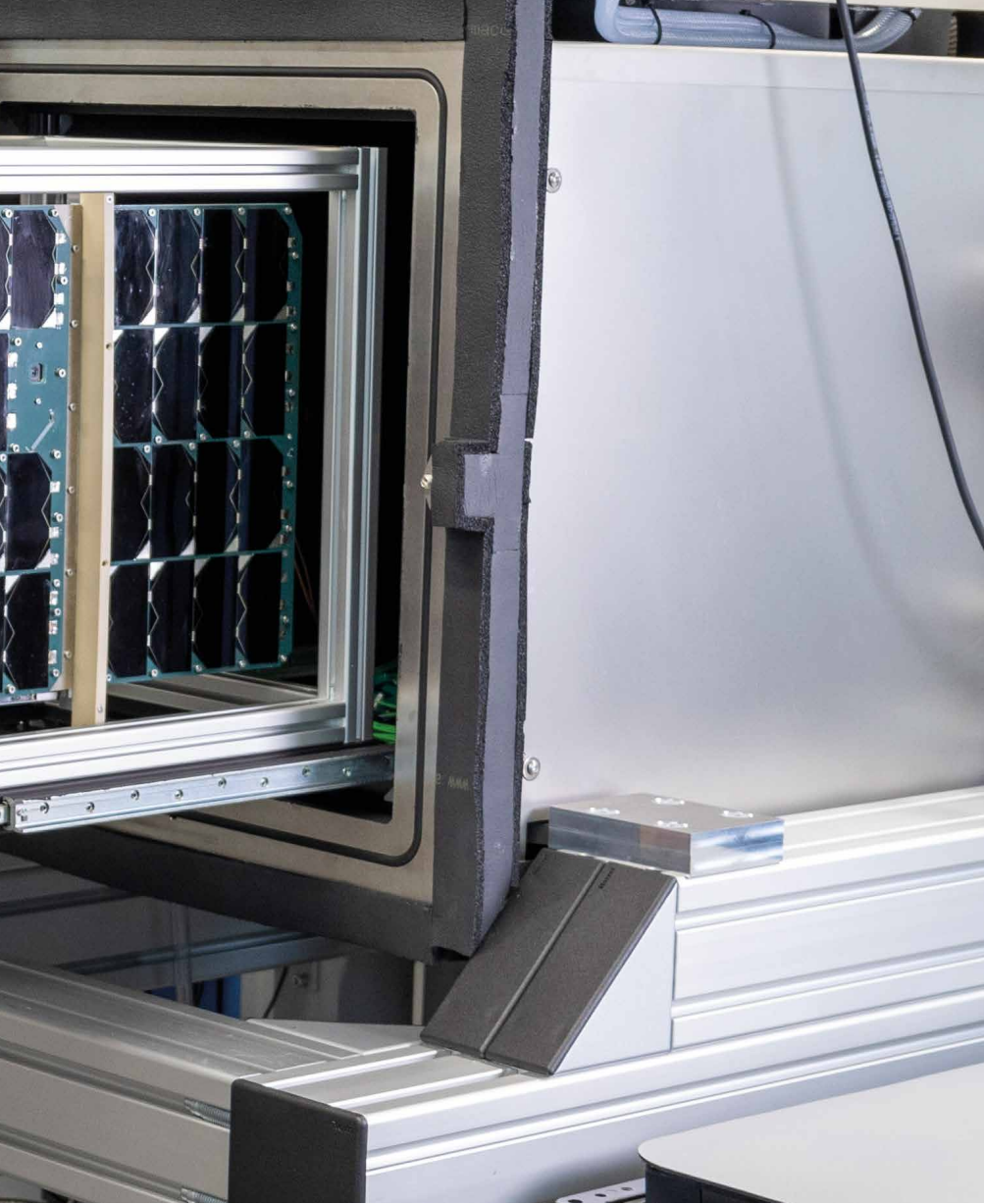


umgebung im Orbit und deren Einfluss auf die Funktionalität der Elektronik auf Kleinsatelliten.

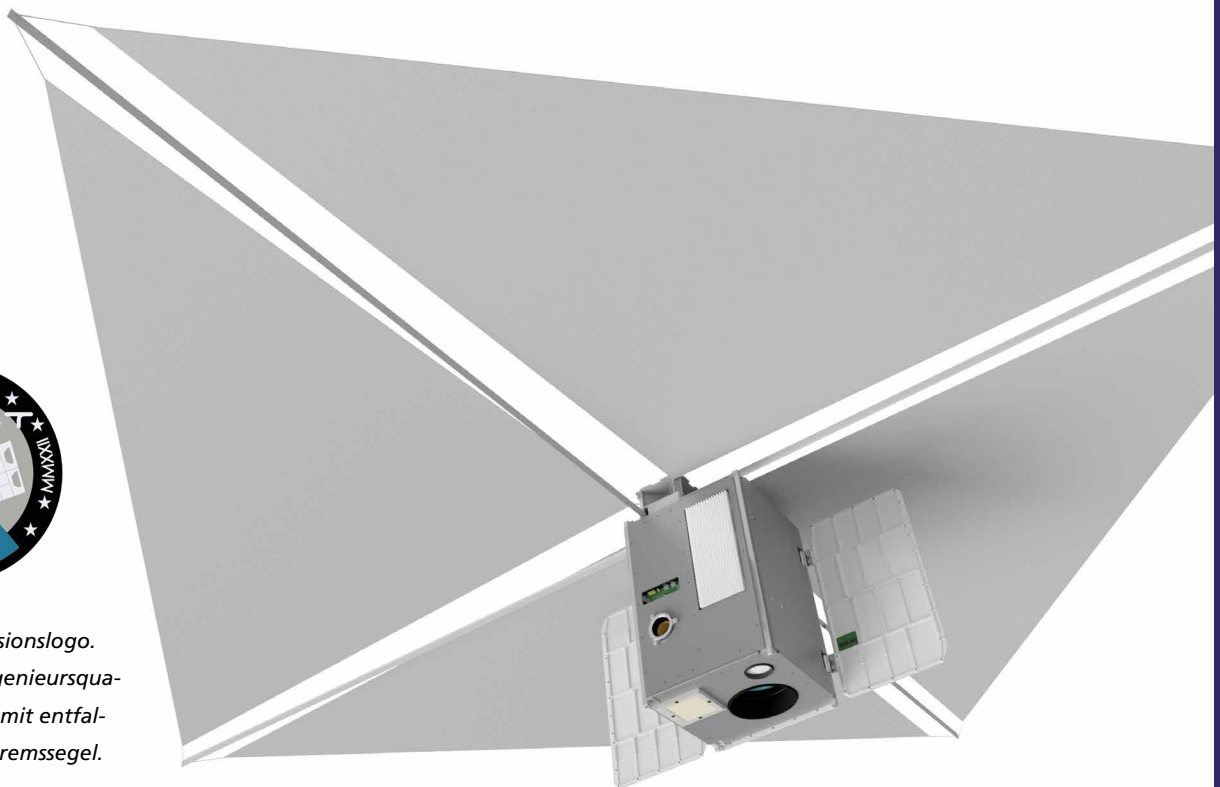
12U-Satellitenbus zur Integration verschiedener Nutzlasten für umfassendes Lagebild

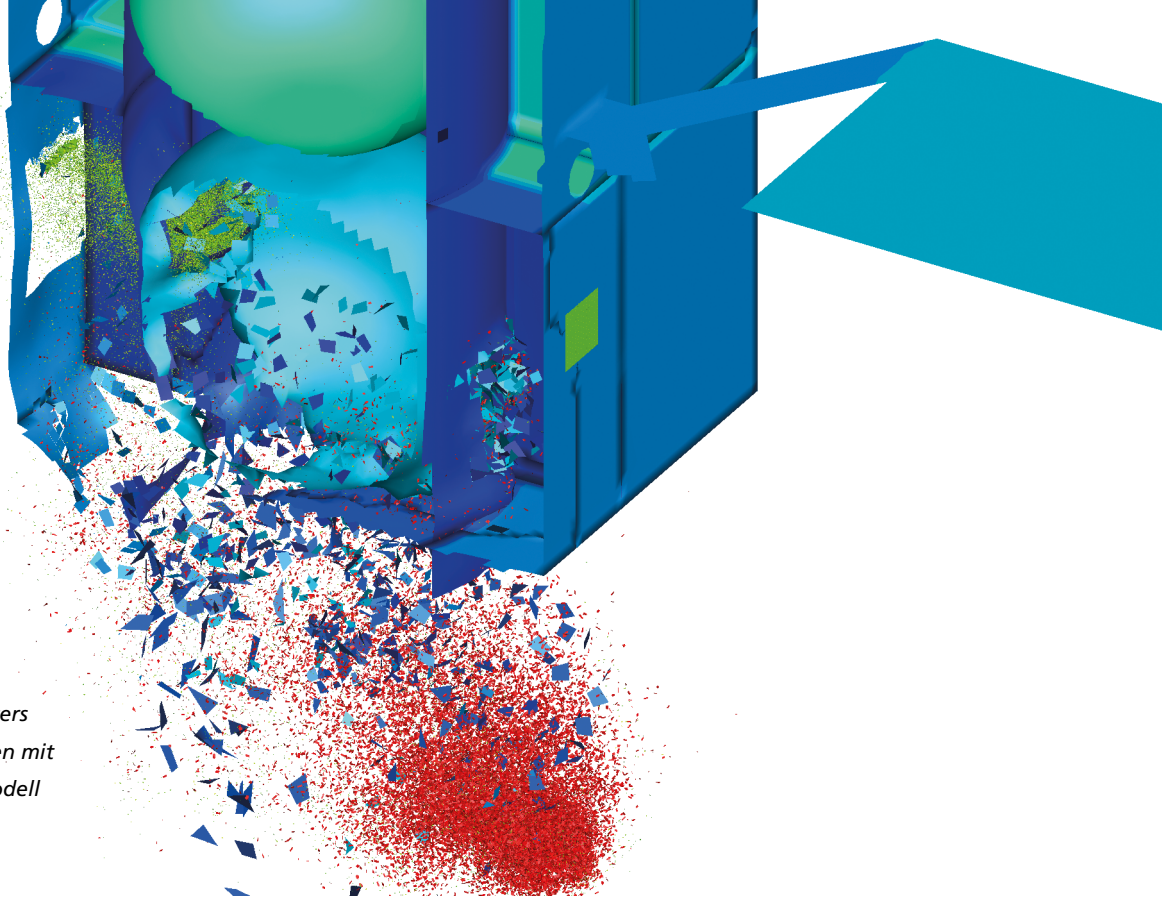
Der Vorteil der CubeSats ist ihre Standardisierung. Leistungsstarke CubeSat-Komponenten sind kommerziell verfügbar. Für ERNST greifen wir auf den hohen Entwicklungsstand dieser Komponenten zurück und integrieren kommerzielle Subsysteme von den jeweiligen Marktführern, zum Beispiel für den Onboard-Computer, die Energieaufbereitung, den Datendownload im X-Band und das Lageregelungssystem, das seine Eignung im Rahmen der NASA-Marsmission Insight unter Beweis gestellt hat. Ergänzt werden diese Subsysteme durch Eigen-

entwicklungen, beispielsweise der Datenverarbeitungseinheit und einem De-Orbit-System. Letzteres entfaltet nach Abschluss der Mission ein 2,4 Quadratmeter großes Bremssegel, das den Wiedereintritt des Systems in die Erdatmosphäre beschleunigt und somit einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Orbitnutzung vor dem Hintergrund der Weltraummüllproblematik leistet. Die Nutzlasten werden auf einer generativ gefertigten optischen Bank integriert. Dieses Verfahren gewährleistet eine flexible Einbindung unterschiedlicher Nutzlasten in das ERNST-Gesamtsystem im Kontext einer reaktionsschnellen Lageerfassung mit Kleinsatelliten. Der erste Schritt dazu soll im Juni 2022 mit dem Start von ERNST erfolgen.



Oben: ERNST-Missionslogo.
Rechts: ERNST-Ingenieursqualifikationsmodell mit entfaltetem De-Orbit-Bremssiegel.





Ansicht des Fragmentierungsmusters nach dem Einschlag eines Satelliten mit eingebautem Ersatz-Sandwich-Modell durch einen CubeSat.

Fragmentierung im Orbit gefährdet Satelliten

Fragmente im Orbit – entstanden durch Explosionen und Kollisionen – nehmen eine kritische Dichte an. Um das Ausmaß der Fragmentierung und ihre Dynamik zu verstehen, wurden im Projekt DiFraO (Disruptive Fragmentierungsereignisse im Orbit) Material- und Ersatzmodelle für komplexe Strukturen entwickelt.

Um die Fragmentierdynamik nach dem Impact eines Objekts mit einem Satelliten vorherzusagen, wurde auf Laborversuche und numerische Simulationen mit dem EMI-eigenen Code SOPHIA zurückgegriffen. Der Fokus richtete sich dabei auf Sandwich-Bauteile, da sie ein wichtiger Strukturwerkstoff der Primär- und teils auch der Sekundärstruktur von Satelliten darstellen.

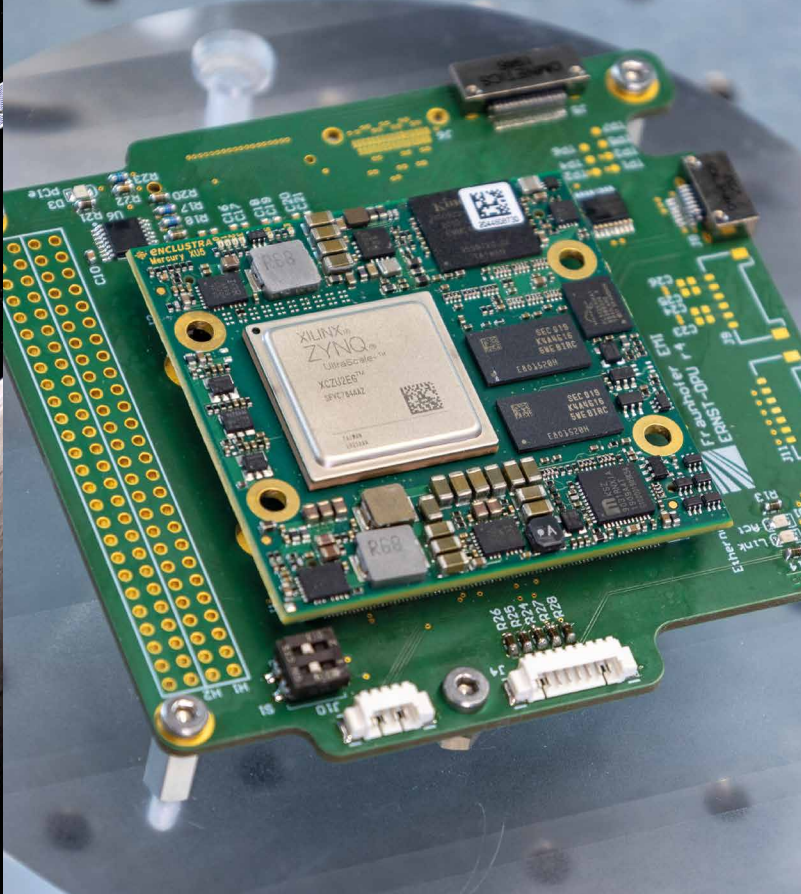
Die Untersuchung umfasste die Herleitung eines Ersatz-Satellitenbauteils bis zur Anwendung auf großskalige Impactseznarien.

Das Vorhaben DiFraO wurde durch das Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBw) gefördert.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/
fragmentierung-orbit](https://www.s.fhg.de/fragmentierung-orbit)



Die BepiColombo-Mission: Nahe an Merkur und Sonne ist das Thermalmanagement besonders wichtig. © ESA



MPSoC-Modul: Ein moderner MPSoC vereint mehrere Mehrkernprozessoren samt Peripherie und programmierbarer Logik in einem einzigen Chip.

Wärme- management für Satelliten

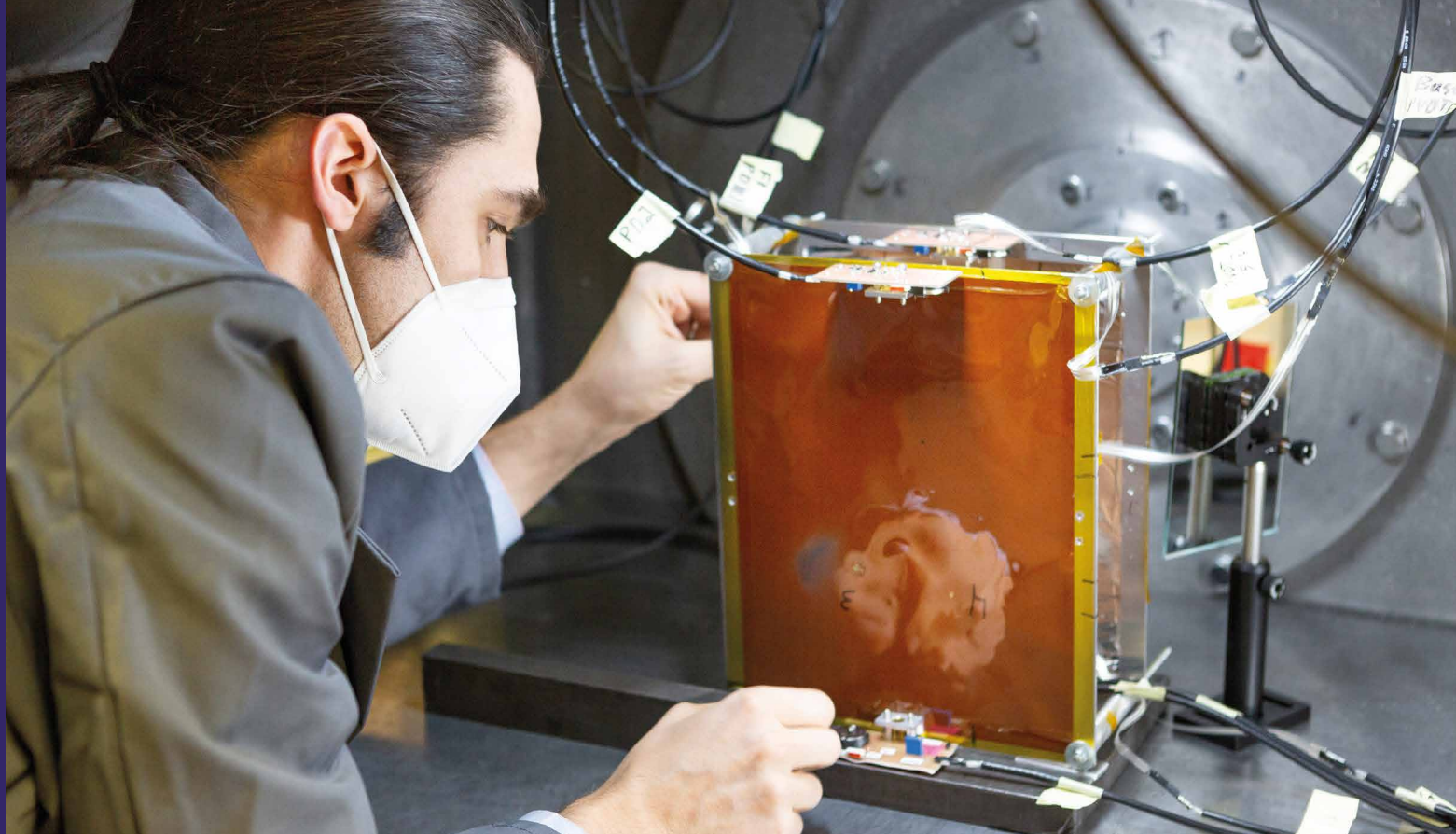
Satellitenkomponenten sind sensibel: Sie dürfen weder zu warm noch zu kalt werden. Im Weltraum, wo mangels Luft die Wärme durch Strahlung abgegeben und aufgenommen wird, ist das Thermalmanagement von Satelliten eine Herausforderung. Um Probleme während einer Mission schon im Vorfeld zu vermeiden, muss das Thermalverhalten im Entwurfsprozess des Satelliten getestet werden. Zur Modellierung der Wärmeflüsse muss die »Sicht« zwischen allen Oberflächen eines Satelliten berechnet werden, wofür Raytracing-Verfahren zum Einsatz kommen. Das Fraunhofer EMI hat einen Softwareprototypen entwickelt, mit dem diese aufwendige Berechnung auf modernen Hochleistungsgrafikkarten hardwarebeschleunigt und damit schneller als bisher durchgeführt werden kann.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/
waermemanagement](https://s.fhg.de/waermemanagement)

System-on-a-Chip- Designs in Klein- satelliten

Kleinsatelliten als Alternative zu konventionellen Satelliten: Durch die hohe Integrationsdichte moderner System-on-a-Chip(SoC)-Designs ist es möglich, Kleinsatelliten mit leistungsfähiger Hardware zu vergleichsweise geringen Kosten zu entwickeln. Handelsübliche SoCs sind aber nicht für den Einsatz im Weltraum vorgesehen, da sich dort aufgrund der starken Strahlung ihre Einsatzdauer und Zuverlässigkeit erheblich verkürzt. Um die Nutzung zu ermöglichen, werden Maßnahmen zur Detektion und Behebung von durch Strahlung ausgelösten Fehlern eingesetzt. Genutzte Methoden sind hier ein »Watchdog«, eine externe Überwachungsinstanz, die im Zweifelsfall Subsysteme neu startet, sowie redundante Subsysteme, die entweder parallel vergleichend oder als Ersatzkomponente arbeiten. Das EMI erforscht derzeit die Entwicklung neuer Maßnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von SoCs.

Weitere Informationen:
s.fhg.de/MPSoC



Errichtung eines Sensoraufbaus in der Testkammer der Space Gun zur Überprüfung des Detektionskonzepts.

Raumfahrtmülldetektor LArID

Am Anbeginn der Raumfahrtära vor 60 Jahren bestand die Befürchtung, dass Raumfahrzeuge einer erheblichen Gefahr durch den Einschlag von Mikrometeoroiden ausgesetzt sind. Daten zur Partikelumgebung im Weltraum bestanden lediglich aus Radarmessungen von Meteoroiden, die als Sternschnuppen sichtbar in die Erdatmosphäre eindringen, sowie der Messung von Zodiakallicht, das durch die Streuung von Sonnenlicht an kleinsten Partikeln entsteht. So bekam die Erforschung der Mikrometeoroiden eine hohe Priorität, und die ersten Sputnik- und Explorersatelliten trugen verschiedene Sensoren zu deren Detektion.

Inzwischen besteht das größte Einschlagsrisiko durch die von Raumfahrtaktivitäten selbst verursachten Rückstände, benannt als Raumfahrtmüll. Deren Erfassung durch bodengestützte Anlagen ist auf Objekte im Zentimeterbereich beschränkt. Die vielfach häufigeren millimetergroßen Weltraummüllobjekte tragen wegen ihrer hohen Geschwindigkeit ein erhebliches Schadenspotenzial für Raumfahrtmis-

sionen. Daher besteht ein großer Bedarf, sie direkt im Orbit zu erfassen. Wegen der extremen Energiedichte eines Hypervelocity-Impakts ist dessen Charakterisierung, speziell die Ermittlung von Geschwindigkeit, Größe und Flugbahn, technisch schwierig.

LArID – Large Area Low Resource Impact Detector

Im Auftrag der ESA haben wir die Entwicklung eines Impaktdetektors begonnen, der auf verschiedenen Missionen zum Einsatz kommen kann. Die Schlüsselmerkmale des LArID genannten Konzepts sind ein modularer Aufbau aus einheitlichen Grundelementen sowie die Kombination von verschiedenen Messprinzipien zur Rückverfolgung der ursprünglichen Impaktbedingungen. Dafür kommen Penetrationsfolien mit Leiterbahnnetzwerken und piezoelektrischen Vibrationssensoren sowie Fotodioden zur Messung des Impaktblitzes zum Einsatz. Nach der erfolgreichen Überprüfung des Sensorkonzepts im Experiment ist die nächste Phase der Entwicklung eines Versuchsmodells gewidmet.



Synthetische Streulichtabbildung einer Trümmerscheibe. © T. Löhne, AIUIFSU Jena



In der Bildmitte ist die externe Plattform von NanoRacks (NREP) auf der ISS zu sehen, auf der bald die EMI-Nutzlast installiert sein wird. © NASA

Entstehung von Trümmerscheiben

In Kooperation mit der Friedrich-Schiller-Universität Jena untersuchen wir die Größenverteilung der Fragmente, die beim Zusammenstoß von Planetesimalen entstehen. Solche Kollisionsprozesse sind die Ursache für die Entstehung der Asteroidengürtel unseres Sonnensystems oder der Trümmerscheiben um ältere Sterne. Sie sind das Ergebnis der Prozesse der Planetenentstehung und liefern wichtige Erkenntnisse über die Evolution und Architektur von Planetensystemen.

In Impaktexperimenten kollidieren wir repräsentative Astromaterialien und beobachten die Fragmentierungsprozesse mit Hochgeschwindigkeitskameras. Der Einsatz eines am EMI entwickelten Partikel-Tracking-Verfahrens bietet ein bisher nicht zugängliches Verständnis der Dynamik der Entstehungsprozesse. Dies wird durch die Identifikation einzelner Fragmente und der Nachverfolgung ihrer Trajektorien erreicht.

Three, two, one – lift-off!

EMI-Technologie zur hochgenauen Temperaturüberwachung wird auf der ISS demonstriert

Mithilfe der EXIST-Forschungstransfer-Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) wird eine am Fraunhofer EMI entwickelte Schlüsseltechnologie demonstriert, die es zukünftig ermöglicht, hochgenaue Temperaturentnahmen der Erde von sogenannten Mikrosatelliten aus zu machen. Diese Satelliten sind nicht viel größer als ein Schuhkarton und damit deutlich günstiger als herkömmliche Weltraummissionen. Das Fraunhofer-Spin-off ConstellR übernimmt dabei die Kommerzialisierung der Technologie mit dem Ziel, die globale Ernährungssicherheit zu unterstützen. Bevor die Technologie zur hochgenauen Temperaturüberwachung zum Einsatz kommt, wird sie zunächst auf der Internationalen Raumstation (ISS) getestet. Derzeit laufen am EMI die Vorbereitungen für die In-Orbit-Demonstration der optischen Nutzlast, um gemeinsam mit der NASA und der Firma Nanoracks im Februar 2022 auf die ISS zu fliegen.

Erste EMI-Ausgründung



ConstellR

Vergleich zwischen der bisherigen Auflösung der Erdbeobachtungsdaten (rechts: 1000-Meter-Auflösung) und der verbesserten Technologie durch ConstellR (links: 50-Meter-Auflösung).

2 km



Das Fraunhofer EMI hat seit 28. April 2020 seine erste Ausgründung. Mit dem Spin-off ConstellR GmbH planen die Gründer Marius Bierdel, Dr. Max Gulde und Christian Mittermaier eine Kleinsatellitenkonstellation zur Vermessung der Oberflächentemperatur unseres Planeten. Ziel ist es, die Ernährungssicherheit der Menschen zu unterstützen, indem die Landwirtschaft mithilfe von satellitengestützter Fernerkundung mit Daten von bisher nicht erreichter Genauigkeit erfasst wird.

Laut Prognose der Vereinten Nationen muss die globale Nahrungsmittelproduktion für eine ausreichende Welternährung in nur 30 Jahren um mehr als 50 Prozent gesteigert werden. Vor dem Hintergrund von Klimawandel, Land- und Wasserknappheit braucht es ein effizienteres und verantwortungsvolles Ressourcenmanagement. Die Nahrungsmittelproduktion hängt maßgeblich von Wasserverfügbarkeit ab, welche wiederum von der Temperatur bestimmt wird. Die genaue Kenntnis der Landoberflächentemperatur erlaubt den optimierten Einsatz von Wasser und reduziert damit das Risiko von Ernteausfällen und irreversiblen Schäden. Smartes Ressourcenmanagement in der Landwirtschaft ist dabei nur einer von zahlreichen Anwendungsfällen, die durch die Verfügbarkeit von präzisen, global verfügbaren Temperaturdaten substantiell profitierten.

Die drei Gründer werden ihre Forschungsarbeit zunächst noch bis August 2022 am Fraunhofer EMI im Rahmen einer EXIST-Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für Existenzgründungen aus der Wissenschaft fortsetzen. Im EXIST-Projekt wird die Kamertechnologie auf der Nanoracks External Platform (NREP) der Internationalen Raumstation (ISS) demonstriert. Im Februar 2022 ist der Flug der wissenschaftlichen Nutzlast zur ISS geplant. Bis zum Abschluss des EXIST-Projekts im August 2022 sind die drei Wissenschaftler Teil der Gruppe Geanalysen der Abteilung Systemlösung unter der Leitung von Prof. Dr. Frank Schäfer.

Seit Herbst 2020 gibt es eine Lizenzvereinbarung zwischen ConstellR und der Fraunhofer-Gesellschaft über Technologien, die am EMI entwickelt wurden und sich derzeit in Patentanmeldung befinden.

Das ConstellR-Gründerteam hat sehr erfolgreich an verschiedenen Akzeleratorprogrammen teilgenommen und konnte hohe Platzierungen in verschiedenen Wettbewerben erzielen.

Seit Oktober 2018 wird ConstellR durch Fraunhofer Venture mit dessen Unterstützungsprogramm für Ausgründungen AHEAD und ab März 2020 durch die Ausgründungsunterstützung des Leistungszentrums Nachhaltigkeit der Universität Freiburg und der Fraunhofer-Gesellschaft gefördert.

www.constellr.space

Kontakt: Dr. Max Gulde

max.gulde@emi.fraunhofer.de



Prof. Dr. Frank Schäfer

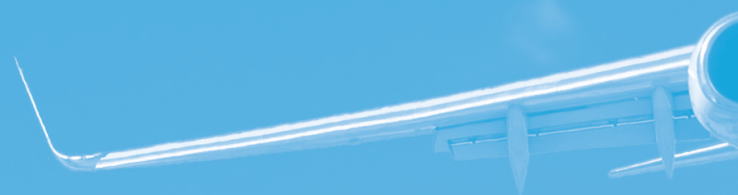
frank.schaefer@emi.fraunhofer.de

Geschäftsfeld
Luftfahrt



Die Verbreitung von Flugdrohnen stellt eine Gefahr für den Luftverkehr dar. Das Fraunhofer EMI erforscht Methoden zur Bewertung der Kollisionsszenarien als Grundlage für adäquate Schutzmaßnahmen.

© Adobe Stock



Geschäftsfeld Luftfahrt

»If you can walk away from a landing, it's a good landing. If you can use the airplane the next day, it's an outstanding landing.«

*Chuck Yeager (1923–2020),
US-Testpilot und erster Mensch, der
die Schallmauer durchbrochen hat.*

Im Geiste von Chuck Yeager hat die Sicherheit oberste Priorität im Luftverkehr. Daher befassen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Fraunhofer EMI mit der Erforschung sicherheitsrelevanter Technologien für die Luftfahrtindustrie. Die folgenden Beiträge zeigen einen kleinen Ausschnitt dieser Aktivitäten.



Dr. Michael May
Geschäftsfeldleiter Luftfahrt
michael.may@emi.fraunhofer.de

s.fhg.de/emi-luftfahrt

Technologie für robuste Sensoren

Sensorsysteme sind Schlüsselemente zur Erfassung von Umgebungsgrößen und werden in Industrie 4.0 für die intelligente Steuerung von Prozessen immer wichtiger. Unter rauen Betriebsbedingungen wie hohen Temperaturen, hoher mechanischer Belastung oder aggressiven Umgebungen kann jedoch keine Standardelektronik verwendet werden. Acht Fraunhofer-Institute haben daher ihre Kompetenzen in den Bereichen Sensoren, Mikroelektronik, Aufbau- und Verbindungstechnik, Umweltsimulation und Zuverlässigkeitsanalyse gebündelt, um eine Technologieplattform für Sensorsysteme zu schaffen, die unter extremen Bedingungen arbeiten.

Steigender Bedarf an intelligenten Sensorsystemen für extreme Umgebungsbedingungen

Zuverlässige Sensorsysteme werden für die intelligente Steuerung industrieller Prozesse immer wichtiger. In einem typischen Sensorsystem nehmen Sensoren Informationen aus der Umgebung auf und wandeln sie in elektrische Signale um. Eine dedizierte Signalaufbereitungsschaltung führt zum Beispiel Offsetkompensation, Verstärkung, Filterung und Analog-Digital-Wandlung aus. Die weitere Verarbeitung erfolgt häufig durch einen Mikrocontroller, welcher die nötige Rechenleistung und einen Speicher für Identifikations- und Kalibrierungsdaten bereitstellt. Standardschnittstellen wie CAN (Controller Area Network) oder RS-485 (Recommended Standard) werden üblicherweise für die Verbindung mit einem übergeordneten System verwendet, sodass sie mit Industrie-4.0-Prozessen interagieren können.

Während in vielen Alltagsgegenständen hochintegrierte Sensorsysteme bereits Stand der Technik sind, ist die Situation in einem industriellen Umfeld deutlich anders. Hier war der Einsatz solcher Sensorsysteme bisher oft nicht möglich, da die extremen Umgebungsbedingungen industrieller Prozesse wie hohe Betriebstemperaturen, starke mechanische Belastung oder eine feuchte oder chemisch aggressive Umgebung keinen zuverlässigen Betrieb empfindlicher elektronischer Bauteile ermöglichen. Aufgrund der Forderung nach Energie- und Ressourceneinsparungen sowie umweltfreundlichen Prozessen ist jedoch eine detaillierte Prozesssteuerung erforderlich, und die Überwachung wichtiger Prozessparameter unter extremen Bedingungen wird immer wichtiger. Anwendungen finden sich in verschiedenen Bereichen wie der Stahlindustrie, in Flugzeugtriebwerken und stationären Turbinen sowie bei Tiefbohrungen für Öl, Gas oder Geothermie.



Flugtriebwerke stellen hohe Anforderungen an Sensorsysteme, die unter extremen Bedingungen arbeiten müssen. © Adobe Stock



Zielsetzung des Fraunhofer-Leitprojekts eHarsh

Die Realisierung solcher Sensorsysteme erfordert einen multidisziplinären Ansatz, der unter anderem das Design zuverlässiger Sensorelemente, integrierter Hochtemperaturschaltungen und geeigneter Montage- und Gehäusetechniken umfasst. Daher haben acht Fraunhofer-Institute ihre Kompetenzen gebündelt und das Fraunhofer-Leitprojekt eHarsh initiiert. Die Projektteilnehmer entwickeln in einer gemeinsamen Strategie alle erforderlichen Technologien für den Entwurf und Test robuster Sensorsysteme für raue Umgebungen. Zwei Demonstratoren sind geplant, um die erfolgreiche Implementierung der Technologieplattform zu demonstrieren: Der erste ist ein Drucksensorsystem für Luftfahrtanwendungen, zum Beispiel zum Einsatz an einem Flugtriebwerk, bestehend aus Sensorelement, Mikroelektronik und speziellem Keramikplatten-Design für Temperaturen bis 300 Grad Celsius



Dr. Sebastian Schopferer

sebastian.schopferer@emi.fraunhofer.de



(an der Sensorspitze bis 500 Grad Celsius). Das zweite ist ein Sensorsystem für Geothermieanwendungen bei Temperaturen bis zu 300 Grad Celsius und Drücken bis zu 2000 Bar.

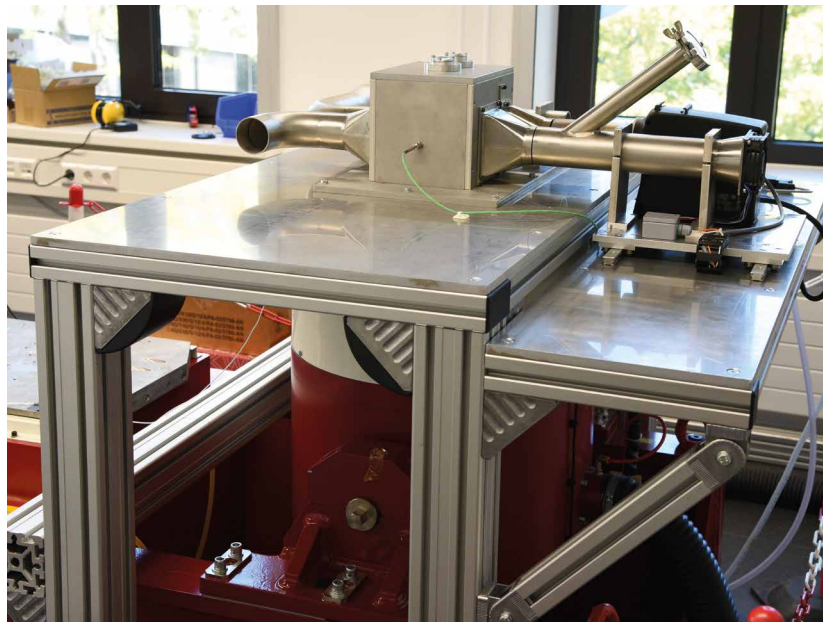
Entwicklung der eHarsh-Technologieplattform und Tests unter rauen Bedingungen

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Technologien und Komponenten entwickelt, darunter hochtemperaturfähige Druck- und Temperatursensoren auf Keramikbasis, ein integrierter Chipsatz zur Signalkonditionierung und -verarbeitung mit Betriebstemperaturen von bis zu 300 Grad Celsius

sowie verschiedene Montage-, Aufbau- und Verbindungstechnologien. Die Entwicklungen wurden von einer Zuverlässigkeitsanalyse sowie einem umfassenden Charakterisierungsprogramm bezüglich Robustheit begleitet. Für den Test der Komponenten und Demonstratoren unter rauen Umgebungsbedingungen hat das Fraunhofer EMI dedizierte Teststände aufgebaut, mit denen auch kombinierte Belastungen erzeugt werden können, die spezifisch auf den Anwendungsbereich der Demonstratoren zugeschnitten sind. Im weiteren Projektverlauf werden diese Demonstratoren nun fertiggestellt und unter den rauen Bedingungen der geplanten Anwendungen ausgiebig getestet.

Im Projekt eHarsh wurde ein keramisches Sensorelement zur Druck- und Temperaturmessung entwickelt. Hier befindet es sich in einem Edelstahlgehäuse zum Einschrauben in einen Teststand zur dynamischen Druckprüfung.

Prüfstand zum Test des Triebwerksensordemonstrators unter kombinierter Temperatur- und Vibrationsbelastung.





Für das 3D-gedruckte Flugzeugscharnier konnte eine materialeffiziente Geometrie entwickelt werden.

3D-gedruckte Türaufhängung im Video

Türaufhängung mit SAAB als Projektpartner – virtuelle Demonstration der Ergebnisse

Die Nutzung der Designfreiheiten im 3D-Druck mit neuen Technologien für Konstruktion, Fertigung und Qualitätssicherung ist ein wichtiges Innovationsfeld in der Luftfahrt. Neben weiter erhöhter Materialeffizienz im Leichtbau spielt vor allem auch die gleichbleibend hohe Sicherheit von Konstruktionslösungen eine wichtige Rolle für die Forschung.

Zwei unterschiedliche 3D-gedruckte Türaufhängungen für Verkehrsflugzeuge

Gefördert durch das europäische Forschungsprogramm Clean Sky 2, entwickelte das Fraunhofer EMI zwei unterschiedliche 3D-gedruckte Türaufhängungen für Verkehrsflugzeuge. Wir entwickelten neue Konstruktionsmethoden, basierend auf Algorithmen der Topologieoptimierung, die neben einem effizienten Kraftfluss gleichzeitig auch die Ausfallsicherheit durch alternative, zum Teil redundante Lastpfade sicherstellen. Diese neue Methodik wurde für zwei hochbelastete Türaufhängungen für jeweils verschiedene Systemkonzepte der umliegenden Baugruppe einer Flugzeugladeklappe angewendet.

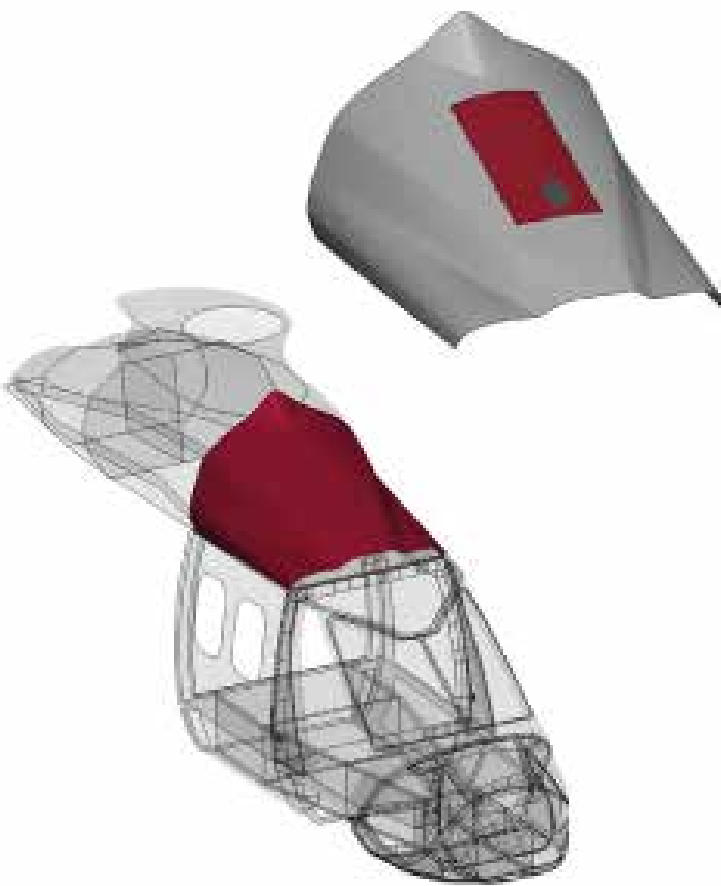
Im Ergebnis weiterer Untersuchungen konnten Leitlinien erarbeitet werden, die in Zukunft die

Anwendung des 3D-Drucks für topologieoptimierte Aluminiumbauteile erleichtern sollen.

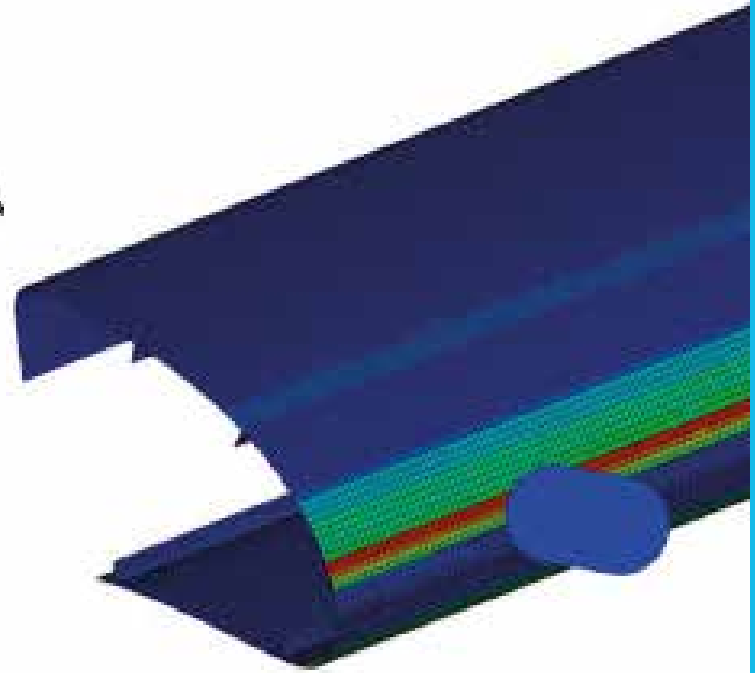
Nach Projektabschluss am EMI beschäftigen sich Teilprojekte des Partners SAAB weiterhin mit der Integration der vom EMI entwickelten Bauteile in neue Systemkonzepte für Ladeklappen. Im Rahmen eines virtuellen Demonstrationsevents wurden diese vorgestellt, und auch das EMI hatte die Möglichkeit, noch einmal die Ergebnisse in einem kurzen Video (siehe Link) darzustellen.



This project has received funding from the Clean Sky 2 Joint Undertaking under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. CS2-AIR-GAM-2018.



Untersuchtes Hubschrauberbauteil.



Finite-Elemente-Modell des Vogelimpakts auf eine Morphing Leading Edge.

CFK – mal anders gedacht

Müssen Verbundwerkstoffe immer symmetrisch sein?

Kohlenfaserverstärkte Verbundwerkstoffe (CFK) zeichnen sich durch hervorragende gewichtsspezifische Eigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit) aus, wodurch sie für die Luftfahrt von besonderem Interesse sind. Zur Herstellung von CFK-Strukturen werden dünne Schichten unidirektional angeordneter Fasern übereinander positioniert und entsprechend den Anforderungen orientiert. Momentan verwendet man meist symmetrische Laminataufbauten, um einem Bauteilverzug entgegenzuwirken. Impaktlasten stellen aber keine symmetrische Belastung für das Bauteil dar. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des Fraunhofer EMI haben am Beispiel eines Helikopters untersucht, ob unkonventionelle, ebenfalls verzugsfreie Laminataufbauten zu einer Leistungssteigerung führen können. Die Ergebnisse wurden in Composites Part C publiziert (siehe Link).

Link zum Paper:
[s.fhg.de/paper-cfk](https://www.s.fhg.de/paper-cfk)

Morphen – aber sicher!

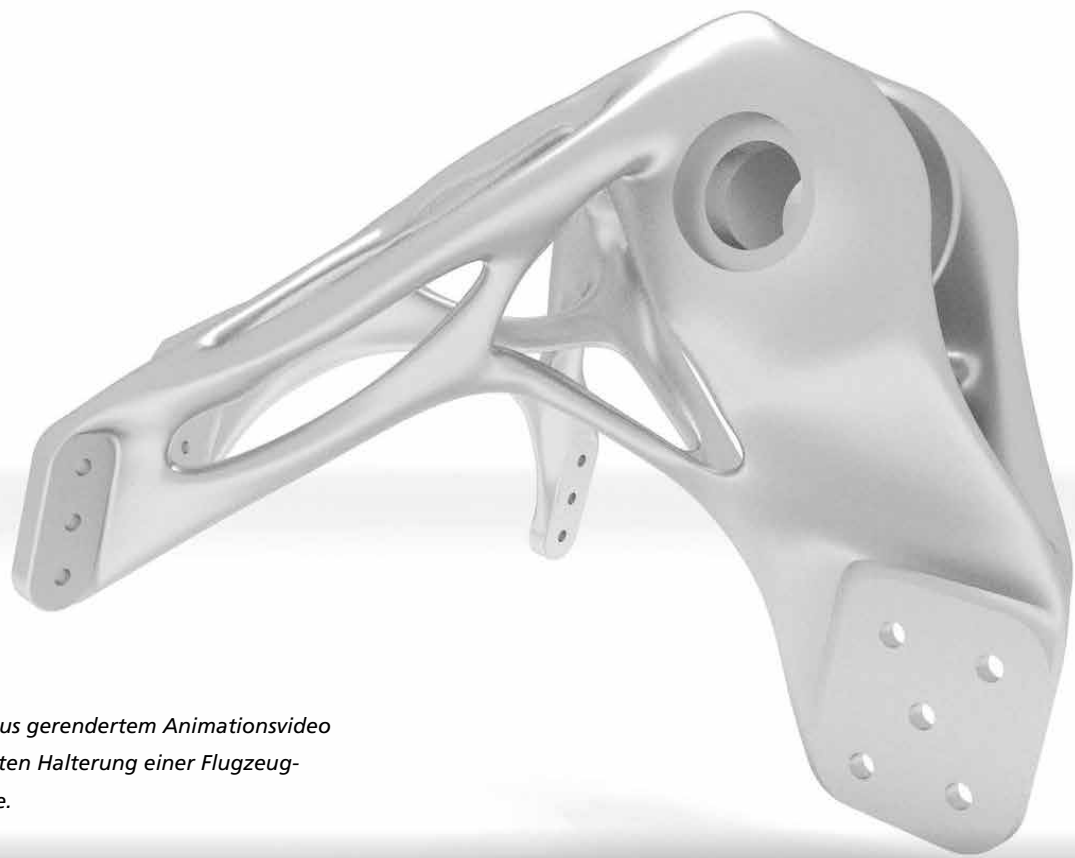
Morphen – eine Zukunftstechnologie

Einen Beitrag zum Luftverkehr von morgen liefert die Fraunhofer-Gesellschaft mit der »Morphing Leading Edge«: der verformbaren Flügelvorderkante, die sich den aerodynamischen Anforderungen anpasst. Bei Start und Landung vergrößert sie die Wölbung des Flugzeugflügels und damit seinen Auftrieb, ohne dass sich, wie sonst üblich, Spalte öffnen, die Luftwiderstand und Lärm erzeugen.

Die Gefahr durch einen Zusammenprall mit Vögeln

Im ungünstigsten Fall kann eine Kollision mit Vögeln starke Schäden am Flugzeug und somit eine Notlandung bedingen. Im Rahmen des Forschungsprogramms Clean Sky 2 untersuchten Forscher und Forscherinnen des EMI mithilfe numerischer Simulation, inwiefern eine verformbare Flügelvorderkante den hohen Sicherheitsanforderungen gerecht werden kann. Die Ergebnisse wurden in Composites Part C (siehe Link) veröffentlicht.

Link zum Paper:
[s.fhg.de/paper-morphen](https://www.s.fhg.de/paper-morphen)



Bildausschnitt aus gerendertem Animationsvideo der 3D-gedruckten Halterung einer Flugzeugladeraumklappe.

#WeKnowSolutions

Präsentation einer 3D-gedruckten Halterung bei den Fraunhofer Solution Days

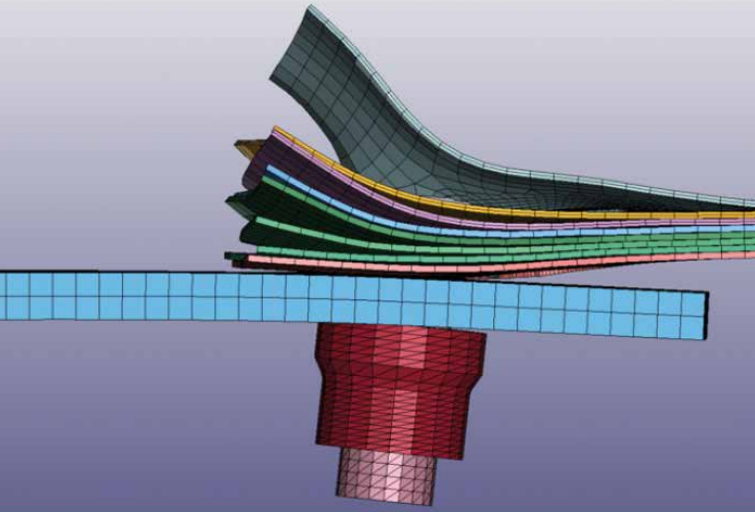
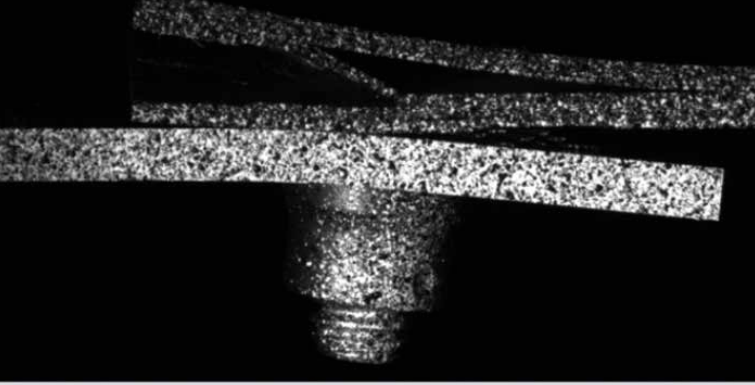
Unter dem Motto »Präsentation. Inspiration. Vision« fand im Oktober 2020 das digitale Fraunhofer-Event Solution Days statt. Neben vielen anderen Technologie-Highlights gab es den Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Aviation. Der Mobilitätssektor befindet sich verstärkt auch im Bereich der Luftfahrt im Wandel hin zu klimafreundlichen Lösungen. Wichtige Schlüsselkomponenten für das Fliegen der Zukunft sind dabei leichte und trotzdem den hohen Anforderungen an Sicherheit und Stabilität Genüge leistende Bauteile. Das Fraunhofer EMI präsentierte eine 3D-gedruckte Halterung für Laderaumklappen an Passagierflugzeugen.

Hierfür wurde ein Animationsvideo erstellt, welches einen Rundumflug um das Bauteil zeigt. Zu sehen ist dabei die komplexe Konstruktion, die mit speziell angepassten Algorithmen für die Methode der Topologieoptimierung erstellt wurde. Diese ist ausschließlich mit dem 3D-Druck herstellbar und durch das Ausnutzen der damit verbundenen Designfreiheit deutlich leichter als vergleichbare konventionelle Konstruktionslösungen.

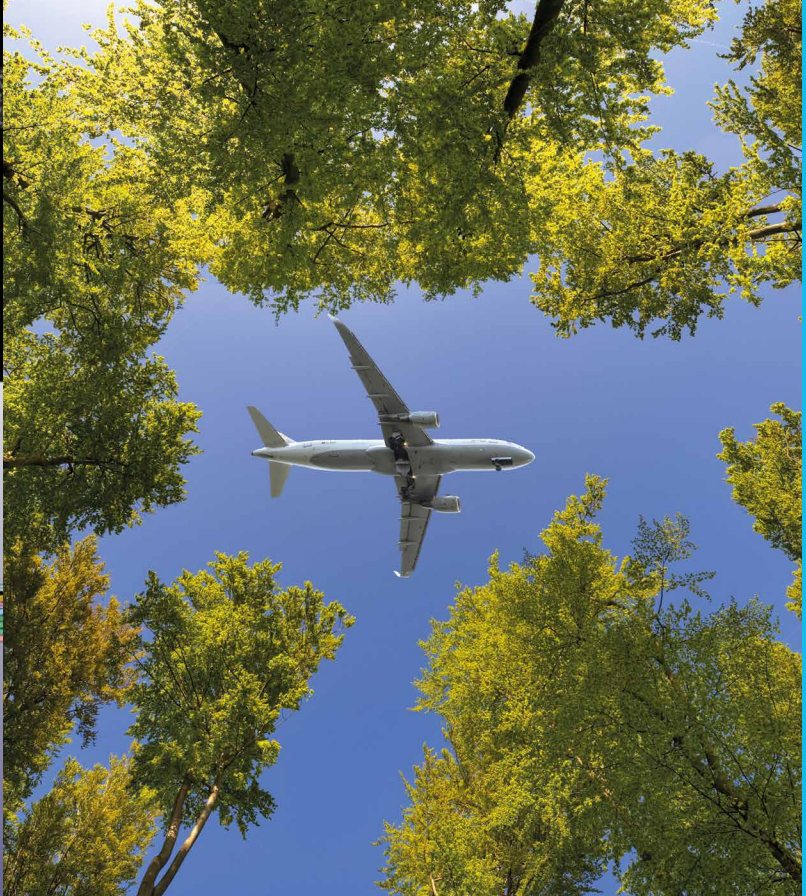
Zu erkennen sind auch die Anschlusspunkte zu weiteren Bauteilen. Das Bauteil bildet die Schnittstelle zwischen der Außenhaut der Klappe und dem hydraulischen Öffnungsmechanismus. Durch diese wesentliche Position in der Baugruppe muss es eine Vielzahl von Belastungsszenarien erfüllen und die Kräfte mit hoher Ausfallsicherheit an die umliegenden Bauteile übertragen. Die eingesetzte Topologieoptimierung findet auf automatisierte Weise eine sehr materialeffiziente Lösung für die Geometrie, die auf die bestehenden Belastungen optimiert ist. Zusätzlich erarbeiteten wir algorithmische Anpassungen, die gezielt die Sicherheit der Funktion verbessern. Das Bauteil erfüllt somit das Ziel eines sicheren Leichtbaus.



This project has received funding from the Clean Sky 2 Joint Undertaking under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. CS2-AIR-GAM-2018.



Komplexes Versagen einer hybriden Verbindung im Experiment (oben) und in der Simulation (unten).



Clean Aviation hat eine umweltverträgliche Luftfahrt zum Ziel. © Adobe Stock

Multi-Material-Leichtbau

Die Anforderungsprofile für Missionen der Luftwaffe stellen höchste Ansprüche an die Leistungsfähigkeit militärischer Flugzeuge. Daher nimmt die militärische Luftfahrt oft eine Vorreiterrolle ein. Neben Sensorik, Elektronik und Bewaffnung kommt insbesondere der Struktur eine besondere Bedeutung zu: Um Reichweite und Nutzlast des Flugzeugs zu maximieren, muss sie leicht sein, gleichzeitig aber eine hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit bei extremen Flugmanövern und Schutz bei Beschuss sicherstellen. Dies gelingt mithilfe von intelligentem Multi-Material-Leichtbau, der die Prämisse verfolgt: »Der richtige Werkstoff am richtigen Ort«. Am Fraunhofer EMI wurde das Verhalten verschiedener Fügeverfahren in Experiment und Simulation untersucht. Es steht jetzt eine Toolbox aus experimentellen und numerischen Methoden zur Verfügung, welche die Untersuchung verschiedenster Fügeverfahren unter quasi-statischer und dynamischer Belastung ermöglicht.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/
multi-material-leichtbau](https://www.s.fhg.de/multi-material-leichtbau)

Clean Aviation

Fortsetzung der öffentlich-privaten Partnerschaft in der europäischen Luftfahrtforschung

Im Rahmen des neuen EU-Forschungsrahmenprogramms Horizon Europe wird die unter Clean Sky bekannte Partnerschaft zur Luftfahrtforschung mit Beteiligung der Fraunhofer-Gesellschaft fortgesetzt. In Clean Aviation will die europäische Luftfahrtindustrie und -forschung zusammen mit der EU-Kommission auf dem Weg zu einem klimaneutralen Luftfahrtsystem vorangehen und neue globale Standards für eine sichere, zuverlässige, bezahlbare und saubere Luftfahrt setzen. Im Fokus der hierfür entwickelten Forschungsagenda stehen – immer unter Einhaltung hoher Sicherheitsstandards – die Erforschung und Weiterentwicklung neuer, klimaverträglicherer Technologien, die deutliche Reduzierung von Kohlenstoff, Elektrifizierung, Wasserstoff- oder auch hybridelektrische Antriebe sowie die Digitalisierung.

Leistungszentrum
Nachhaltigkeit
Freiburg



LEISTUNGSZENTRUM NACHHALTIGKEIT FREIBURG

Eine gemeinsame Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft und der Universität Freiburg



*Im Leistungszentrum Nachhaltigkeit werden Lösungen
für eine nachhaltige Zukunft entwickelt.*

© Adobe Stock

Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg


Die Internationalisierung und die Verstetigung des Zwei-Säulen-Modells aus Forschung und Transfer stehen in der aktuellen dritten Phase des Leistungszentrums Nachhaltigkeit (LZN) im Fokus. Gemäß dem Motto »LZN goes international« werden gleich zwei internationale Forschungsvorhaben durch das LZN gefördert. In der Transferinitiative Österreich »Smart Urban Road Safety (SURF)« wird unter der Leitung des Fraunhofer EMI die Entwicklung eines internationalen Verkehrssicherheitszentrums vorbereitet. In der Transferinitiative Finnland »Forest Resilience (FORESEE)« adressiert ein Konsortium der Fraunhofer-Institute EMI, IWM und IPM gemeinsam mit dem Finnish Geospatial Research Institute (FGI) das Thema nachhaltige Bewirtschaftung und Digitalisierung der Wälder. Dem bewährten Konzept aus Forschung und Transfer wird auch in diesem Jahr wieder Rechnung getragen – in insgesamt neun Pilot- und Scalingprojekten werden im LZN sowohl Grundlagenforschung als auch Anwendungsorientierung gefördert.



Dr. Juri Lienert

Leiter der Geschäftsstelle
des Leistungszentrums Nachhaltigkeit
juri.lienert@emi.fraunhofer.de

www.leistungszentrum-nachhaltigkeit.de



Die Verstetigung der Zwei-Säulen-Struktur aus Forschung und Transfer stehen im Mittelpunkt der dritten Phase des LZN.

Die dritte Phase des Leistungszentrums Nachhaltigkeit

Das Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg (LZN) ist eine Kooperation der Freiburger Fraunhofer-Institute EMI, IAF, IPM, ISE und IWM, der Albert-Ludwigs-Universität (ALU) Freiburg und weiterer außeruniversitärer Forschungseinrichtungen und Partner. Das LZN verfolgt seit seiner Gründung im Jahr 2015 das Ziel, die Forschung an Technologien und Lösungen für eine nachhaltige Entwicklung zu fördern sowie diese in die Anwendung zu bringen. Unterstützt wird dies durch eine umfassende Transferinfrastruktur mit passgenauen Transfermaßnahmen, die dem gesamten LZN-Netzwerk zur Verfügung stehen.

Verstetigung der Zwei-Säulen-Struktur aus Forschung und Transfer

In der aktuellen dritten Phase des LZN mit einer Projektlaufzeit vom 1. März 2021 bis 31. Dezember 2021 steht die Verstetigung der etablierten Zwei-Säulen-Struktur aus Forschung und Transfer im Mittelpunkt. In insgesamt neun Forschungs-

projekten innerhalb der Themenschwerpunkte Sustainable Materials, Energy Systems und Resilience Engineering werden in fünf Kooperations- und vier Einzelprojekten Technologien mit einem Technologiereifegrad zwischen TRL 3 und 5 (Projektformat Pilotprojekt) beziehungsweise zwischen TRL 6 und 8 (Projektformat Scalingprojekt) erforscht. Bei den vier Einzelprojekten handelt es sich um Fortführungen bisheriger Demonstratorprojekte aus Phase II mit Anschlussfähigkeit der ALU Freiburg. Durch die Verknüpfung von Pilot- und Scalingprojekten können bereits durch das LZN entwickelte Technologien aus Phase I und Phase II in eine nächste Entwicklungsphase überführt werden.

Die zweite wesentliche Säule des LZN umfasst den Transfer von Forschung in Wirtschaft und Gesellschaft. Durch passgenaue Formate und Maßnahmen werden alle Fraunhofer-Transferpfade im LZN adressiert, um Technologietransfer zu fördern und zu ermöglichen.



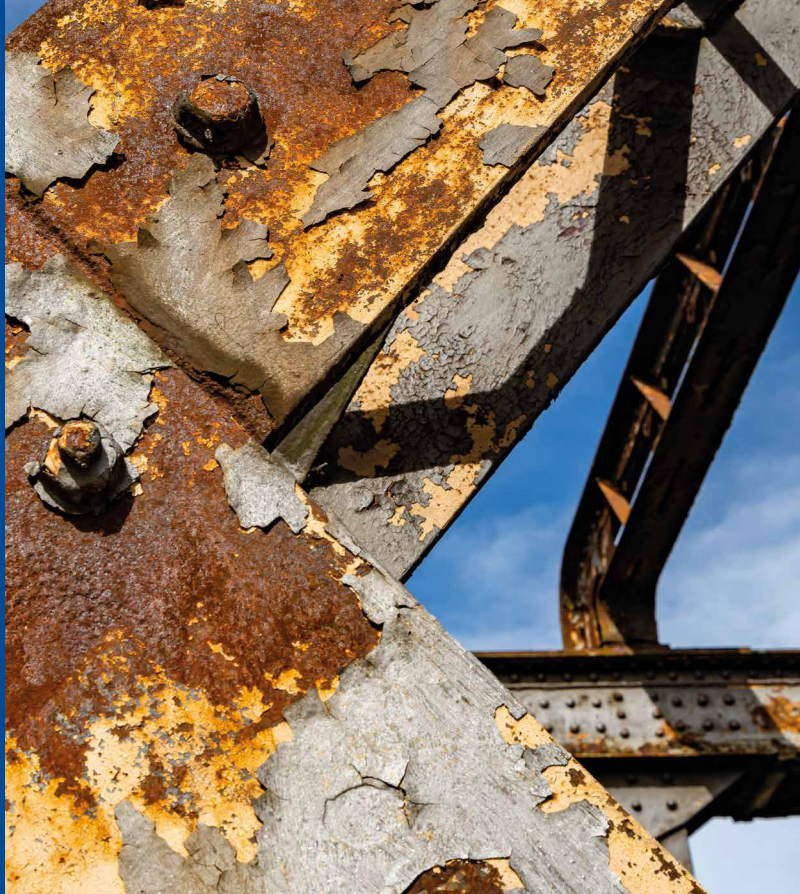
Das Leistungszentrum Nachhaltigkeit fördert den Transfer wissenschaftlicher Ergebnisse in Wirtschaft und Gesellschaft. © Getty Images

EMI-Forschungsprojekte im LZN

Projekt MultiTrace

Im Projekt MultiTrace werden Technologien weiterentwickelt, die das Thema Nachhaltigkeit aus unterschiedlichen Perspektiven zusammenführen. Hierbei handelt es sich einerseits um einen neuartigen Prozess, der das Recycling hochwertiger Composite-Werkstoffe ermöglicht. Für diesen Prozess der Rückgewinnung unidirektional faserverstärkter Tapes – hier am Anwendungsbeispiel von Wasserstofftanks für nachhaltige Fahrzeuge – sollen mikromechanische Aspekte untersucht und in prognosefähige Simulationsmodelle überführt werden. Zusätzlich geht es um den nachhaltigen Umgang der digitalen Assets entlang dieser Prozesskette: Semantische Technologien ermöglichen die gemeinsame Nutzung von Daten und Modellen aus unterschiedlichen Quellen und mit heterogenen Formaten, sodass diese wiederverwertet

und Informationen zurückverfolgt werden können. Diese »digitale Traceability« ermöglicht zuverlässige und nachvollziehbare Aussagen über die Qualität und Möglichkeiten der Weiterverwertung der rückgewonnenen Composite-Tapes.



Korrosion kann zu Sicherheitsmängeln an Bauteilen führen. © Adobe Stock

Projekt KorrFu

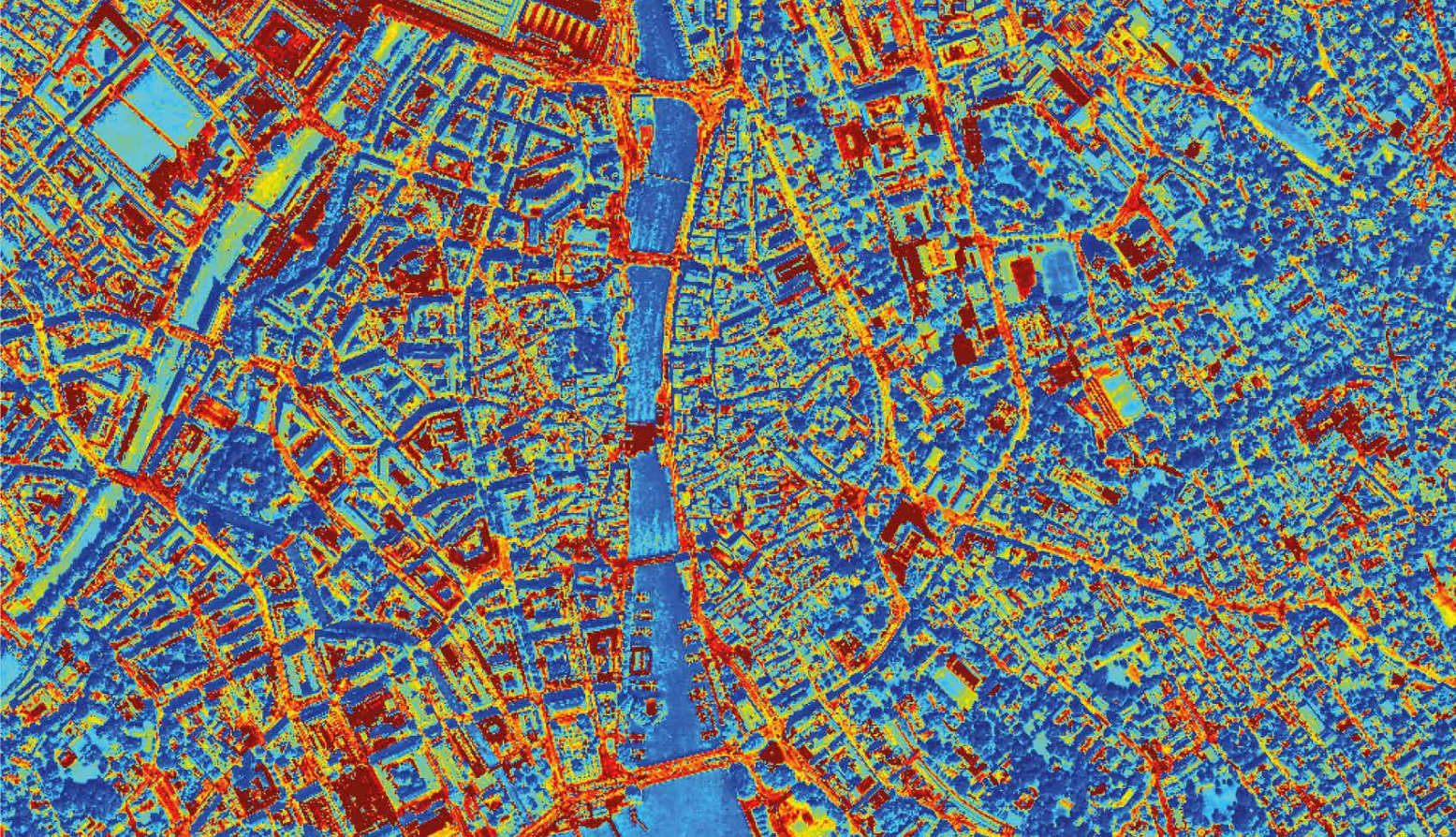
Im Projekt KorrFu arbeiten Forschende des Fraunhofer EMI gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen des Fraunhofer ISE sowie des Fraunhofer IWM an der Untersuchung der Wirkzusammenhänge von korrosiven Belastungen und ihrem Einfluss auf relevante Bauteileigenschaften. Das Projekt dient dem wissenschaftlichen Lückenschluss zwischen oberflächlich sichtbaren Korrosionseffekten und der damit einhergehenden Beeinträchtigung der mechanischen Bauteilstabilität. Daraus können Prognosen zur Bauteilsicherheit abgeleitet werden. Ziele sind dabei neben der Verbesserung der Degradationsprognose auch insbesondere die Bewertung angepasster und nachhaltiger Korrosionsschutzmaßnahmen, um langfristig die Bauteilfunktion bewahren zu können.



Eine großflächige Photovoltaikanlage mit partieller Verschattung. © SentinelHub

Projekt Geoweather

Das Projekt Geoweather beschäftigt sich mit der Optimierung von Ertragsprognosen für Photovoltaikanlagen mithilfe satellitenbasierter Fernerkundung. Durch Strahlungsprognosen, basierend auf Messdaten geostationärer Wettersatelliten, werden Photovoltaik-Prognosemodelle durch maschinelle Lernverfahren für unterschiedliche meteorologische Bedingungen optimiert. Darüber hinaus soll untersucht werden, inwieweit die Analyse höher aufgelöster multispektraler Erdbeobachtungsdaten aus niedrigeren Orbits die bestehenden Verfahren verbessern können.



Zürich aus Sicht eines Infrarotsensors (Simulation). Es lassen sich kalte Bereiche (Grünanlagen und Wasserflächen) sehr gut von warmen Bereichen (Teer, Beton, Industrie) unterscheiden. © ConstellR

Projekt ConstellR

Die Gründungsunterstützung als Beispiel für erfolgreichen Transfer

Ein Beispiel für ein erfolgreiches Transferformat im Bereich Ausgründung ist die Gründungsunterstützung des LZN, mit der auch das EMI-Start-up ConstellR gefördert werden konnte. Bei der Gründungsunterstützung werden die geförderten Teams durch die Teilnahme an einem Accelerator-Programm, zum Beispiel des Grünhofs Freiburg oder des BadenCampus, mit der lokalen und regionalen Gründungsszene vernetzt. Durch eine finanzielle Unterstützung mit Personal- und Sachmitteln wird es den Gründungsteams ermöglicht, sich für einen längeren Zeitraum voll auf die Ausgründung zu konzentrieren.

Im Jahr 2020 konnten insgesamt vier Teams aus dem Freiburger Fraunhofer-Kontext von der Gründungsunterstützung profitieren. Die geförderten Start-ups decken eine große Bandbreite an adressierten Nachhaltigkeitslösungen ab: nachhaltiger Mobilfunk (WeTell), nachhaltige dezentrale Energieversorgung (Greenventory) sowie Sensorik im Bereich gasförmiger Umgebungsgifte (T-Wave).

Am Fraunhofer EMI konnte das Team von ConstellR gefördert werden. Das Ziel von ConstellR ist es, durch die Anwendung von Satellitenfernerkundungsdaten im thermalen Infrarot (TIR) einen wichtigen Beitrag zum landwirtschaftlichen Informationsmanagement zu leisten und somit den Folgen des Klimawandels zu begegnen. Im Förderzeitraum konnte ConstellR ein wichtiges Softwareprodukt für den Erdbeobachtungsmarkt entwickeln und als Web-App integrieren. Gleichzeitig konnte das Team am Accelerator-Programm des Smart Green Accelerators der Grünhof GmbH teilnehmen und hier wertvollen Input zu Themen wie agilem Arbeiten oder Businessmodellentwicklung mitnehmen. Mithilfe des Programms wurde außerdem die erste Finanzierungsrunde im Förderprogramm »Pre-Seed« der L-Bank erfolgreich abgeschlossen.

Weitere Informationen:
constellr.space



Weltweit begehrter Studiengang: Beim Master »Sustainable Systems Engineering« kommen auf einen Studienplatz über 20 Bewerbungen. © INATECH

Das INATECH – Transfer durch Köpfe

Mit dem Ziel, den Standort Freiburg als international anerkannten Standort für ingenieurwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung zu etablieren, wurden im vergangenen Jahr im Transferbereich neue exzellente Köpfe für die Professuren des Instituts für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH) in Freiburg gewonnen. Zusätzlich wurden weitere Nachwuchstalente mit einer nachhaltigkeitsorientierten Sichtweise ausgebildet. Der Ausbau des INATECH schreitet weiter voran. Mittlerweile sind 9 von bislang 14 vorgesehenen Professuren besetzt. Dem Ruf des INATECH ist auch Dr. Alexander Stolz, Abteilungsleiter für Sicherheitstechnologie und Baulicher Schutz am EMI, gefolgt. Er besetzt die Professur für Resilienz Technischer Systeme.

Auch im Bereich Fachkräfteausbildung setzt das INATECH seinen erfolgreichen Weg fort: Der deutschsprachige Bachelorstudiengang

»Sustainable Systems Engineering« startete im Wintersemester 2018/2019 mit insgesamt 45 Studierenden. Auch der gleichnamige englischsprachige Masterstudiengang erfreut sich weiterhin großer Beliebtheit: Für 40 vorhandene Plätze gingen über 800 Bewerbungen im Wintersemester 2020/2021 ein.

Weitere Informationen:
[imatech.de](https://www.imatech.de)



Im Projekt I4C werden digital-ökologische Innovationen in Form von Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) entwickelt. © Adam Lipinski, Fraunhofer IPM

I4C – Intelligence for Cities

Im Verbundprojekt »I4C – Intelligence for Cities« werden mithilfe künstlicher Intelligenz (KI) Methoden und Maßnahmen entwickelt, durch die sich Städte an den Klimawandel anpassen können. KI-gestützte Methoden eignen sich für die Modellierung komplexer urbaner Strukturen und für die Entwicklung von Schutzstrategien sehr gut. Im Projekt soll mithilfe maschinellen Lernens ein 3D-Modell von Freiburg mit klimatischen Vorhersagen und Simulationen kombiniert werden. Darin werden gefährdete Orte visualisiert und Risiken identifiziert. Die Arbeit mit KI wird ethisch und datenschutzrechtlich begleitet. Das Projekt wird von der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und den Fraunhofer-Instituten ISE sowie IPM durchgeführt und von Unternehmen und Behörden der Stadt Freiburg beratend unterstützt. Gefördert wird es vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und der Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) gGmbH.

Weitere Informationen:
[s.fhg.de/i4c](https://www.s.fhg.de/i4c)

Internationalisierung des LZN

Neu sind seit diesem Jahr zwei Internationalisierungsinitiativen am LZN. Als Teil der Transferoffensive »Internationalisierung der Leistungszentren« verfolgt das LZN mit der Transferinitiative Österreich und der Transferinitiative Finnland eine Skalierung auf internationaler Ebene.

Die Transferinitiative Finnland FORESEE (FOrest RESiliEncE) adressiert mit dem Finnish Geospatial Research Institute (FGI) das Thema nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder und hier insbesondere die Förderung der Digitalisierung der Forstwirtschaft. Die Transferinitiative Österreich SURF (Smart Urban Road Safety) wird in Zusammenarbeit mit der TU Graz in den drei Schwerpunkten intelligente Verkehrsbeobachtung, Unfallsimulation und Verletzungsprognose sowie Batteriesicherheit zur Erhöhung der Sicherheit des aktuellen und zukünftigen, multimodalen und elektrifizierten Verkehrs beitragen.

Verwaltung und
Infrastruktur

ZAHLEN & FAKTEN



Verwaltung

»Wir sind gut aufgestellt und können optimistisch in die Zukunft blicken.«

Petra Groß, Verwaltungsleiterin

|

Nach über einem Jahr im Zeichen der Pandemie hat das EMI seine Resilienz bewiesen. Viele Prozesse in der Verwaltung waren bereits digital etabliert, dadurch konnten wir im März 2020 den Wechsel ins Homeoffice reibungslos bewältigen. Wir haben eine neue Arbeitsgruppe »New Work« ins Leben gerufen, in der ein divers zusammengestelltes Team Modelle für eine bessere Work-Life-Balance und flexibles Arbeiten entwickelt. Das betriebliche Gesundheitsmanagement wurde mit Angeboten für das Homeoffice ausgeweitet, neue Digitalisierungsprozesse in den Bereichen Recruiting und Personalentwicklung schreiten weiter voran. Kollaborative Systeme wie Microsoft Teams haben uns die Zusammenarbeit deutlich erleichtert und dazu beigetragen, dass wir in manchen Bereichen noch effizienter wurden.

Trotz aller Widrigkeiten, die das vergangene Jahr auch gebracht hat: Wir sind gut aufgestellt und können optimistisch in die Zukunft blicken.



Petra Groß

Verwaltungsleiterin

petra.gross@emi.fraunhofer.de

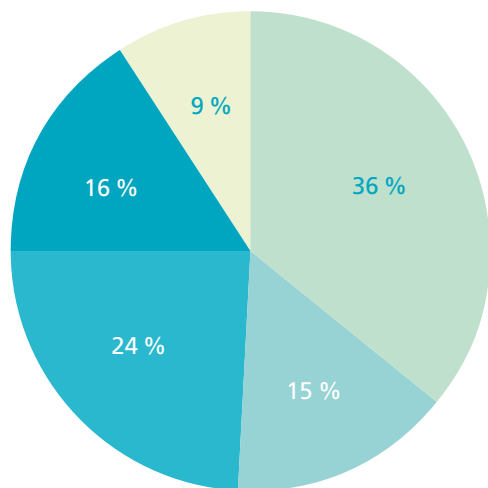


© Adobe Stock

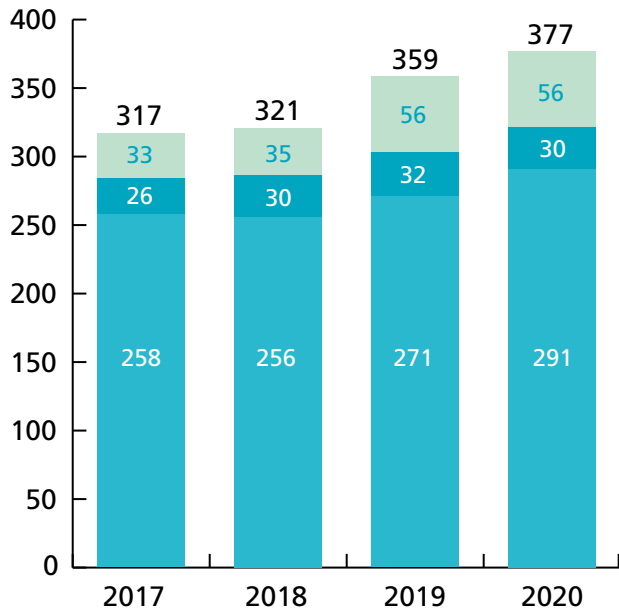
Bereich Personal

Ende 2020 waren am Fraunhofer EMI insgesamt 377 Personen beschäftigt: 291 Mitarbeitende als Stammpersonal, 30 Auszubildende und DHBW-Studierende und 56 wissenschaftliche Hilfskräfte, Praktikantinnen und Praktikanten. Vom Stammpersonal waren 198 Mitarbeitende direkt in der Forschung und 93 Mitarbeitende im Bereich Leitung und Infrastruktur tätig. Der Anteil der weiblichen Beschäftigten des Stammpersonals stieg auf 27,8 Prozent.

Von den insgesamt 30 Auszubildenden waren 19 in den Bereichen Feinwerkmechanik, Elektronik, Mediengestaltung und Verwaltung tätig. 11 Mitarbeitende wurden zum Zweck ihrer Berufsausbildung oder im Rahmen ihres Studiums an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg am Fraunhofer EMI beschäftigt.



- Wissenschaftliche Mitarbeitende in Fachabteilungen
- Nichtwissenschaftliche Mitarbeitende in Fachabteilungen
- Leitung und Infrastruktur
- Wissenschaftliche Hilfskräfte, Praktikantinnen und Praktikanten
- Auszubildende, DHBW-Studierende



- Wissenschaftliche Hilfskräfte, Praktikantinnen und Praktikanten
- Auszubildende, DHBW-Studierende
- Mitarbeitende Stammpersonal



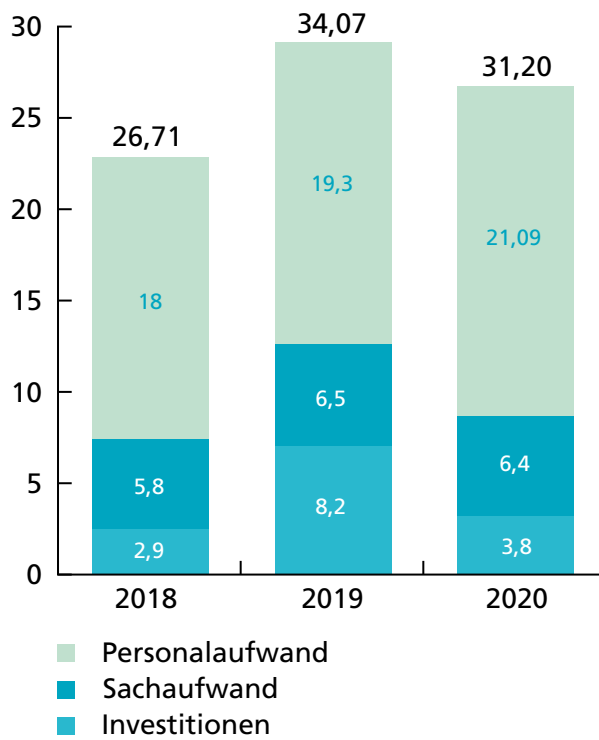
© Adobe Stock



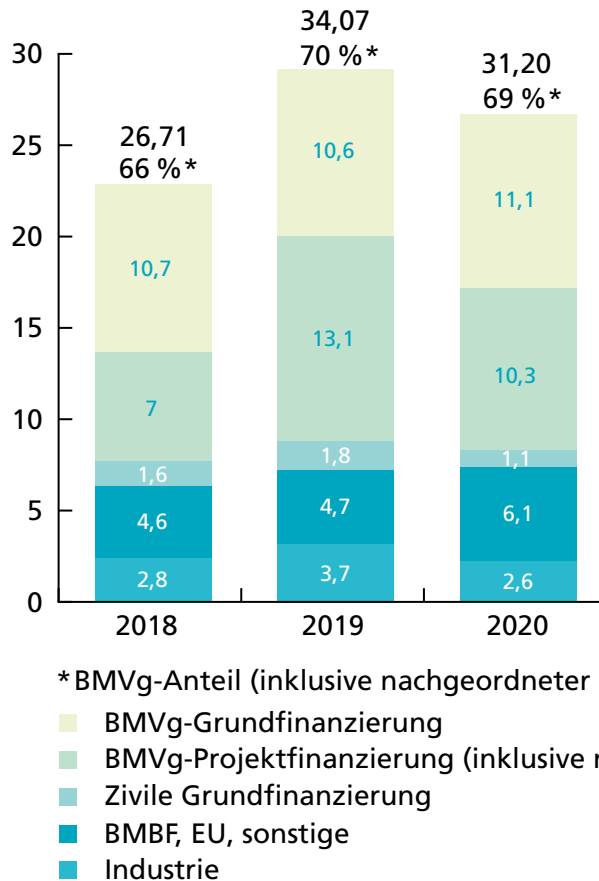
Bereich Finanzen

Der Gesamthaushalt des Fraunhofer EMI ist im Vergleich zum vergangenen Jahr um circa 3 Millionen Euro auf 31,2 Millionen Euro gesunken. Davon entfallen 27,45 Millionen Euro auf den Betriebshaushalt (Personal- und Sachaufwendungen) und 3,75 Millionen Euro auf laufende Investitionen. Der Haushalt wird finanziert durch externe Erträge aus Industrie und öffentlicher Hand sowie durch die institutionelle Förderung (Grundfinanzierung) durch das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Mit 14,5 Millionen Euro externer Erträge wurde das Vorjahr sogar übertroffen. Der größte Teil des Betriebs- und des Investitionshaushalts wurde auch 2020 vom BMVg mit einem Anteil von 69 Prozent finanziert.

Finanzierung Gesamthaushalt in Millionen Euro



Finanzierung Gesamthaushalt in Millionen Euro



* BMVg-Anteil (inklusive nachgeordneter Einrichtungen)

- BMVg-Grundfinanzierung
- BMVg-Projektfinanzierung (inklusive nachgeordneter Einrichtungen)
- Zivile Grundfinanzierung
- BMBF, EU, sonstige
- Industrie

»An der Forschung reizt mich, Bestehendes weiterzuentwickeln und an neuen Ansätzen zu arbeiten.«

Ines Butz



Ines Butz in der Crashhalle des Fraunhofer EMI.

Interview mit Ines Butz, Wissenschaftlerin im Bereich Röntgencrash

Seit zweieinhalb Jahren arbeitet Ines Butz als Wissenschaftlerin am Fraunhofer EMI. Die 26-jährige Physikerin forscht aktuell im Fraunhofer-internen Forschungsprojekt MAVO fastXcrash. Es geht darum, mithilfe der Technologie des X-ray Car Crash (X-CC) das dynamische Verhalten verborgener Strukturen unter Crashbelastung zu beobachten. Dies ist eine ganz neue Technologie und erregt aufseiten der Automobilhersteller großes Interesse. Die Aufgabe der Forscherin ist es, Informationen aus Simulationen und Bildern zusammenzutragen und so aus einer zweidimensionalen Wahrnehmung des Crashtests eine dreidimensionale zu schaffen.

Bevor Ines ihre Karriere am EMI begann, legte sie verschiedenste Stationen zurück, wie zum Beispiel ein Studienaufenthalt in Canberra, Australien. Wir haben sie zu ihrer Motivation, ihrem Ausbildungsweg und Wünschen befragt.

EMI: Wie kam es zu Deinem Wunsch, Wissenschaftlerin zu werden? War es schon immer Dein Ziel, später einmal im Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften zu forschen?

Butz: Als Kind wollte ich Sportlerin werden. Ich habe damals Biathlon als Leistungssport gemacht. Allerdings stellte sich dieser Traum nicht als realistisch heraus, weswegen ich mir etwas anderes überlegt habe. Ich war dann einmal mit meiner Familie bei einem Tag der offenen Tür am Paul Scherrer Institut (PSI) in der Schweiz, was ich echt spannend fand. Später folgte ein Praktikum in einem Chemielabor. Ich fand die wissenschaftliche Arbeit sehr faszinierend, sodass ich schließlich auch Wissenschaftlerin werden wollte.

EMI: Du hast ein Praktikum in der Chemie gemacht, Dich dann aber für ein Physikstudium entschieden. Warum?

Butz: Ich bin grundsätzlich an Naturwissenschaften interessiert, und besonders Physik hat mir schon immer gut gefallen. Auch wegen des Zusammenhangs mit der Mathematik. Aber ein Auslöser war vielleicht auch der Teilchenbeschleuniger beim Tag der offenen Tür am PSI, den man sich angucken konnte. Den fand ich besonders cool und bin dann auf die Physik gekommen.

EMI: Wie sah dann Dein Ausbildungsweg aus? Planst Du noch zu promovieren?

Butz: Ich habe zuerst den Bachelor in Physik gemacht, dann den Master. Jetzt bin ich am EMI wissenschaftliche Mitarbeiterin. Darüber, ob ich eine Promotion anstrebe, mache ich mir gerade Gedanken.

EMI: Hattest Du zu Beginn deines Ausbildungswegs ein besonderes Ziel?

Butz: Das Wichtigste war mir eigentlich, ein spannendes Themengebiet zu finden, bei dem mir die Arbeit Spaß macht.

EMI: Was sollte man Deiner Einschätzung nach für die Bereiche Natur- und Ingenieurwissenschaften mitbringen?

Butz: Man braucht vor allem eine Leidenschaft fürs Problemlösen und auch eine Neugier darauf, etwas weiterzuentwickeln oder besser zu machen. Vielleicht auch ein gewisses Maß an Ausdauer und Geduld, weil man in der Forschung oft erst einmal verschiedene Ideen und Herangehensweisen testen und ausprobieren muss. Man findet oft nicht direkt die perfekte Lösung.

An der Forschung reizt mich, Bestehendes weiterzuentwickeln, an neuen Ansätzen zu arbeiten und dazu beizutragen, einen Schritt weiterzukommen. Zum Beispiel beim Thema X-ray Car Crash hier am EMI, wo es zum ersten Mal möglich wird, dass man in die Autos während des Crashes reingucken kann. Dass ich dazu beitragen kann, etwas weiterzubringen, finde ich sehr motivierend.

Ines Butz ...

... ist wissenschaftliche
Mitarbeiterin in der Gruppe
Röntgenanalyse und Bildverarbeitung
der Abteilung
Messtechnologie und Sensorik am EMI.

Kontakt
ines.butz@emi.fraunhofer.de



Die Arbeitssicherheit steht generell und insbesondere auf den verschiedenen Baustellen des Fraunhofer EMI an erster Stelle. © Baustelle: Fraunhofer EMI, © Bauarbeiter: Adobe Stock

Infrastruktur

»In der langen Geschichte der Menschheit (und des Tierreichs) haben diejenigen sich am besten durchgesetzt, die gelernt haben, zusammenzuarbeiten und zu improvisieren.«

Charles Darwin

Die Abteilung Infrastruktur ist eine interne zentrale Dienstleistungseinheit. Mit den Stabstellen Bau und Arbeitsschutz unterstützen und begleiten wir die Bauprozesse und die Verbesserung der Arbeitssicherheit für die EMI-Mitarbeitenden an den drei Standorten. Die Organisationseinheiten mit den Werkstätten, dem Elektronik-Labor und den Technischen Diensten erbringen weitere Dienstleistungen zentral und für die verschiedenen Geschäftsfelder im Bereich der Bearbeitung und Fertigung von Teilen, der Anlagensteuerung, des Facility Managements und der Begleitung von Sprengversuchen.



Christophe Weishar

Technischer Leiter

christophe.weishar@emi.fraunhofer.de



Für den Serverraum in Freiburg wurde eine neue Clusterkühlung auf dem Dach des Institutsgebäudes aufgestellt.



Beschäftigte müssen eine geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA) tragen, um mögliche Folgen eines Arbeitsunfalls zu verringern. © Adobe Stock

Bauprojekte

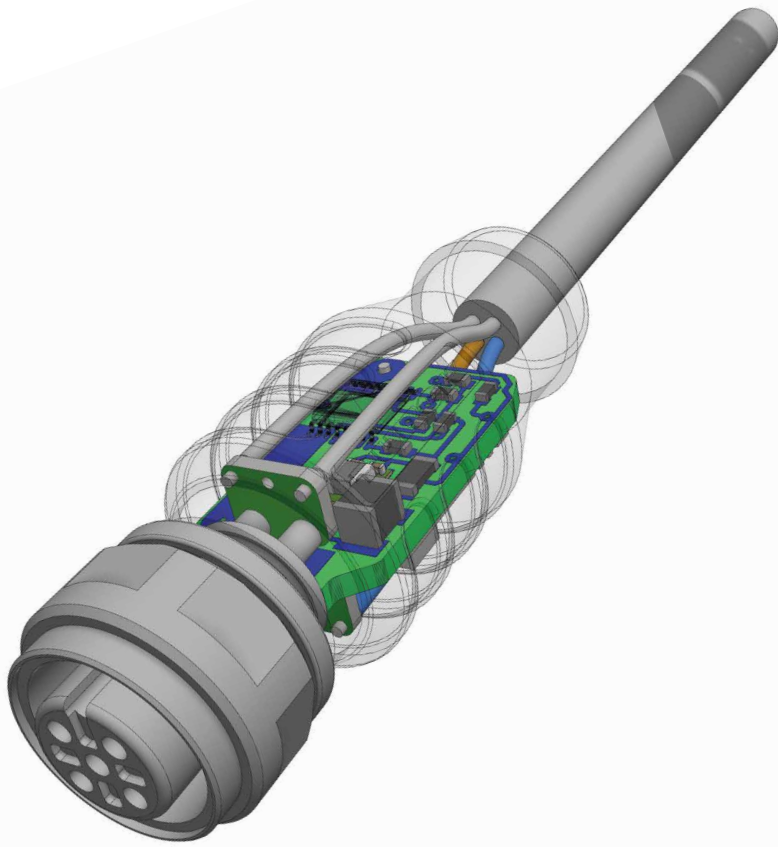
- Efringen-Kirchen: Umbau eines bestehenden Labors zum Batterietestzentrum TEVLIB für die Forschung im Bereich Elektromobilität.
- Efringen-Kirchen: Bau des Linac-Labors »LiLa« und strahlenschutztechnische Ertüchtigung im Crashzentrum der Fraunhofer-Gesellschaft für die Röntgendiagnostik in der Crashforschung (X-ray Car Crash).
- Efringen-Kirchen: Laserlabor mit Hochenergie-laser erhält Kühlung, Absaugungsvorrichtung und Stromversorgung durch zweite Trafostation.
- Freiburg: neue Clusterkühlung für den Serverraum.

Arbeitsschutz

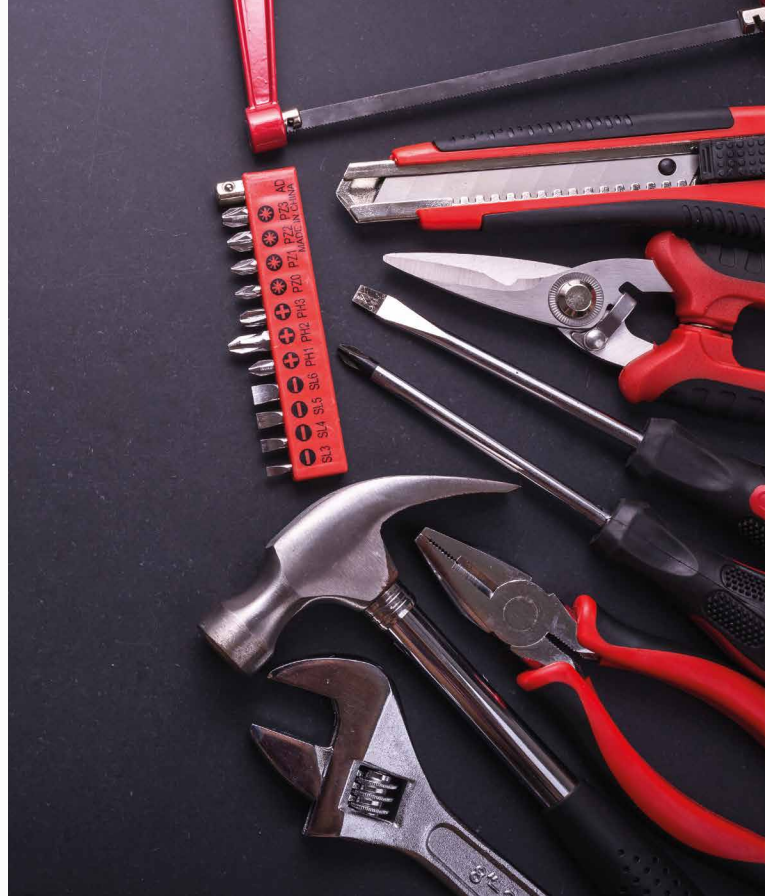
- Erstellung eines Katasters für die Erfassung von Gefährdungsbeurteilungen (GB) und Explosionsschutzdokumenten sowie Weiterführung der Erstellung von GBs.
- Erstellung eines standortübergreifenden Gefahrstoffverzeichnisses sowie von Betriebsanweisungen für alle Gefahrstoffe.
- Ausbau der internen Kommunikation zum Arbeitsschutz.
- Einführung eines Begehungsplans.
- Aufbau eines Katasters für prüfpflichtige Arbeitsmittel.



Bewehrung der Bodenplatte für das neue
Linac-Labor »LiLa«. © diondo GmbH



Prototyp eines intelligenten Industriesteckverbinders.



Zum Einsatz kommende Werkzeuge für die Erbringung der Dienstleistungen. © Adobe Stock

Elektronik-Labor

Projektbeispiele:

Smart Connector

Entwicklung des Prototyps eines intelligenten Industriesteckverbinders gemeinsam mit einem Industriepartner.

LED-Beleuchtung

Die Flurbeleuchtung im Bestandsbau in Freiburg wurde auf LED Downlights umgerüstet. Sie ermöglichen eine nennenswerte Stromersparung und CO₂-Reduktion.

Exzellenz in der Ausbildung

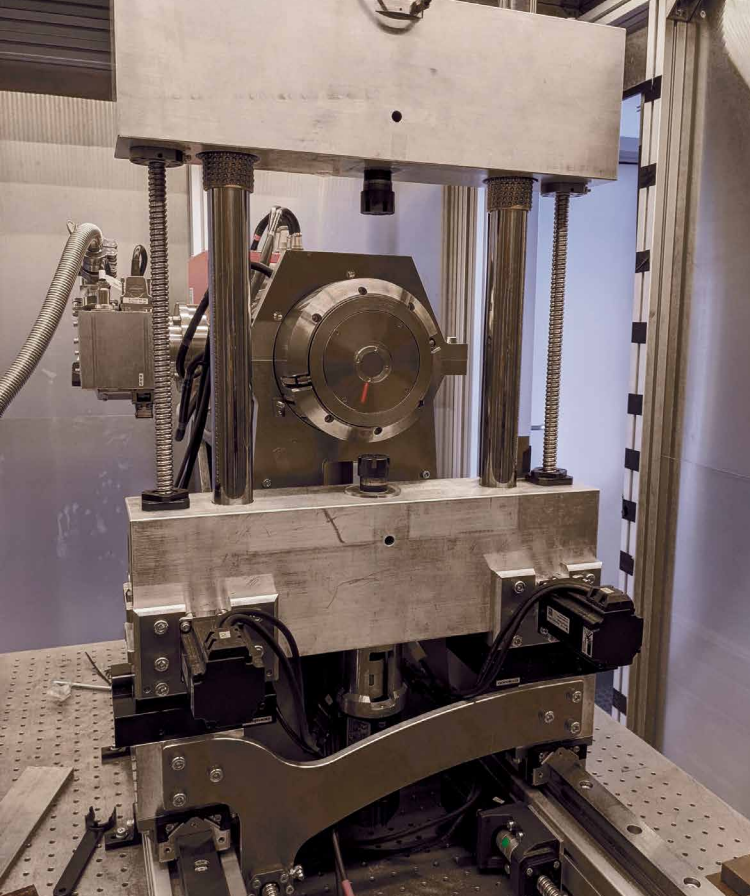
Der Auszubildende Timo Tränkner wurde im November 2020 zu Baden-Württembergs Landesbestem im Ausbildungsberuf Elektroniker für Geräte und Systeme.

Technische Dienste

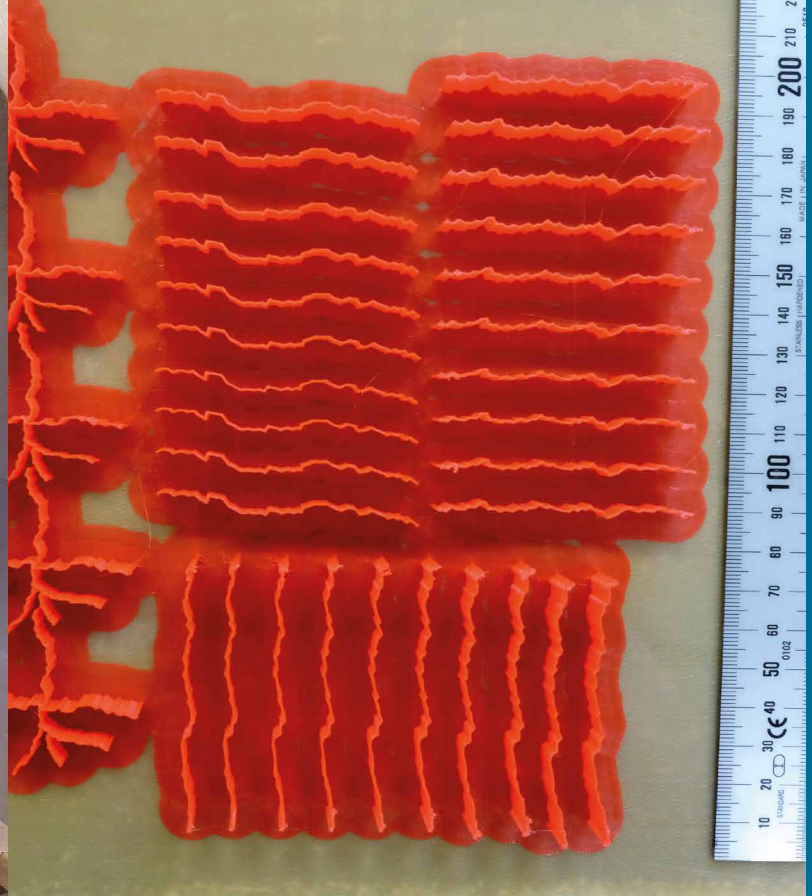
Überarbeitung der Fremdfirmenordnung mit ergänzenden Erlaubnisscheinen für Erdarbeiten, Arbeiten in Behältern und engen Räumen sowie Arbeiten mit Absturzgefahr.

Brandschutz

Im Bereich Brandschutz wurde ein Konzept für eine neue Brandmeldeanlage in Kandern fertiggestellt. Die bestehenden Brandmeldelanlagen in Efringen-Kirchen und in Freiburg sollen erweitert und ertüchtigt werden; die Brandschutzordnung Teil B wurde freigegeben. Für die südlichen Standorte wurden neue Flucht- und Rettungspläne erstellt.



Aufbau der Werkstatt Freiburg für die Untersuchung von Materialien unter Last im Röntgen-CT.



Risstrukturen als Produkt aus dem 3D-Drucker.

Werkstatt Freiburg

Das Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH) der Universität Freiburg wurde durch den Aufbau von Lastrahmen, Röhren- und Detektorhalterungen unterstützt. Diese dienen der Untersuchung von Materialien unter Last im Röntgen-CT. Die Auflösung der CT-Messungen liegen im Mikrobereich, für die Fertigung der Teile ist höchste Präzision gefragt.

Werkstatt Efringen-Kirchen

3D-Drucker für Kunststoffe

Die abgebildeten roten Strukturen stellen »künstliche« Risse dar. Sie werden in Betonprüflingen mittels spezieller Schalungstechnik eingebracht und ermöglichen dadurch reproduzierbare Risse.

Das Institut
im Profil

Ansprechpersonen



Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Hiermaier
Telefon 0761 2714-101
stefan.hiermaier@emi.fraunhofer.de



Geschäftsführer

Stellvertretender Institutsleiter
Dr. Tobias Leismann
Telefon 0761 2714-102
tobias.leismann@emi.fraunhofer.de



Stellvertretender Institutsleiter
Geschäftsfeldleiter Raumfahrt

Prof. Dr. Frank Schäfer
Telefon 0761 2714-421
frank.schaefer@emi.fraunhofer.de



Verwaltungsleiterin

Petra Groß
Telefon 0761 2714-115
petra.gross@emi.fraunhofer.de



Technischer Leiter

Christophe Weishar
Telefon 07628 9050-700
christophe.weishar@emi.fraunhofer.de



Wissenschaftlicher Referent
des Institutsleiters

Dr. Juri Lienert
Telefon 0761 2714-100
juri.lienert@emi.fraunhofer.de



Leiterin Strategisches Management

Dr. Birgit Drees
Telefon 0761 2714-466
birgit.drees@emi.fraunhofer.de



Geschäftsfeldleiter Verteidigung

Dr. Matthias Wickert
Telefon 0761 2714-120
matthias.wickert@emi.fraunhofer.de



Geschäftsfeldleiter Sicherheit und Resilienz

Daniel Hiller
Telefon 0761 2714-488
daniel.hiller@emi.fraunhofer.de



Geschäftsfeldleiter Automotive

Dr. Jens Fritsch
Telefon 0761 2714-472
jens.fritsch@emi.fraunhofer.de



Geschäftsfeldleiter Luftfahrt

Dr. Michael May
Telefon 0761 2714-337
michael.may@emi.fraunhofer.de



Leiterin Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Birgit Bindnagel
Telefon 0761 2714-366
birgit.bindnagel@emi.fraunhofer.de



*Die Kuratoriumssitzung fand am
17. Juli 2020 online statt.*

Kuratorium

Die Kuratorien der einzelnen Fraunhofer-Institute stehen der Institutsleitung und dem Vorstand der Gesellschaft beratend zur Seite. Das Kuratorium fördert die Kontakte des Instituts zu Organisationen und zur Industrie.

Hanna Böhme

Geschäftsführerin Freiburg Wirtschaft Touristik und Messe GmbH & Co. KG, FWTM, Freiburg

Prof. Dr. rer. nat. Frank Gauterin

Leiter des Instituts für Fahrzeugsystemtechnik, Karlsruher Institut für Technologie, KIT, Karlsruhe

Dipl.-Ing. Thomas Gottschild (Vorsitz)

Geschäftsführer MBDA Deutschland GmbH, Schrobenhausen

MinRin Sabine ten Hagen-Knauer

Referatsleiterin 524: Zivile Sicherheitsforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn

Rainer Hoffmann

Geschäftsführer carhs.training GmbH, Alzenau

MinR Dipl.-Phys. Claus Mayer

Leiter des Referats 33: Automobil- und Produktionsindustrie, Logistik, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg, Stuttgart

Prof. Dr. Gunther Neuhaus

Vizekanzler/Prorektor für Forschung, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Prof. Dr. Merith Niehuss

Präsidentin Universität der Bundeswehr München, Neubiberg

Oberst i. G. Jürgen Schmidt

Abteilungsleiter Kampf, Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBw), Koblenz

Dr. Tobias Schmidt

Abteilungsleiter und Leiter Entwicklung am Standort Unterlüß, Rheinmetall Waffe und Munition, Unterlüß

Prof. Dr.-Ing. Rodolfo Schöneburg

Director Vehicle Safety/Durability/Corrosion Protection, Daimler AG, Sindelfingen

Dr. Isabel Thielen

Geschäftsführerin, THIELEN Business Coaching GmbH, München

Freiburg: ein Ort, wo Wissen wächst!

»Freiburg ist als Green City bekannt. Ich wünsche mir, dass ihr Image als Stadt der Wissenschaften mehr Strahlkraft bekommt.« Hanna Böhme



Wussten Sie, dass Freiburg neben dem Fraunhofer EMI vier weitere Fraunhofer-Institute (ISE, IAF, IPM, IWM) beheimatet und damit zu den größten Fraunhofer-Standorten in Deutschland zählt? Nein? Dann sind Sie damit nicht alleine. Dass Freiburg ein starker Wissenschaftsstandort und eine Universitätsstadt ist, spielt bislang in der Außensicht kaum eine Rolle.

Seit der Präsentation Freiburgs im Jahr 2010 bei der Expo in Shanghai tritt Freiburg als »Green City« auf. Damals war Freiburg damit in einer Vorreiterrolle, heute beanspruchen viele Städte dieses Image. Aber Freiburg ist mehr als das: nämlich auch ein bedeutender Standort für Wissenschaft und Innovation. Deshalb haben wir, die Freiburger Wirtschaft Touristik und Messe GmbH & Co. KG (FWTM), uns vorgenommen, das Image der Stadt Freiburg neu zu schärfen und diesem Bild einer dynamischen, modernen Wissenschafts- und Universitätsstadt Strahlkraft zu geben.

Gemeinsam mit Akteuren aus Politik, Wissenschaft, Verwaltung, Tourismus und der Bürgerschaft hat die FWTM deshalb den Markenkern der Stadt aus dem Blickwinkel diverser Zielgruppen des Stadtmarketings herausgearbeitet. Das Bild, das dabei entstanden ist, zeigt Freiburg als von Dynamik, Aktivität, Lebenslust, Innovation, Neugierde und Selbstbestimmung geprägte Stadt, deren »freiköpfige« Bürgerinnen und Bürger in unkonventionellen Bahnen denken und handeln. Eine Stadt, die aus ihrer reichen Tradition schöpft und zugleich nachhaltig in die Zukunft denkt und in der Wissenschaft und Forschung eine bestimmende Rolle einnimmt. Dieses Bild der Stadt Freiburg wollen wir der Welt präsentieren und so bedeutende Zeugen dieser Marke wie das Fraunhofer EMI und die anderen Fraunhofer-Institute »ins Schaufenster« stellen.

Sichtbar wird dieses Bild besonders im Innovationsquartier Nord, das den Campus der Technischen Fakultät, das Universitätsklinikum, die Fraunhofer-, Hahn-Schickard- und Max-Planck-Institute, den BioTech- und Kreativpark, die Neue Messe und den Flugplatz umfasst und das mit dem Green Industry Park, dem größten Industriegebiet Freiburgs, mit seinem nachhaltigen, energie- und ressourceneffizienten Ansatz deutschlandweit Leuchtturmcharakter hat.

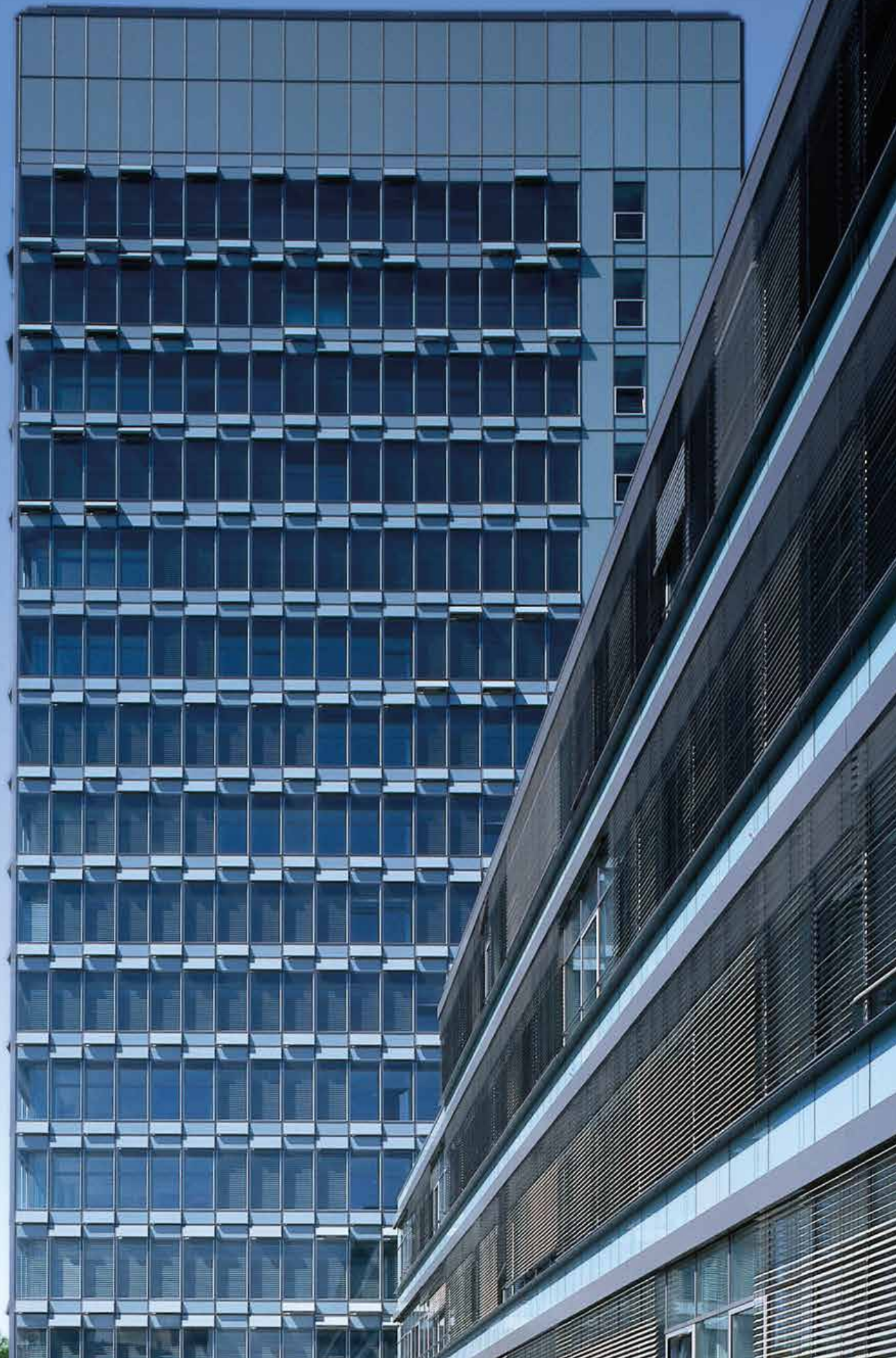
Als Geschäftsführerin der FWTM setze ich mich dafür ein, dass Freiburg seine Stärke im Bereich Forschung, Wissenschaft und Innovation sichtbar macht. Die Stadt profitiert davon, dass Forschung und Wissenschaft – aber auch innovative Unternehmen – im nationalen und internationalen Wettbewerb mit diesem Image gestützt werden. Als Kuratorin des Fraunhofer EMI bin ich stolze und begeisterte Botschafterin der Wissenschafts- und Innovationsstadt Freiburg.



Hanna Böhme

Geschäftsführerin FWTM,
Freiburg Wirtschaft Touristik und
Messe GmbH & Co. KG

Die Fraunhofer-Zentrale in München.



Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 75 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 29 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,8 Milliarden Euro. Davon fallen 2,4 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung.

Das Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI, mit seinen Standorten in Freiburg, Efringen-Kirchen und Kandern untersucht die Physik schnell ablaufender Prozesse. Das EMI behandelt fach- und werkstoffübergreifend Crash-, Impakt- und Stoßwellenphänomene in Experiment und Simulation. Für die Gesellschaft erwachsen daraus optimierte Systeme in den Bereichen Verteidigung, Sicherheit und Resilienz, Automotive, Raumfahrt, Luftfahrt und Nachhaltigkeit.

Die am EMI mit experimentellen, computergestützten und analytischen Methoden erarbeiteten Lösungen zielen auf eine verbesserte Sicherheit und Zuverlässigkeit von Bauteilen und Strukturen unter dynamischen Belastungen ab. Durch die Nutzbarmachung neuester Forschungsergebnisse für technische Anwendungen wird deren Wirtschaftlichkeit bei gleichzeitiger Ressourcenschonung gesteigert.

Integration in die akademische Forschungslandschaft einerseits sowie Vernetzung mit den Entwicklungsabteilungen der relevanten Industrie sind Voraussetzungen, die für Fraunhofer-Institute übliche angewandte Forschung wirtschaftlich betreiben zu können.



Weitere Informationen finden Sie unter www.fraunhofer.de

Publikationen,
wissenschaftlicher
Austausch, Vorträge
2020/2021

Publikationen

Veröffentlichungen in Monografien, Fachzeitschriften und Proceedings mit Peer Review

Barbosa, N. D.; Köpke, C.; Caspari, E.; Germán Rubino, J.; Irving, J.; Holliger, K. (2020): Impact of poroelastic effects on the inversion of fracture properties from amplitude variation with offset and azimuth data in horizontal transversely isotropic media. In: *GEOPHYSICS* 85 (5), N27–N39. DOI: 10.1190/geo2019-0475.1.

Battisti, F.; Carli, M.; Pascucci, F.; Fehling-Kaschek, M.; Makri, R.; Belesiotti, M. et al. (2020): Security and resilience challenges for the critical infrastructures of the communications sector. In: J. Soldatos, J. Philpot und G. Giunta (Hg.): *Cyber-Physical Threat Intelligence for Critical Infrastructures Security: A Guide to Integrated Cyber-Physical Protection of Modern Critical Infrastructures*. Boston – Delft: now Publishers Inc., S. 296–309.

Bauer, S.; Bagusat, F.; Straßburger, E.; Sauer, M.; Hiermaier, S. (2020): New insights into the failure front phenomenon and the equation of state of soda-lime glass under planar plate impact. In: *Journal of Dynamic Behavior of Materials* 6 (26). DOI: 10.1007/s40870-020-00268-2.

Blanke, F.; Boljen, M.; Lutter, C.; Oehler, N.; Tischer, T.; Vogt, S. (2021): Does the anterolateral ligament protect the anterior cruciate ligament in the most common injury mechanisms? A human knee model study. In: *The Knee* 29 (4), S. 381–389. DOI: 10.1016/j.knee.2021.02.026.

Butenweg, C.; Hoffmeister, B.; Holtschoppen, B.; Klinkel, S.; Rosin, J.; Schmitt, T. (Hg.) (2020): *Seismic Design of Industrial Facilities 2020 – Proceedings of the 2nd International Conference on Seismic Design of Industrial Facilities (SeDiF Conference)*: Aprimus Verlag.

Butenweg, C.; Rosin, J. (2020): Seismischer Nachweis von Mauerwerksbauten in deutschen Erdbebengebieten. In: *Mauerwerk – European Journal of Masonry* 24 (2), S. 108–113. DOI: 10.1002/dama.202000006.

Butz, I.; Moser, S.; Nau, S.; Hiermaier, S. (2021): Data assimilation of structural deformation using finite element simulations and single-perspective projection data based on the example of X-ray imaging. In: *SN Applied Sciences* 3 (545). DOI: 10.1007/s42452-021-04522-7.

Contell Asins, C.; Landersheim, V.; Wacker, J-D; Adachi, S.; Arnold-Keifer, S.; May, M. (2021): Design of a morphing leading edge as a high lift device for a regional aircraft. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1024 (1), S. 12033. DOI: 10.1088/1757-899X/1024/1/012033.

Del Linz, P.; Fung, T. C.; Lee, C. K.; Riedel, W. (2020): Response mechanisms of reinforced concrete panels to the combined effect of closein blast and fragments. In: *International Journal of Protective Structures*, 1–24. DOI: 10.1177/2041419620923129.

Fehling-Kaschek, M.; Miller, N.; Haab, G.; Faist, K.; Stolz, A.; Häring, I. et al. (2020): Risk and resilience assessment and improvement in the telecommunication industry. In: *Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*. 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Venice, Italy, 1.–6.11.2020. Singapore: Research Publishing.

Finger, J.; Fehling-Kaschek, M.; Fischer, K.; Stolz, A.; Anastassiadou, K. (2019): Road infrastructure resilience during natural and man-made disasters. In: *Proceedings of the XXVIth World Road Congress*. XXVIth World Road Congress. Abu Dhabi, United Arab Emirates, 6.–10.10.2019.

Ganter, S.; Srivastava, K.; Vogelbacher, G.; Finger, J.; Vamanu, B.; Kopustinskas, V. et al. (2020): Towards risk and resilience quantification of gas networks based on numerical simulation and statistical event assessment. In: *Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*. 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Venice, Italy, 1.–6.11.2020. Singapore: Research Publishing.

Ganzosch, G.; Barchiesi, E.; Drobnicki, R.; Pfaff, A.; Müller, W. H. (2020): Experimental investigations of 3D-deformations in additively manufactured pantographic structures. In: D. A. Indeitsev und A. M. Krvitsov (Hg.): *Advanced Problems in Mechanics. Proceedings of the XLVII International Summer School-Conference “Advanced Problems in Mechanics”*, June 24–29, 2019, St. Petersburg, Russia, Bd. 1. 1st ed. 2020. Cham: Springer (Lecture Notes in Mechanical Engineering), S. 101–114.

Gustmann, T.; Gutmann, F.; Wenz, F.; Koch, P.; Stelzer, R.; Drossel, W.-G.; Korn, H. (2020): Properties of a superelastic NiTi shape memory alloy using laser powder bed fusion and adaptive scanning strategies. In: *Progress in Additive Manufacturing* 5 (1), S. 11–18. DOI: 10.1007/s40964-020-00118-6.

Häring, I.; Ganter, S.; Finger, J.; Srivastava, K. (2020): Panarchy process for risk control and resilience quantification and improvement. In: *Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*. 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Venice, Italy, 1.–6.11.2020. Singapore: Research Publishing, 2481–2488.

Hoschke, K.; Kappe, K.; Riedel, W.; Hiermaier, S. (2020): A multimodal approach for automation of mechanical design. In: B. Abali und I. Giorgio (Hg.): *Developments and Novel Approaches in Nonlinear Solid Body Mechanics*, Bd. 130. Cham: Springer (Advanced Structured Materials), S. 301–323.

Jäcklein, M.; Pfaff, A.; Hoschke, K. (2020): Developing tungsten-filled metal matrix composite materials using laser powder bed fusion. In: *Applied Sciences* 10 (24), S. 8869. DOI: 10.3390/app10248869.

Jain, A. K.; Satsrisakul, Y.; Fehling-Kaschek, M.; Häring, I.; van Rest, J. (2020): Towards simulation of dynamic risk-based border crossing checkpoints. In: *Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*. 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Venice, Italy, 1.–6.11.2020. Singapore: Research Publishing.

Jesus, M. M. de; Gato, L. B. L.; Oliveira, P. R.; Filho, S. L. M. R.; Tonatto, M. L. P.; Panzera, T. H.; Scarpa, F. (2020): Recycled polyethylene bottle caps as sandwich panel circular honeycomb: Experimental and numerical approach. In: *Polymer Composites* 39 (7–8), S. 1183. DOI: 10.1002/pc.25742.

Kappe, K.; Gustmann, T.; Gutmann, F.; Stilz, M.; Hoschke, K. (2020): Metallic metamaterial with bistable behavior. In: B. Müller (Hg.): *Proceedings of the 5th Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC 2020*. 5th Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC 2020. Online-Kongress. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Klein, H.; Jenerowicz, M.; Trube, N.; Boljen, M. (2020): How to combine 3D textile modeling with latest FE human body models. In: L. Hanson, D. Högberg und E. Brolin (Hg.): *Advances in Transdisciplinary Engineering*: IOS Press (Volume 11: DHM2020), S. 166–177.

Köpke, C.; König, L.; Faist, K.; Fehling-Kaschek, M.; Finger, J.; Stolz, A. et al. (2020): Security and resilience for airport infrastructure. In: *Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*. 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Venice, Italy, 1.–6.11.2020. Singapore: Research Publishing.

Köpke, C.; Srivastava, K.; König, L.; Miller, N.; Fehling-Kaschek, M.; Burke, K. et al. (2021): Impact propagation in airport systems. In: Abie H. (Hg.): *Cyber-Physical Security for Critical Infrastructures Protection*. CPS4CIP 2020. Lecture Notes in Computer Science, Bd. 12618. Cham: Springer, S. 191–206.

Ledford, N.; Imbert, M.; May, M. (2021): High-rate in-plane shear testing of CFRP using the Split Hopkinson Tension Bar. In: *AIAA Scitech Forum 2021*. AIAA Science and Technology Forum and Exposition, AIAA SciTech Forum 2021. Virtual, Online, 11.–15.1.2021.

- Ledford, N.; May, M. (2020): Modeling of multimaterial hybrid joints under high-rate loading. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering 234 (5), S. 446–453. DOI: 10.1177/09544408920919012.
- Li, G.; Tan, K. H.; Fung, T. C.; Yu, Q. J.; May, M. (2021): A coupled dynamic cohesive zone model for FRP-concrete mixed-mode separation. In: Composite Structures 268 (7), S. 113872. DOI: 10.1016/j.compstruct.2021.113872.
- Lüttner, F.; Finger, J.; Hanz, C.; Roth, M. (2020): Developing a system for automated selection of immediate measures during major catastrophic events. In: Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Venice, Italy, 1.–6.11.2020. Singapore: Research Publishing.
- May, M. (2020): Rate-dependent material properties of adhesively bonded joints – must have or nice to have? In: Key Engineering Materials 858, S. 14–19. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.858.14.
- May, M.; Arnold-Keifer, S.; Haase, T. (2020): Damage resistance of composite structures with unsymmetrical stacking sequence subjected to high velocity bird impact. In: Composites Part C: Open Access 1, S. 100002. DOI: 10.1016/j.jcomc.2020.100002.
- May, M.; Arnold-Keifer, S.; Landersheim, V.; Laveuve, D.; Contell Asins, C.; Imbert, M. (2021): Bird strike resistance of a CFRP morphing leading edge. In: Composites Part C: Open Access 4 (1129), S. 100115. DOI: 10.1016/j.jcomc.2021.100115.
- May, M.; Channammagari, H.; Hahn, P. (2020): High-rate mode II fracture toughness testing of polymer matrix composites – A review. In: Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 137, S. 106019. DOI: 10.1016/j.compositesa.2020.106019.
- May, M.; Kuder, J.; Hahn, P.; Isakov, M.; Schöpferer, S.; May, Michael et al. (2021): Artificial lightning strike onto composite structures – effect of local mesh geometry. In: AIAA Scitech Forum 2021. AIAA Science and Technology Forum and Exposition, AIAA SciTech Forum 2021. Virtual, Online, 11.–15.1.2021, S. 1–12.
- May, M.; Ledford, N.; Isakov, M.; Hahn, P.; Paul, H.; Nagasawa, S. (2020): The effect of strain rate on the orientation of the fracture plane in a unidirectional polymer matrix composite under transverse compression loading. In: Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, S. 106057. DOI: 10.1016/j.compositesa.2020.106057.
- May, M.; Mohrmann, H.; Nahme, H. (2020): Visualization and quantification of stresses at the ends of short fibers embedded in epoxy resin. In: Key Engineering Materials 858, S. 66–71. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.858.66.
- May, M.; Rupakula, G. D.; Matura, P. (2020): Non-polymer-matrix composite materials for space applications. In: Composites Part C: Open Access 3, S. 100057. DOI: 10.1016/j.jcomc.2020.100057.
- Michel, P.; Rosin, J.; Butenweg, C.; Klinkel, S. (2020): Soil-dependent earthquake spectra in the analysis of liquid-storage-tanks on compliant soil. In: C. Butenweg, B. Hoffmeister, B. Holtschoppen, S. Klinkel, J. Rosin und T. Schmitt (Hg.): Seismic Design of Industrial Facilities 2020 – Proceedings of the 2nd International Conference on Seismic Design of Industrial Facilities (SeDIF Conference): Aprimus Verlag, S. 245–254.
- Mikhaylov, A.; Reich, S.; Zakharova, M.; Vlnieska, V.; Laptev, R.; Plech, A.; Kunka, D. (2020): Shack-Hartmann wavefront sensors based on 2D refractive lens arrays and super-resolution multi-contrast X-ray imaging. In: Journal of synchrotron radiation 27 (Pt 3), S. 788–795. DOI: 10.1107/s1600577520002830.
- Miller, N.; Fehling-Kaschek, M.; Haab, G.; Faist, K.; Stolz, A.; Häring, I. (2020): Resilience analysis and quantification for critical infrastructures. In: J. Soldatos, J. Philpot und G. Giunta (Hg.): Cyber-Physical Threat Intelligence for Critical Infrastructures Security: A Guide to Integrated Cyber-Physical Protection of Modern Critical Infrastructures. Boston – Delft: now Publishers Inc.
- Miller, N.; Srivastava, K.; Stolz, A.; Häring, I.; Fehling-Kaschek, M. (2020): Resilience modeling and analysis of telecommunication networks. In: Proceedings of the Joint International Resilience Conference 2020. Online Event, 23.–27.11.2020.
- Oliveira, P. R.; da Silva, L. J.; Panzera, T. H.; del Pino, G. G.; Scarpa, F. (2020): Transverse fastening reinforcement of sandwich panels with upcycled bottle caps core. In: Journal of Composite Materials 9, Article No. 002199832096052. DOI: 10.1177/0021998320960522.
- Oliveira, P. R.; dos Santos, J. C.; Ribeiro Filho, S. L. M.; Torres Ferreira, B. Panzera, T. H.; Scarpa, F. (2020): Eco-friendly sandwich panel based on recycled bottle caps core and natural fibre composite facings. In: Fibers and Polymers 21 (8), S. 1798–1807. DOI: 10.1007/s12221-020-9818-7.
- Oliveira, P. R.; Kilchert, S.; May, M.; Panzera, T. H.; Scarpa, F.; Hiermaier, S. (2020): Eco-friendly sandwich panel based on bottle caps core and sustainable components: Static and dynamic characterisation. In: Composites Part C: Open Access 3, S. 100069. DOI: 10.1016/j.jcomc.2020.100069.
- Oliveira, P. R.; May, M.; Panzera, T. H.; Scarpa, F.; Hiermaier, S. (2020): Improved sustainable sandwich panels based on bottle caps core. In: Composites Part B: Engineering, S. 108165. DOI: 10.1016/j.compositb.2020.108165.
- Oliveira, P. R.; May, M.; Panzera, T. H.; Scarpa, F.; Hiermaier, S. (2020): Reinforced biobased adhesive for eco-friendly sandwich panels. In: International Journal of Adhesion and Adhesives 98, S. 102550. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2020.102550.
- Oliveira, P. R.; May, M.; Panzera, T. H.; Scarpa, F.; Hiermaier, S. (2021): Corrigendum to “Reinforced biobased adhesive for eco-friendly sandwich panels (J1696)” [Int. J. adhesion and adhesives 98 (2020) 102550]. In: International Journal of Adhesion and Adhesives 104, S. 102751. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2020.102751.
- Oliveira, P. R.; Ribeiro Filho, S. L. M.; Panzera, T. H.; Christoforo, A. L.; Durão, L. M. P.; Scarpa, F. (2020): Hybrid polymer composites made of sugarcane bagasse fibres and disposed rubber particles. In: Polymers and Polymer Composites 1, 096739112094345. DOI: 10.1177/0967391120943459.
- Pfaff, A.; Jäcklein, M.; Schlager, M.; Harwick, W.; Hoschke, K.; Balle, F. (2020): An empirical approach for the development of process parameters for laser powder bed fusion. In: Materials 13 (23). DOI: 10.3390/ma13235400.
- Plappert, D.; Ganzenmüller, G. C.; May, M.; Beisel, S. (2020): Mechanical properties of a unidirectional basalt-fiber/epoxy composite. In: Journal of Composites Science 4 (3), S. 101. DOI: 10.3390/jcs4030101.
- Rae, A. S. P.; Kenkmann, T.; Padmanabha, V.; Poelchau, M. H.; Schäfer, F. (2020): Dynamic compressive strength and fragmentation in felsic crystalline rocks. In: Journal of Geophysical Research: Planets 125 (10), 13,532. DOI: 10.1029/2020JE006561.
- Ramin, M. von; Stolz, A. (2020): Methodology for classifying building damage in dynamically loaded structures. In: C. Butenweg, B. Hoffmeister, B. Holtschoppen, S. Klinkel, J. Rosin und T. Schmitt (Hg.): Seismic Design of Industrial Facilities 2020 – Proceedings of the 2nd International Conference on Seismic Design of Industrial Facilities (SeDIF Conference): Aprimus Verlag, S. 419–431.
- Ramírez-Agudelo, O. H.; Köpke, C.; Sill Torres, F. (2020): Bayesian network model for accessing safety and security of offshore wind farms. In: Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. 30th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2020) and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Venice, Italy, 1.–6.11.2020. Singapore: Research Publishing.
- Reich, S.; Göttlicher, J.; Ziefuss, A. R.; Streubel, R.; Letzel, A.; Menzel, A. et al. (2020): In situ speciation and spatial mapping of Zn products during pulsed laser ablation in liquids (PLAL) by combined synchrotron methods. In: Nanoscale 12 (26), S. 14011–14020. DOI: 10.1039/D0NR01500H.

Publikationen

Resende Oliveira, P.; Kilchert, S.; May, M.; Panzera, T. H.; Scarpa, F.; Hiermaier, S. (2020): Improved sustainable sandwich panels based on bottle caps core. In: *Composites Part B: Engineering* 199, S. 108165. DOI: 10.1016/j.compositesb.2020.108165.

Resende Oliveira, P.; May, M.; Kilchert, S.; Ávila de Oliveira, L.; Panzera, T. H.; Placet, V. et al. (2021): Eco-friendly panels made of autoclaved flax composites and upcycled bottle caps core: experimental and numerical analysis. In: *Composites Part C: Open Access* 4 (1–3), S. 100114. DOI: 10.1016/j.jcomc.2021.100114.

Sauer, C.; Heine, A.; Bagusat, F.; Riedel, W. (2020): Ballistic impact on fired clay masonry bricks. In: *International Journal of Protective Structures* 11 (3), S. 304–318. DOI: 10.1177/2041419619893708.

Schimmerohn, M.; Matt, P.; Watson, E.; Durr, N.; Altes, A.; Cardone, T. et al. (2021): Numerical investigation on the standard catastrophic breakup criteria. In: *Acta Astronautica* 178, S. 265–271. DOI: 10.1016/j.actaast-2020.09.014.

Signetti, S.; Heine, A. (2021): Characterization of the transition regime between high-velocity and hypervelocity impact: thermal effects and energy partitioning in metals. In: *International Journal of Impact Engineering* 151 (2), S. 103774. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2020.103774.

Stojanović, B.; Božić, J.; Hofer-Schmitz, K.; Nahrgang, K.; Weber, A.; Badii, A. et al. (2021): Follow the trail: machine learning for fraud detection in Fintech applications. In: *Sensors (Basel, Switzerland)* 21 (5). DOI: 10.3390/s21051594.

Stottmeister, A.; Ramin, M. von; Schneider, J. (2020): On models of blast overpressure effects to the thorax. In: *SN Applied Sciences* 2 (12), Article No. 2076. DOI: 10.1007/s42452-020-03834-4.

Sutherland, C.; Reynaert, E.; Dhlamini, S.; Magwaza, F.; Lienert, J.; Riechmann, M. E. et al. (2020): Socio-technical analysis of a sanitation innovation in a peri-urban household in Durban, South Africa. In: *Science of The Total Environment*, S. 143284. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143284.

Trippel, A.; Stilz, M.; Gutmann, F.; Ganzenmüller, G. C.; Hiermaier, S. (2020): A device for characterizing rotational joints in metamaterials. In: *Mechanics Research Communications* 104, S. 103501. DOI: 10.1016/j.mechres-com.2020.103501.

Trube, N.; Matt, P.; Boljen, M. (2020): A numerical study on pedestrian and wheelchair user safety in VRU-vehicle collisions. In: *2020 IRCOBI Conference Proceedings. 2020 IRCOBI Conference. planned to be held in Munich (Germany), but postponed to 2021 (due to Corona pandemic), Art. No. IRC-20-47.*

van der Woerd, J.; Brenneis, C.; Roller, C.; Stolz, A. (2020): Investing the origin of breakage of panes subjected to blast loading by acoustic emission testing. In: J. Belis, F. P. Bos und C. Louter (Hg.): *Challenging Glass 7: Conference on Architectural and Structural Applications of Glass. Conference on Architectural and Structural Applications of Glass.* Online, Ghent, Belgium, 4.9.2020.

Wolfrum, J.; Eibl, S.; Oeltjen, E.; Osterholz, J.; Wickert, M. (2021): High-energy laser effects on carbon fiber reinforced polymer composites with a focus on perforation time. In: *Journal of Composite Materials* 48, 002199832098888. DOI: 10.1177/0021998320988885.

Ziefuss, A. R.; Reich, S.; Reichenberger, S.; Levantino, M.; Plech, A. (2020): In situ structural kinetics of picosecond laser-induced heating and fragmentation of colloidal gold spheres. In: *Physical Chemistry Chemical Physics* 22 (9), S. 4993–5001. DOI: 10.1039/c9cp05202j.

Veröffentlichungen in Monografien, Fachzeitschriften und Proceedings ohne Peer Review

Boljen, M.; Blanke, F. (2020): Computational study on extra-articular knee structures preventing the anterior cruciate ligament from re-rupturing using the GHBMC M50-PS. In: *Proceedings of the 6th SIMBIO-M Conference. 6th SIMBIO-M Conference. Virtual conference, 18.–19.6.2020.*

Henríquez-Wehr, M.; Sluk, R.; Koç, I.; Schirner, L.; Rooijackers, H.; Etschells, J. et al. (2020): Leveraging hardware accelerated ray tracing for fast view factor determination. In: *Proceedings of the European Space Thermal Engineering Workshop. European Space Thermal Engineering Workshop. Online-Kongress, 6.–8.10.2020.*

Kaufmann, M.; Effenberger, I.; Tsoulos, A.; Frommknecht, A.; Unholzer, T.; Junior, V.; Hoschke, K. (2020): Specimen orientation optimization and automated fixture generation for computed tomography. In: *Proceedings of the 12th Symposium on NDT in Aerospace. 12th Symposium on NDT in Aerospace, 6.–8.10.2020.*

Kellner, M.; Lee, C.-H.; Koschny, D.; Drolshagen, G.; Schmieder, L.; Putzar, R.; Sabath, D. (2020): Columbus Crater Survey – Analyzing the small particle environment in LEO through impact craters on the European Columbus module. In: *Proceedings of the Meteoroids Conference 2019. Meteoroids Conference 2019. Bratislava, Slowakei, 17.–21.6.2019.*

Klomfass, A.; Matura, P.; Sauer, M.; May, M. (2020): Softwareentwicklung für kurzzeitdynamische Simulationsanwendungen. In: *Bundesministerium der Verteidigung (Hg.): Wehrwissenschaftliche Forschung – Jahresbericht 2019.*

Léost, Y.; Nakata, A.; Bösl, P.; Butz, I.; Soot, T.; Kurfiß, M. et al. (2020): An engineering approach of an X-ray car crash under reverse small overlap configuration. In: *Proceedings of the 16th International LS-DYNA Users Conference.*

Paul, H.; Isakov, M.; Ledford, N.; Nagasawa, S.; May, M. (2020): Evaluation of the strain rate dependent behavior of a CFRP using two different Hopkinson bars. In: *Proceedings of the 18th European Conference on Composite Materials (ECCM 2018). Athen, 25.–28.6.2020.*

Putzar, R.; Schmieder, L.; Pistorius, J.; Sabath, D.; Drolshagen, G.; Koschny, D.; Schimmerohn, M. (2020): Finding craters on video data of the ISS Columbus module. In: *Proceedings of the SPACEMON: Space Environment Monitoring Workshop 2020. SPACEMON: Space Environment Monitoring Workshop 2020. Online-Kongress, 1.–3.12.2020.*

Wissenschaftlicher Austausch, Vorträge

Vorträge auf Tagungen, Symposien, Kolloquien, auswärtigen Seminaren und wichtigen Arbeitssitzungen

Gulde, M.; Bierdel, M.; Williges, C.; Mittermaier, C.; Schimmerohn, M.; Horch, C.; Schäfer, F. (2020): Small and large satellites: joint operations in earth observation. Small Satellite Conference. Logan, UT, USA, 1.8.2020.

Gutmann, F.; Gustmann, T.; Trippel, A.; Kappe, K.; Korn, H.; Müller, B. (2020): Properties of additively manufactured metallic metamaterials using a superelastic NiTi shape memory alloy. Materials Science and Engineering Congress (MSE 2020). Online-Kongress, 22.9.2020.

Gutmann, F.; Gustmann, T.; Trippel, A.; Kappe, K.; Korn, H.; Wenz, F. et al. (2020): Eigenschaften von additiv gefertigten metallischen Metamaterialien aus einer superelastischen NiTi-Formgedächtnislegierung. Additive Fertigung und Werkstoffe. Potsdam (online), 14.5.2020.

Hamann, C.; Hecht, L.; Schäfer, S.; Born, K.; Luther, R.; Heunoske, D.; Osterholz, J. (2021): Rapid, impact-induced dehydration, melting, and recrystallization of CaSO₄·nH₂O (gypsum, bassanite, anhydrite) inferred from laser-irradiation experiments. Lunar and Planetary Science Conference 2021. Online-Kongress, 15.3.2021.

Heine, A.; Lück, M.; Matura, P.; Wickert, M. (2020): Erweiterung der experimentellen und numerischen Untersuchungsmöglichkeiten hinsichtlich strukturierter Abwehrgefechtstypmodelle – Arbeiten der Jahre 2017–19 im Vorhaben HF075. Jahresabschluss Anteil Luftverteidigung TF 20.x.04. Online-Meeting, 2.11.2020.

Hiermaier, S. (2020): Impulsvortrag Resilienz bei Handwerkskammer Ingolstadt, 29.9.2020.

Huschka, M. (2020): Die Machine-Learning-Revolution des Structural Engineering? Projektpitch-Veranstaltung Cluster Electromobilität Süd-West. Online-Kongress, 20.5.2020.

Huschka, M. (2020): Effizienzgesteigerter Multi-Material-Leichtbau durch digitale Traceability. Projektpitch-Veranstaltung Cluster Electromobilität Süd-West. Online-Kongress, 20.5.2020.

Huschka, M. (2020): Ressourceneffizienter Multi-Material-Leichtbau durch digitale Traceability. Projekt-Pitch zum BMWi-Leichtbau-Förderprogramm. Online-Kongress, 28.5.2020.

Huschka, M. (2020): Ressourceneffizienz durch den Einsatz von Machine Learning im Structural Engineering. Projekt-Pitch zum BMWi-Leichtbau-Förderprogramm. Online-Kongress, 28.5.2020.

Jenerowicz, M. (2020): How to combine 3D textile modeling with latest FE human body models. International Digital Human Modeling Symposium (DHM). Skövde, 1.9.2020.

Kappe, K.; Bierdel, M.; Pfaff, A.; Hoshcke, K. (2020): Optimization of gradient lattice core sandwich structures under dynamic loading with artificial neural network and genetic algorithm. AuxDefense 2020 – 2nd World Conference on Advanced Materials for Defense. Online-Kongress, 6.7.2020.

Léost, Y.; Collins, P.; Haase, T.; Mermagen, J. (2020): Modeling of a car wheel and numerical investigations for crash application. CAE Grand Challenge. Hanau (virtual event), 30.9.2020.

Léost, Y.; Nakata, A.; Bösl, P.; Butz, I.; Soot, T.; Kurfiß, M. et al. (2020): An engineering approach of an X-ray car crash under reverse small overlap configuration. 16th International LS-Dyna Users Conference. Detroit (virtual event), 10.6.2020.

May, M. (2020): High-rate mode II fracture toughness testing. Composites United – virtuelle Arbeitssitzung »AG Strukturelle Integrität und UAG Composite Fatigue«, 20.11.2020.

May, M.; Imbert, M. (2020): Delamination in composite materials. Key-Note-Vortrag. 7th Resin Composites Seminar. Nagoya, Japan, 24.1.2020.

Miller, N. (2020): A proposed methodology to evaluate resilience of power grids against natural disasters. Global Resilience Research Network Webinar Series, 24.11.2020.

Nasr, E.; Huschka, M.; Dlugosch, M. (2020): Evaluation of ontology matchers for materials sciences and engineering. MSE Congress 2020. Online-Kongress, 23.9.2020.

Pfaff, A.; Riedel, W. (2020): Research on application concepts for effectors and protection component design and manufacturing studies using industrial 3D metal printers. European Military Additive Manufacturing Symposium 2020. Erding, 16.1.2020.

Rosin, J. (2020): Overview of the proposed changes to EN 14620 Part 2. Presentation at Cryogenic Storage Tanks – Update on Standards and Regulations. TÜV SÜD Akademie GmbH. Live Online Update, 22.10.2020.

Sauer, M.; Herrmann, M. (2020): Multi-scale approach to binder/crystal interfaces in PBX. Interfaces in Polymer Composites for the Energetic Materials Community. US Air Force Office of Scientific Research. Online-Workshop, 17.9.2020.

Schwarz, A.; Hübner, C.; Wenz, F.; Kappe, K.; Lichti, T. (2020): On the way to mass production of unit-cell based auxetic materials. 6th Cellular Materials CellMat 2020. Online-Kongress, 7.10.2020.

Seminarvorträge im EMI

Gulde, M. (2020): Gemeinsam ins All: So sieht's aus beim Exist-Projekt und ConstellR. EMI-Hausseminar, 18.11.2020.

Huschka, M. (2020): Knowledge Engineering mit Ontologien und Wissensgraphen. Abteilungsseminar Werkstoffdynamik 1.60, 6.3.2020.

Jenerowicz, M. (2020): Innovative Schutzausrüstung – Methoden zur Modellierung und Simulation für den Körperschutz. Abteilungsseminar Werkstoffdynamik 1.60. EMI Freiburg, 14.10.2020.

Lehrveranstaltungen

Balle, F. (Sommersemester 2020): Lab Course Engineering Materials and Testing Methods. Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Balle, F. (Wintersemester 2020/2021): Lightweight Design and Materials. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Balle, F. (Sommersemester 2020): Methoden der Materialwissenschaften. Praktikum. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Balle, F. (Sommersemester 2020): Methoden der Materialwissenschaften. Ringvorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Balle, F. (Sommersemester 2020): Technische Funktionswerkstoffe. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Balle, F. (Wintersemester 2020/2021): Werkstofftechnik und -prozesse. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Balle, F.; Henning, H.-M.; Kilchert, S.; Ganzenmüller, G. C.; Hiermaier, S.; Hess, S. et al. (Wintersemester 2020/2021): Studienseminar Sustainable Systems Engineering. Seminar. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Wissenschaftlicher Austausch, Vorträge

Becker, M.; Balle, F.; Staab, D. (Wintersemester 2020/2021): Materials Selection and Sustainable Development for Mechanical Engineering. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Ganzenmüller, G. C.; Hiermaier, S. (Wintersemester 2020/2021): Fundamentals of Resilience. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Ganzenmüller, G. C.; Stilz, M.; Hiermaier, S. (Wintersemester 2020/2021): Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung/Physics of Failure. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Häring, I. (Sommersemester 2020): Functional Safety: Active Resilience. Vorlesung und Embedded Exercises. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Hartwick, A.; Balle, F.; Richter, S. (Wintersemester 2020/2021): Sustainable Materials – Functional Materials: Einführung. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Hiermaier, S. (Sommersemester 2020): Climate Change: Impact, Key Technologies, and Policymaking. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Hiermaier, S.; Balle, F.; Ganzenmüller, G. C. (Sommersemester 2020): Sustainable Systems Engineering. Studienseminar. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Hiermaier, S.; Ganzenmüller, G. C. (Sommersemester 2020): Werkstoffdynamik/Dynamics of Materials: Numerik dynamischer Deformationsprozesse. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Hiermaier, S.; Kilchert, S. (Sommersemester 2020): Material Flow Analysis. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Kilchert, S.; Ganzenmüller, G. C.; Hiermaier, S. (Wintersemester 2020/2021): Materialebenszyklen/Material Life Cycles. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Kilchert, S.; Hiermaier, S. (Wintersemester 2020/2021): Lebenszyklusanalyse. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Matura, P.; Hiermaier, S. (Wintersemester 2020/2021): Kontinuumsmechanik. Vorlesung und Übung, Wintersemester 2020/2021.

May, M. (Sommersemester 2020): Adhesive Bonding. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

May, M. (Wintersemester 2020/2021): Composite Materials. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

May, M. (Wintersemester 2020/2021): Dynamics of Materials. Universität de Girona, Wintersemester 2020/2021.

May, M. (Sommersemester 2020): Sustainable Systems Engineering/Adhesive Bonding. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Osterholz, J. (Sommersemester 2020): High-Energy-Density Physics. Vorlesung. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Sommersemester 2020.

Sauer, M. (Wintersemester 2020/2021): Laborpraktikum. Universität der Bundeswehr München, Wintersemester 2020/2021.

Sauer, M. (Wintersemester 2020/2021): Numerische Simulationsverfahren. Vorlesung. Universität der Bundeswehr München, Wintersemester 2020/2021.

Sauer, M. (Wintersemester 2020/2021): Werkstoffcharakterisierung. Vorlesung. Universität der Bundeswehr München, Wintersemester 2020/2021.

Schäfer, F. (Sommersemester 2020): Shock Waves in Rocks II. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Steinhauser, M. (Sommersemester 2020): Advanced Methods in Computational Sciences. Vorlesung und Übung. Universität Basel, Sommersemester 2020.

Steinhauser, M. (Sommersemester 2020): Computational Materials Science with Atomistic and Coarse-grained Methods. Vorlesung. Universität Basel, Sommersemester 2020.

Stolz, A. (Sommersemester 2020): Design and Monitoring of Large Infrastructures. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Stolz, A. (Sommersemester 2020): Konzeption großer Infrastrukturen/Design of Large Infrastructures – Übung. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Sommersemester 2020.

Stolz, A. (Wintersemester 2020/2021): Strukturelle Robustheit: Resiliente Entwurfsprinzipien/Structural Robustness: Resilient Designs. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Stolz, A.; Hiermaier, S. (Wintersemester 2020/2021): Informatik-Bachelorprojekt am Lehrstuhl Nachhaltige technische Systeme. Projekt. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Wintersemester 2020/2021.

Gastwissenschaftler im EMI

Jain, Atin, 16.11.2020–31.7.2021.

Medina Escobar, Sergio, 27.5.2020–31.7.2020.

Oliveira Resende, Pablo, 1.6.2018–31.5.2022.

Padmanabha, Vivek, 15.4.2019–15.4.2022.

Tsukamoto, Akira, 3.7.2019–19.8.2020

Promotionen

Fischer, F. (2020): Mikrocomputertomographie mit photonenprozessierenden Pixeldetektoren und iterativer Rekonstruktionsmethodik – Bildeigenschaften bei reduzierter Dosis. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Frissane, H. (2020): Contribution au développement d'un codé calcul sans maillage utilisant la méthode SPH pour des applications en mécanique des chocs. Dissertation. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard.

Liesegang, M. (2020): Kontinuierliches Ultraschallschweißen ebener und rohrförmiger Titan/CFK-Verbindungen – Sonotroden, Prozessentwicklung und Verbundeneigenschaften. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Sandoval Murillo, J. L. (2020): From thermal randomness to ordered structures – The effect of mechanical gradients on the thermodynamics of phase separation during extrusion processes. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Scharte, B. (2020): Resilience Engineering – Oder von der Kunst, in der zivilen Sicherheitsforschung mit Komplexität umzugehen. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Schube, Jörg (2020): Metallization of silicon solar cells with passivating contacts. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Seifert, W. (2020): Einfluss von Adhäsivstoffen auf das ballistische Verhalten geklebter Keramik-Metall-Verbunde. Dissertation. Universität der Bundeswehr München.

Zahedi, A. (2020): Development and Applications of Laser Generated microstructures on CBN grinding wheels. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten

Altas, C. (2021): Implications of COVID-19 spread for critical infrastructure – identifying change points and inferring relations to COVID-19 interventions. Master Thesis. EMI-Bericht A 03/21. Universität Basel.

Bajwa, S. (2020): Potentiale des Kunststoffschweißens als alternative Fügetechnologie für opto-elektronische Sensoren. Masterarbeit. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Ballal, N. (2020): Analysis of numerical crash simulation data using dimensionality reduction and machine learning. Master Thesis. EMI-Bericht A 45/20. Technische Hochschule Ingolstadt.

Basavaraju, R. (2020): Development of an experimental methodology for planar-plate shear impact tests. Master Thesis. EMI-Bericht A 49/20. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Bhadeliya, A. (2020): Correlation of fracture mechanical properties and microstructure parameters of ductile cast iron at increased loading rates. Master Thesis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Bhandary, A. (2020): Edge passivation of pSPEER solar cells by post-metallization deposition and annealing processes. Master Thesis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Böhler, M. (2020): Modellierung des thermomechanischen Materialverhaltens von Polyoxymethylen (Polyacetal). Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 28/20. DHBW Lörrach.

Borchert, R. (2020): Hardware-in-the-Loop-Simulation einer Tracking-Anwendung für die Infrarotnutzlast eines Nanosatelliten. Masterarbeit. EMI-Bericht A 19/20. Hochschule Offenburg.

Bouwman, T. (2020): Development of design diagrams by means of numerical analysis for the assessment of airport runways and supply-routes vulnerability. Master Thesis. EMI-Bericht A 26/20. Hochschule Furtwangen.

Burjukadi, N. (2020): Strain-rate sensitive metamaterials made from non-viscoelastic base material. Master Thesis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Channammagari, H. (2020): Assessment of rate dependent mode II interlaminar fracture toughness of composites using a novel experimental approach. Master Thesis. EMI-Bericht A 22/20. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Charalampidou, S. (2020): Resilience and sustainability of the built environment subjected to hazards – towards an integrated quantitative assessment. Master Thesis. EMI-Bericht A 47/20. TU Berlin.

Christ, N. (2020): Implementierung und Evaluation einer Interpolationsmethode zur Vervollständigung von Messdaten aus Fahrzeugsicherheitsversuchen. Masterarbeit. EMI-Bericht A 42/20. Karlsruher Institut für Technologie.

Damm, M. (2020): Erarbeitung einer marktorientierten, auf den Endverbraucher fokussierten Ergebnisdarstellung für die LCA von PV-Modulen. Masterarbeit. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Djago, Y. (2020): Quantifizierung von Unsicherheiten in der Risiko-modellierung. Masterarbeit. EMI-Bericht 40/20. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Föhrenbacher, E. (2020): Semi-automatic assessment of mass movement hazards with fast engineering approaches using spatial and digital urban data. Master Thesis. EMI-Bericht A 43/20. RWTH Aachen.

Gmeiner, C. (2020): Design und Verifikation einer robusten Steuereinheit für ein De-Orbitsystem für einen Nanosatelliten. Masterarbeit. EMI-Bericht A 10/20. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Gundawar, R. (2020): Fast simulation of smart gas grid for largescale infrastructure resilience assessment and a related machine learning approach. Master Thesis. EMI-Bericht A 14/20. Universität Duisburg/Essen.

Henríquez-Wehr, M. (2020): Selective raytracing for thermal analysis, Universität Stuttgart, Institut für Raumfahrtssysteme. Bachelorarbeit. Universität Stuttgart.

Hezel, F. (2020): Bewertung und Charakterisierung von keramikpartikel-verstärkten SLM-Stahlwerkstoffen. Masterarbeit. EMI-Bericht A 15/20. Hochschule Furtwangen.

Huber, J. (2020): Konzeptentwicklung von additiv gefertigten Wärmeleitstrukturen für Cubesats durch strukturintegrierte Heatpipes. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 39/20. Hochschule Offenburg.

Juncker, J. (2020): Charakterisierung des Splitterverhaltens von Glasscheiben unter kurzzeitdynamischer Belastung. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 07/20. Hochschule Furtwangen.

Jurzinski, P. (2020): Konstruktion und Inbetriebnahme einer Einrichtung zur Probenvermessung. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 30/20. DHBW Lörrach.

Klein, P. (2020): Entwicklung eines innovativen Prüfverfahrens für Sandwichstrukturen. Masterarbeit. EMI-Bericht A 25/20. Universität Stuttgart.

Kraft, C. (2020): Auslegung und Bewertung von additiv gefertigten Auslegung und Bewertung von additiv gefertigten Materialien unter dynamischer Last – Erarbeitung eines ballistischen Schutzkonzeptes. Bachelorarbeit. DHBW Mannheim.

Kumar, K. (2020): Analysis of a topology optimized heavy rail. Master Thesis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Linnenberg, M. (2020): Characterization and assessment of 3D-printed steel materials. Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.

Loreth, J. (2020): Smart Coating – Experimentelle und numerische Analysen. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 18/20. DHBW Lörrach.

Manam, B. U. (2021): Measuring the mixed-mode-I/II fracture toughness in composite materials using wedge loaded asymmetric DCB specimen. Master Thesis. EMI-Bericht A 01/21. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Nasr, E. (2020): Evaluation of automatic ontology matching for materials sciences and engineering. Master Thesis. EMI-Bericht A 02/20. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Wissenschaftlicher Austausch, Vorträge

Rajendran, R. S. (2020): Local micro analysis of the mechanical PCB performance under shock and impact loading. Master Thesis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Ranganatha, M. (2020): Robust signal coding for ultrasound indoor localization. Master Thesis. EMI-Bericht A 08/20. SRH Hochschule Heidelberg.

Restayn, E.-M. (2020): Development and improvement of a score-cardbased risk and resilience self-assessment for critical infrastructure systems – Further example applications companies countering Covid-19. Master Thesis. EMI-Bericht A 44/20. Hochschule Furtwangen.

Rupakula, G. D. (2020): Numerical analysis of a novel high-rate mode II fracture toughness test. Master Thesis. EMI-Bericht A 04/20. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Rüthnick, P. (2020): Bewertung hybrider Luftfahrt-Verbindungen unter dynamischer Last. Masterarbeit. EMI-Bericht A 03/20. TU Berlin.

Sankalp, P. (2020): The Freiburg glassy polymer model. Master Thesis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Schirner, L. (2020): Thermalmodellierung kleiner Satelliten. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 16/20. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Schmidt, A. (2020): Konzeptentwicklung und Auslegung eines Schutzgehäuses unter Impaktbelastung. Masterarbeit. EMI-Bericht A 46/20. FH Bielefeld.

Stiller, P. (2020): Auslegung einer elastischen Aufhängung für eine Laborwaffe. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 29/20. DHBW Lörrach.

Stürmer, D. (2020): Prospective life cycle assessment of alternative propulsion systems in passenger vehicles. Master Thesis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Sudheendran, V. (2020): Influence of PV waste management on the environmental footprint of electricity production from photovoltaic systems. Master Thesis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Tang, Y.-S. (2021): Modeling of the failure of a single-lap hybrid joint under tensile loading. Master Thesis. EMI-Bericht A 50/20. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Wahl, J. P. (2020): Konzeptentwicklung und Dimensionierung bistabiler Mechanismen für die additive Fertigung von Metamaterialien. Masterarbeit. EMI-Bericht A 20/20. Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg.

Waseem, A. (2020): Flood hazard susceptibility modeling using open source spatial data: application of frequency ratio model to Bavaria. Master Thesis. EMI-Bericht A 12/20. TU Darmstadt.

Patente

Deutsche Patentanmeldung: 10 2019 109 789.4/PCT/EP2020/060096: Röntgencrash.

Deutsche Patentanmeldung: 102019109789.4/Internationale Patentanmeldung: PCT/EP2020/060096 – Verfahren und Computerprogramm zum zeitaufgelösten Berechnen einer Deformation eines Körpers.

Method and apparatus for comparing a simulation of a physical object with measurement data of the physical object, and method and an apparatus for generating a finite element representation of measurement data of a physical object (2020) am 30.4.2020. Veröffentlichungsnr: EP 20172375.6.

Gulde, M. (2020): Deutsche Patentanmeldung: 10 2020 201496.5 – Verfahren zur Georeferenzierung von Fernerkundungsdaten am 19.2.2020.

Gulde, M. (2020): Internationale Patentanmeldung: PCT/EP2020/065339 – Verfahren zur Bestimmung der Möglichkeit des Zugriffs eines in einem Satelliten enthaltenen Sensors auf eine Zielregion und Satellitenzugriffssystem am 8.6.2020.

Schriftenreihe des Ernst-Mach-Instituts: Epsilon-Punkt

Seifert, W. (2021): Einfluss von Adhäsivstoffen auf das ballistische Verhalten geklebter Keramik-Metall-Verbunde. Stuttgart: Fraunhofer Verlag (Schriftenreihe Epsilon-Punkt – Forschungsergebnisse aus der Kurzzeitdynamik).

Workshops und Veranstaltungen

Workshop anlässlich des Daimler Sustainability Dialogue am 5.11.2020 (Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit).

Mitwirkung in Fachgremien, Fachverbänden und Programmkomitees

Fehling-Kaschek, M.: Program Committee of CPS4CIP.

Günther, S.: Fraunhofer-Vertreterin im Steering Committee des JTI Clean Sky 2 Airframe ITD.

Günther, S.: Mitglied im Beraterkreis für SAP PBP Strategisches Portfoliomanagement der Fraunhofer-Gesellschaft.

Günther, S.: Mitglied im Technischen Rat der Fraunhofer-Gesellschaft für Clean Sky 2.

Günther, S.: Mitglied in WG 4 Safety and Security in ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe).

Günther, S.: Vertretung von S. Hiermaier im Institutsleitungsrat (ILR) der Fraunhofer-Gesellschaft für Clean Sky 2.

Heine, A.: LWAG Lightweight Armour Group.

Hiermaier, S.: Fachbeirat Verkehrsinfrastruktur bast.

Hiermaier, S.: Mitglied im Beirat des Leistungszentrums Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe.

Leismann, T.: Mitglied im Wissenschaftlichen Programmausschuss
Zivile Sicherheitsforschung des BMBF.

May, M.: American Institute of Aeronautics and Astronautics –
International Working Group.

May, M.: Composites United, Arbeitsgruppe »Strukturelle Integrität
und UAG Composite Fatigue«.

May, M.: Fraunhofer-Vertreter im Project Management Committee
Clean Sky 2 – Airframe.

May, M.: Senior Member American Institute of Aeronautics and
Astronautics.

May, M.: Stellvertretender Fraunhofer-Vertreter im Steering Committee
Clean Sky 2 – Airframe.

May, M.: Stellvertretender Sprecher Fraunhofer VVS im Kontext FCAS.

Putzar, R.: Past Chairman der Aeroballistic Range Association (ARA).

Putzar, R.: Repräsentant des Ernst-Mach-Instituts in der Aeroballistic
Range Association (ARA).

Ramin, M. von: Mitarbeit in der Klotz Group.

Ramin, M. von: Mitarbeit in der NATO PFP(AC/326-SG/C) AASTP-4
Custodian Working Group.

Ramin, M. von: Mitglied beim American Concrete Institute (ACI).

Ramin, M. von: Mitglied beim Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb).

Rosin, J.: Mitglied im europäischen Normungsausschuss CEN/TC 265/WG 10
(»Site built metallic tanks for the storage of liquids«), Projektleiterin des
Teil 2 EN 14620.

Rosin, J.: Mitglied im Normungsausschuss NA 104, DIN-Normenausschuss
Tankanlagen (»NATank«).

Schimmerohn, M.: Chairman of Working Group 3 of the Inter-Agency
Space Debris Coordination Committee (IADC), external DLR Delegate.

Impressum

Redaktion

Birgit Bindnagel (verantwortlich), Heide Haasdonk

Redaktionelle Mitarbeit

Johanna Holz, Felix Kainzbauer, Sophie Wilhelm

Layout und grafische Bearbeitung

Deborah Kabel, Sonja Weber

Bildredaktion

Birgit Bindnagel, Heide Haasdonk, Deborah Kabel, Sonja Weber, Sophie Wilhelm

Redaktionsanschrift

Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Ernst-Zermelo-Straße 4

79104 Freiburg

Telefon 0761 2714-366

birgit.bindnagel@emi.fraunhofer.de

www.emi.fraunhofer.de

© Fraunhofer EMI, Freiburg 2021

Lern- und Bastelspaß für Nachhaltigkeits-Fans und Nachwuchs-Crasher



Mini-Gewächshaus aus PET-Flaschen – »Upcycling«

Für das Mini-Gewächshaus brauchst Du:

Blumentöpfe (Durchmesser: 8 Zentimeter), leere Plastikflaschen (so viele wie Töpfe), Anzucherde und Saatgut, Filzstift, Cutter und Tafelkreide.



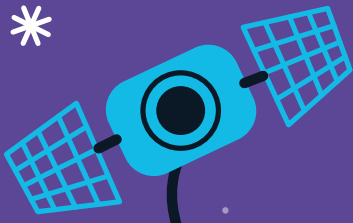
- 1. Schritt:** Blumentöpfe auf Unterlage stellen, die schmutzig werden darf (Zeitungen).
- 2. Schritt:** Plastikflaschen auf 11 Zentimeter Höhe (von oben gemessen) kürzen.
- 3. Schritt:** Erde in Blumentöpfe füllen, Saatgut in die Erde streuen und »Gewächshäuser« mit den gekürzten Plastikflaschen (Plastikkuppeln) schließen.
- 4. Schritt:** Mit Tafelkreide Tontöpfe beschriften, zum Beispiel mit dem Aussaatdatum.

Was ist eigentlich Röntgenstrahlung?

Wilhelm C. Röntgen gilt als Entdecker der Röntgenstrahlung und ist zudem ihr Namensgeber. 1895 stieß er im Physikalischen Institut der Universität Würzburg auf die besonderen Strahlen und wurde dafür mit dem ersten Nobelpreis für Physik ausgezeichnet. Doch was ist Röntgenstrahlung genau? Wie das Sonnenlicht oder Mikrowellenstrahlung sind auch Röntgenstrahlen elektromagnetische Strahlen. Solche Strahlen unterscheiden sich durch ihre unterschiedlichen Wellenlängen, die entscheidend dafür sind, ob die Strahlen sichtbar sind oder nicht. Da Röntgenstrahlen über längere Wellen als das Sonnenlicht verfügen, können wir diese nicht sehen. Trotzdem sind sie sehr nützlich und werden im Alltag häufig eingesetzt, zum Beispiel bei ärztlichen Untersuchungen oder in der Wissenschaft. Während im Krankenhaus ein gebrochener Knochen geröntgt wird, nutzt das EMI die Strahlen für Fahrzeug-Crashtests, um die Konstruktion des Fahrzeugs zu verbessern.

Was ist was?

Verbinde mithilfe eines Stifts die Namen der Geschäftsfelder mit der passenden Grafik!



Luftfahrt

Sicherheit und Resilienz



Automotive

Verteidigung



Raumfahrt



Welches Wort wird gesucht?

Finde das Lösungswort, indem Du den Jahresbericht auf den unten genannten Seiten durchstöberst! Trage den Begriff auf den Linien ein.

Seite 23, Wort 1, Buchstabe 4; Seite 26, Wort 2, Buchstabe 2;
Seite 33, Wort 2, Buchstabe 1; Seite 35, Wort 1, Buchstabe 3;
Seite 39, Wort 3, Buchstabe 2; Seite 44, Wort 2, Buchstabe 1;
Seite 49, Wort 4, Buchstabe 1; Seite 59, Wort 5, Buchstabe 1;
Seite 63, Wort 2, Buchstabe 4.

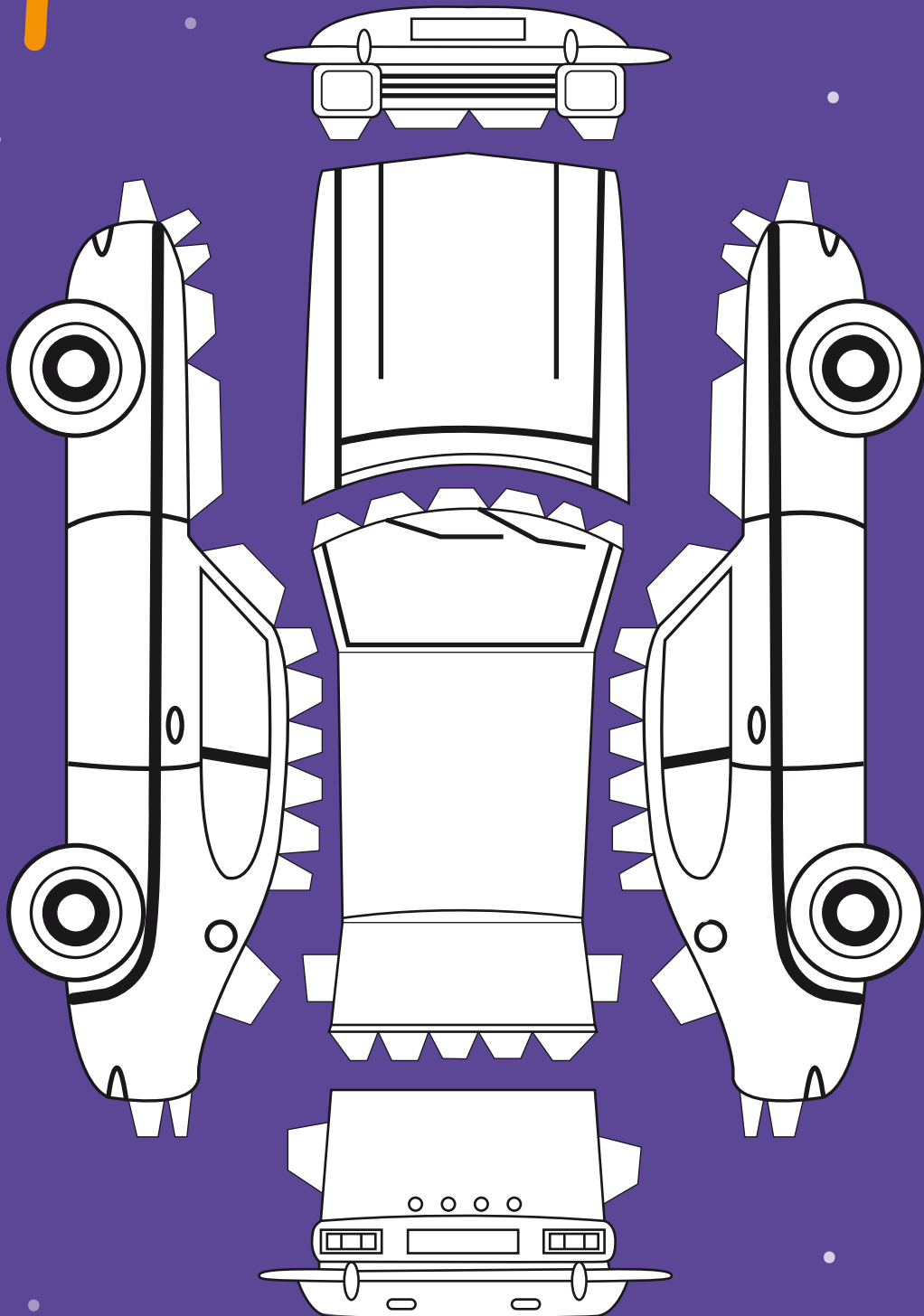


Bastle Dein eigenes Auto!

Die Bastelanleitung findest Du hier.



s.fhg.de/bastelanleitung





Fotoaktion

Bastle Dein eigenes Auto, und schick uns davon ein Foto für unsere Bildergalerie! Hier die E-Mail-Adresse, an die Du oder Deine Eltern das Bild senden können:

info@emi.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik,
Ernst-Mach-Institut, EMI
Ernst-Zermelo-Straße 4
79104 Freiburg
Telefon +49 761 2714-0
info@emi.fraunhofer.de
www.emi.fraunhofer.de

Standorte
Freiburg, Efringen-Kirchen und Kandern