



Fraunhofer

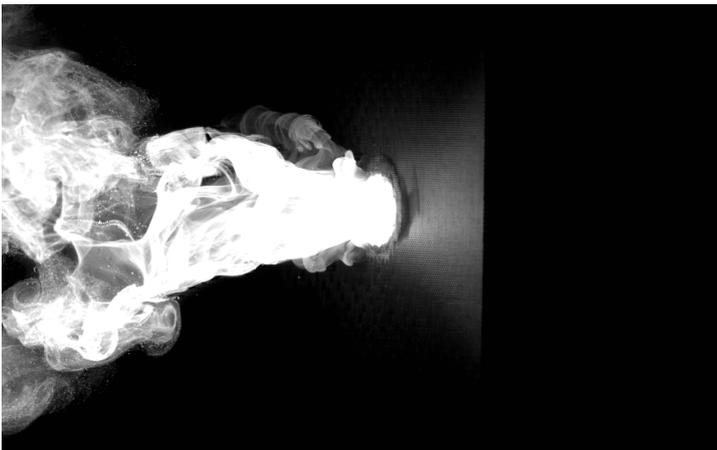
EMI

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR KURZZEITDYNAMIK, ERNST-MACH-INSTITUT, EMI



JAHRESBERICHT

2017/2018



Die Abbildung zeigt die Verdampfungsprozesse in einer laserbestrahlten Probe aus kohlenstoffaserverstärktem Kunststoff und wurde mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommen. Bei der Wirkung intensiver Laserstrahlung auf Materie spielen zahlreiche physikalische und chemische Prozesse eine Rolle, die mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ablaufen. Während beispielsweise Wärmeleitungsprozesse auf einer Zeitskala von Sekunden auftreten und daher mit vergleichsweise langsamen Kameras beobachtet werden können, sind Verdampfungsprozesse und Plasmabildung durch eine hohe Dynamik auf einer Mikrosekundenskala gekennzeichnet. Für die Visualisierung derartiger schneller Prozesse ist daher spezielle Hochgeschwindigkeitsmesstechnik erforderlich. Lesen Sie dazu den Beitrag auf Seite 10 in diesem Jahresbericht.

JAHRESBERICHT
2017/2018

»RAUM FÜR NEUE FORSCHUNG«

Liebe Leserinnen und Leser,

Neues braucht Platz – und neue Forschungsthemen brauchen viel Platz. Nach zwei Jahren Bauzeit konnten wir am 13. November 2017 unseren Neubau feierlich eröffnen. Ausgezeichnete Organisation bei der Planung in unserer Münchner Zentrale wie auch am EMI und etwas Glück ermöglichten, daß wir damit voll im Zeit- und Kostenrahmen bleiben konnten.

Der Neubau schließt sich nahtlos an das Bestandsgebäude an. Eine zweigeschossige Brücke mit Büros, Laboren und einer Bibliothek verbindet beide Gebäudeteile. Das verbindende Element macht die Wege kurz und den Austausch fließend. Es ist Brücke zum Neuen im EMI wie auch zu der das Institut baulich umgebenden Albert-Ludwigs-Universität.

Das Neue im EMI findet beispielsweise im Labor für Multi-Material Design statt. Eine Split-Hopkinson-Anlage auf Zugbetrieb mit Verzerrungsraten bei etwa 100 1/s ist Neuland. Gerade diese niedrige Belastungsgeschwindigkeit ist die Herausforderung. Sie ist den Standard-Hopkinson-Anlagen nicht zugänglich, weil die Pulsdauern zu kurz und die benötigten Proben zu groß sind. Servohydraulische Anlagen hingegen weisen genau in diesem für Craschanwendungen der Automobilindustrie so wichtigen Segment zu starke Oszillationen im Meßsignal auf. Die neue Anlage des EMI traf dementsprechend beim 8. *crashMAT*-Workshop in Freiburg auf großes Interesse.

Der Einfluß von Herstellungsparametern auf mechanische Eigenschaften von Werkstoffen ist beherrschendes Thema der Materialforschung. Ein immer relevanter werdender Herstellungsprozeß ist die additive Fertigung, auch als Laserschmelzen oder 3D-Druck bekannt. Zwei metallische 3D-Drucker im Neubau eröffnen dem EMI die Möglichkeit, Ergebnisse aus der Simulation direkt in die Fertigung zu überführen und Werkstoffeigenschaften additiv gefertigter Bauteile genau zu untersuchen.

Laser sind ein immer ernster zu nehmendes militärisches Wirkmittel. Der zu beobachtende Einzug von Lasersystemen unterschiedlichster Leistungsklassen im militärischen Bereich erfordert die eingehende Erforschung ihrer Potenziale in beiden klassischen EMI-Themenfeldern, dem Schutz und der Wirkung. Das Institut ist auf diese Entwicklung gut vorbereitet und hat über die vergangenen Jahre hinsichtlich der Physik der Laser-Materie-Wechselwirkung sowohl experimentelle Erfahrung als auch numerische Methodenkompetenz erworben und steht dem Bundesministerium der Verteidigung damit in allen Belangen der Forschung zur Laserwirkung beratend zur Seite.

ERNST macht Ernst. Und große Fortschritte Richtung Orbit in seinem neuen Satellite Lab. Unser erster eigener Nanosatellit ERNST startet voraussichtlich Anfang 2021 ins All. Mit ERNST erstellt das EMI einen vielseitigen Kleinsatelliten und sammelt wertvolle Erfahrung in den Bereichen Sensorik und Kommunikation mittels raumgestützter Systeme.

Bereits angekommen ist das Institut in einem anderen Orbit. Die Beteiligung am Lehrbetrieb vorwiegend, wenn gleich nicht nur, der Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität ist vielfältig und intensiv. Den EMI-Mitarbeitenden erwachsen daraus Möglichkeiten zur eigenen akademischen Entwicklung, aber auch zur Identifikation und Gewinnung von wissenschaftlichem Nachwuchs. Das Institut profitiert somit immer mehrfach, wenn Lehre und Weiterbildung aktiv nach außen getragen werden.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!

Ihr

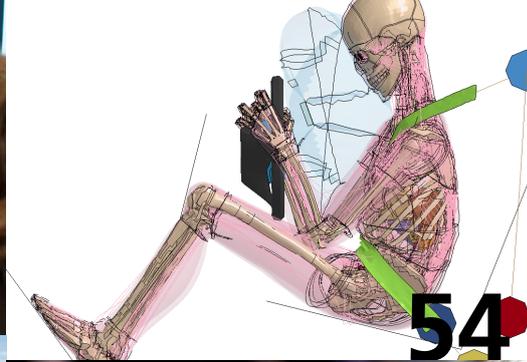


Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Hiermaier
Institutsleiter Fraunhofer EMI





42



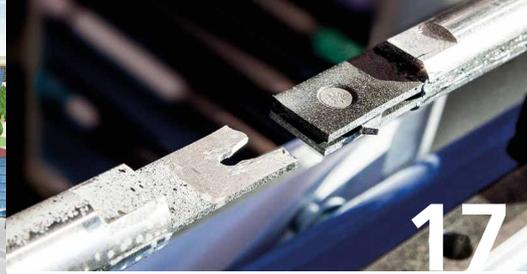
54



62



34



17



95

7 Geschäftsfeld Verteidigung

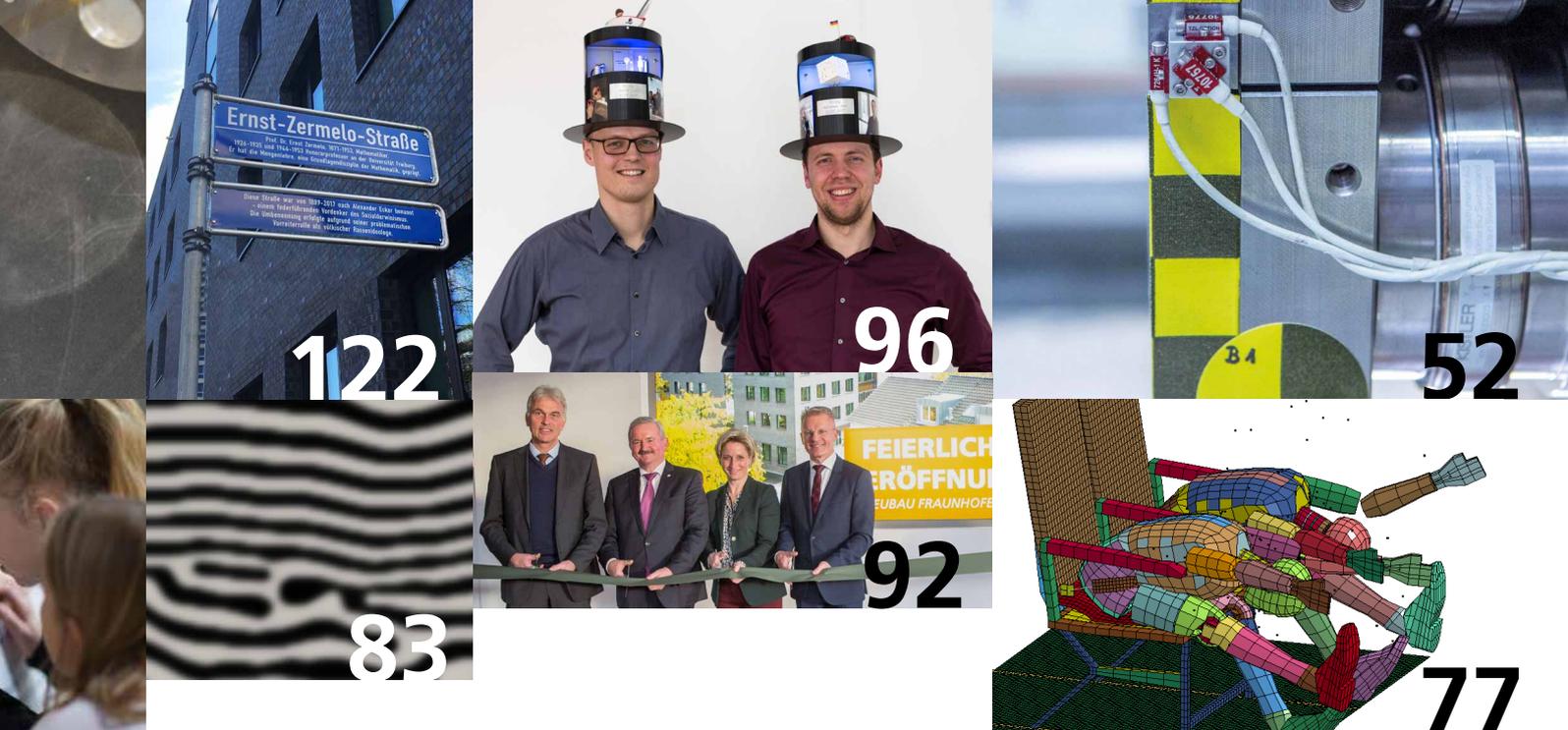
- 10 Von der Sicherheitsforschung und Wehrtechnik bis zum Meteoritenimpakt: die Untersuchungsmöglichkeiten im neuen Hochleistungslaserlabor
- 12 Modellierung der Laserwirkung auf energetische Materialien
- 16 Polyvalente Schutzkonzepte für die Fahrzeuge der Bundeswehr
- 17 Entwicklung neuer Prüfmethode zur dynamischen Charakterisierung hybrider Verbindungen im neuen Labor für Multi-Material Design
- 18 EMI Tools als Standardsoftware der Bundeswehr für Risikoanalysen bei der Bevorratung von Munition
- 19 Entwicklung neuer Innenballistikcodes
- 20 Munitionssicherheit: Charakterisierung der Reaktionsschwellen von polymergebundenen Sprengstoffen
- 21 Automatisierte Röntgen-CT-Analyse von Sprengstoff – Lunkersuche in der 3D-Mikrowelt
- 22 Thermische Zeitkonstante elektrischer Zündmittel
- 23 Funktionsleichtbau durch Multimaterialbauweise im 3D-Druck: neue Potenziale für aktive und adaptive Schutz- und Wirkmechanismen und Leichtbau
- 25 Experteninterview zur europäischen Verteidigungsforschung mit Dr. Stephanie Günther und Professor Klaus Thoma

31 Geschäftsfeld Sicherheit

- 34 Softwarelösung zur Untersuchung der Wirkung von Explosionswaffen in besiedelten Gebieten
- 36 Weiterentwicklung eines Tools zur Einschätzung der Resilienz kritischer Infrastrukturen und Integration in eine Webplattform
- 37 Mehr Sicherheit in Tunneln bei Notfalleinsätzen
- 42 Im Gespräch mit Dr. Stefan Moser und Victoria Heusinger
»Sprengstoff oder Seife?« – Forscherinnen und Forscher am EMI arbeiten an bildgebenden Verfahren zur Untersuchung potenziell gefährlicher Objekte

47 Geschäftsfeld Automotive

- 50 Röntgendiagnostik bei Crashtests nimmt Fahrt auf
- 52 Upgrade der Messtechnik im Crashzentrum
- 53 Dehnrateneffekte beim Versagen von Batteriezellen
- 54 Menschmodelle statt Dummies – neue Wege beim Insassenschutz in der Crashsimulation
- 55 Datenanalyse zur objektiven Eignungsbewertung von hybriden Materialsystemen in crashbelasteten Fahrzeugstrukturen



59 Geschäftsfeld Raumfahrt

- 62 D-MEN: Entnahme von Materialproben von Asteroiden
- 64 Thermalanalyse für Satelliten am Beispiel ERNST
- 65 Messung von Ejektaeigenschaften und Impulstransfer in Experimenten zur Asteroidenabwehr

69 Geschäftsfeld Luftfahrt

- 72 Vogelschlagsimulationen für den neuen Hochgeschwindigkeitshubschrauber »Racer«
- 75 Drohnenschlag: Untersuchungen zur Flugzeugsicherheit bei Kollision mit unbemannten Luftfahrzeugen
- 76 Hagelschlag auf Flugzeugstrukturen

79 Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg

- 81 Hannover, Los Angeles, New York und München: Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg trägt neueste Erkenntnisse um die Welt
- 82 Bio-inspirierte, selbstreparierende Werkstoffe für eine nachhaltige Entwicklung
- 83 Nutzung von Lignin als Ausgangsmaterial für einen biologisch basierten Kunststoff
- 84 TAURUS – transatlantisches Forschungsmarketing für urbane Resilienzforschung

87 EMI-Mosaik

- 88 Anwendungsorientierung und fachlicher Austausch – EMI-Mitarbeitende berichten über ihre Lehre am INATECH
- 90 Girls' Day 2017 – das EMI öffnet seine Türen für technikinteressierte Schülerinnen
- 92 Mehr Raum für angewandte Forschung in den Bereichen Luft- und Raumfahrt, Automobilcrash sowie Verteidigungs- und Sicherheitsforschung

101 Das Institut im Profil

- 102 Ansprechpersonen
- 104 Zahlen und Fakten
- 106 Kuratorium
- 108 Die Fraunhofer-Gesellschaft

111 Publikationen, Wissenschaftlicher Austausch, Vorträge 2017/2018

122 Impressum

124 Der EMI-Neubau

GESCHÄFTSFELD
VERTEIDIGUNG



GESCHÄFTSFELD VERTEIDIGUNG



Die Erwartungen an die Leistungsfähigkeit der Bundeswehr leiten sich davon ab, wie Sicherheit in unserer demokratischen Gesellschaft wahrgenommen wird. Die Randbedingungen hierfür sind gegenwärtig starken Änderungen unterworfen, insbesondere auch im Hinblick auf technologische Weiterentwicklungen.

Das Fraunhofer EMI verfolgt in seinem zentralen Geschäftsfeld die Mission, das Bundesministerium der Verteidigung als strategischer Partner für Forschung und Technologie auf dem Gebiet der Kurzzeiddynamik zu unterstützen. Hierzu zählt, wissenschaftlich-technologische Fragestellungen aus den Bereichen Schutz und Wirkung sowie wehrtechnische Sicherheit und Systeme zu untersuchen. Außerdem werden die Ergebnisse im Hinblick auf eine mögliche Bedeutung für die Bundeswehr und die von ihr zukünftig benötigten technologischen Fähigkeiten diskutiert.

Foto: Das Fraunhofer EMI ist Partner der Bundeswehr für Analyse und Beratung in Forschung und Technologie.

© 2016 Bundeswehr
Falk Bärwald.

Von zentraler wissenschaftlicher Bedeutung bei dieser Aufgabe ist für uns die Fähigkeit zur genauen Erfassung des Verhaltens von Materialien, Komponenten und Teilsystemen in dynamischen Experimenten unter Laborbedingungen. Diese führen wir mit an Zeit- und Ortsauflösung sowie raue Umgebungsbedingungen angepasster Messtechnologie durch, um die beobachteten Phänomene in geeignete Modellbeschreibungen zu überführen und Anwendungsfälle auf der Basis von numerischen Simulationen und Modellen zu analysieren. Aus den Ergebnissen leiten wir technologische Lösungen ab.

Im folgenden Kapitel werden Themen dargestellt, die auf der Grundlage einer Förderung durch das Bundesministerium der Verteidigung wissenschaftlich untersucht wurden.



Dr. Matthias Wickert

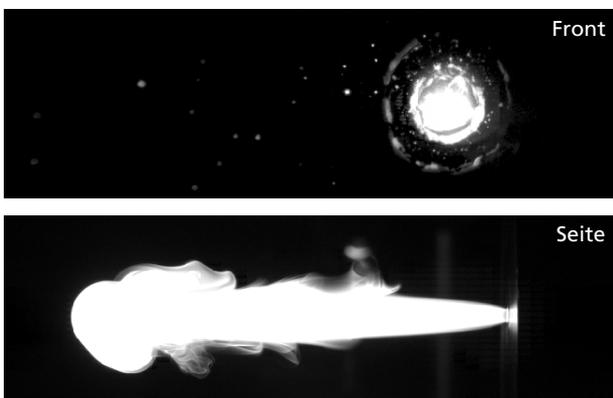
Geschäftsfeldleiter Verteidigung
Telefon 0761 2714-384
matthias.wickert@emi.fraunhofer.de

Von der Sicherheitsforschung und Wehrtechnik bis zum Meteoritenimpakt: die Untersuchungsmöglichkeiten im neuen Hochleistungslaserlabor

Leistungsfähige Laser haben sich im Bereich der industriellen Materialbearbeitung zu unentbehrlichen Werkzeugen entwickelt, mit welchen Prozesse wie Schweißen, Schneiden oder Bohren schnell und mit hoher Präzision durchgeführt werden können. Neben diesen etablierten Verfahren werden am Fraunhofer EMI auch neue Einsatzmöglichkeiten von Hochleistungslasern untersucht. Das Spektrum reicht von neuen Anwendungen in der Sicherheitsforschung über wehrtechnische Anwendungen bis hin zu Untersuchungen der Vorgänge in geologischen Materialien bei Meteoritenimpakt. Dabei spielt die Fähigkeit von Laserstrahlung, Energie über große Distanzen gerichtet zu transportieren, eine Rolle. So wurde bereits gemeinsam mit internationalen Partnern im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte das Potenzial des Lasers für die sichere Entschärfung von Sprengsätzen auf Entfernung demonstriert. Der Vorteil bei der Anwendung des Lasers besteht darin, dass die Entschärfung durchgeführt werden kann, ohne dass sich Personen in der Nähe der Sprengsätze aufhalten müssen. Das Verfahren trägt daher in besonderem Maße zur Erhöhung der Sicherheit von Entschärferteams bei. Zusätzlich werden am Fraunhofer EMI Softwaretools für die Bewertung der Sicherheit beim Lasereinsatz entwickelt, mit denen Einsatzkräfte mögliche Gefährdungsbereiche identifizieren und vorab Maßnahmen für eine sichere Laseranwendung vorbereiten können. Mit der Einrichtung eines neuen Laserlabors im Neubau des Fraunhofer EMI

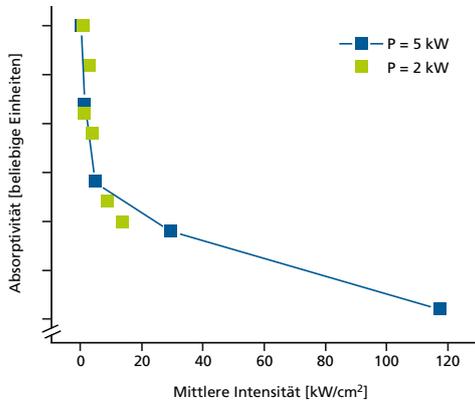
in Freiburg sind nun die Forschungsmöglichkeiten für die Entwicklung neuer Anwendungen leistungsfähiger Laser erheblich erweitert worden. Dies betrifft insbesondere die Fähigkeit, die teilweise sehr komplizierten Vorgänge bei der Laserwirkung in Abhängigkeit von den Strahlparametern im Labor mit spezieller Hochgeschwindigkeitsmesstechnik im Detail zu untersuchen. Diese Beobachtungen können zur Entwicklung von Computermodellen für die Vorhersage des Prozessverlaufs bei der Laserwirkung benutzt werden. Für die experimentellen Untersuchungen stehen neben einem Hochleistungslaserlabor und einem Puls laserlabor mit dazugehörigem Kontrollraum auch ein Applikationslabor zur Vorbereitung von Proben und zur Entwicklung und Erprobung neuer Messtechnik zur Verfügung.

Als Beispiel für die bei der Laserwirkung in Abhängigkeit von den Strahleigenschaften auftretenden Prozesse zeigt die Abbildung 1 zwei Hochgeschwindigkeitsaufnahmen von Metallproben während der Lasereinwirkung mit unterschiedlichen Prozessparametern. Die obere Aufnahme zeigt die Vorgänge bei einer Laserleistung von fünf Kilowatt mit einem Strahldurchmesser von 28 Millimetern. Im Hochgeschwindigkeitsvideo kann zunächst der schnelle Abtrag einer dünnen Schicht der Oberfläche, gefolgt vom Aufschmelzen des Materials im Bereich des Laserstrahls beobachtet werden. Im Gegensatz dazu ist der Energieeintrag im unteren Bild mit einer Laserleistung von zehn Kilowatt und einem Strahldurchmesser von 2,6 Millimetern räumlich wesentlich stärker konzentriert und führt zu einem schnellen Anstieg der Temperatur über den Siedepunkt des Metalls hinaus, gefolgt von der Entstehung einer expandierenden Dampf- beziehungsweise Plasma- wolke, die durch den Laserstrahl weiter aufgeheizt und dabei teilweise ionisiert wird.

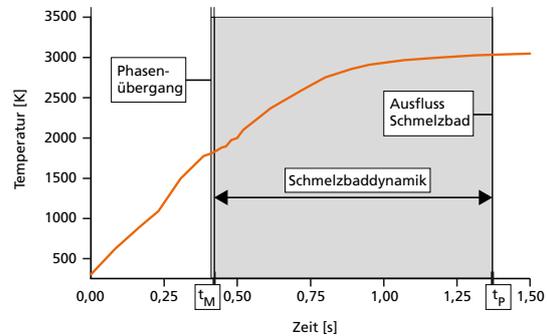


1 Hochgeschwindigkeitsaufnahmen von Metallproben während der Laserbestrahlung. Frontalansicht einer Bestrahlung mit einer Leistung von fünf Kilowatt und einem Strahldurchmesser von 28 Millimetern (oben) und Seitenansicht einer Bestrahlung mit zehn Kilowatt und 2,6 Millimetern (unten).

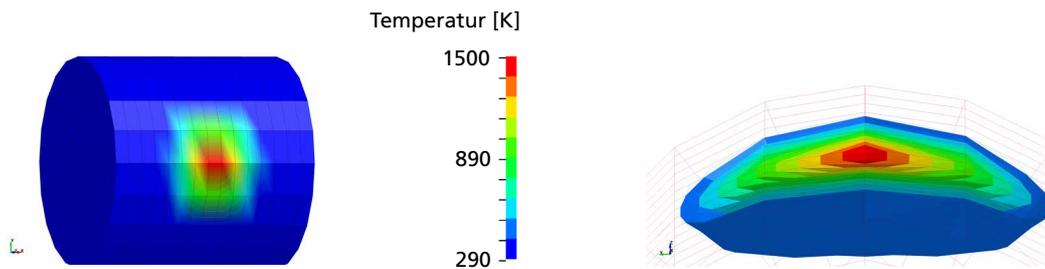
Generell ist für alle Arten von Laseranwendungen die Frage nach dem Energietransfer vom Laserstrahl an die bestrahlte Probe von grundlegendem Interesse. Physikalisch wird der Anteil der übertragenen Energie als effektive Absorptivität bezeichnet. Exemplarische Laboruntersuchungen am Fraunhofer EMI haben gezeigt, dass die effektive Absorptivität bei Laserintensitäten, wie sie im statischen Versuch in Abbildung 1, oben vorliegen, in der Größenordnung von 60 Prozent liegen kann.



2 Die Entstehung einer Dampf- beziehungsweise Plasmawolke beeinflusst die Energieübertragung vom Laserstrahl auf die Metallprobe und führt bei hohen Laserintensitäten zu einer Abnahme der effektiven Absorptivität.



3 Simulation des zeitlichen Temperaturverlaufs an der Rückseite einer Metallplatte während der Lasereinwirkung.



4 Simulationsergebnisse zur Einwirkung eines intensiven Laserstrahls auf einen zylindrischen Probenkörper aus zwei Perspektiven. Links: Temperaturverteilung an der Oberfläche, rechts: Temperaturverlauf im Innern der Probe.

Die Messreihe in Abbildung 2 zeigt jedoch, dass bei sehr hohen Intensitäten unter Umständen deutlich geringere Werte gemessen werden. Die Ursache für die Abnahme liegt in der Wechselwirkung des Laserstrahls mit der expandierenden Dampf- beziehungsweise Plasmawolke, in der ein Teil der eintreffenden Laserenergie absorbiert wird. Dies führt zu einer Abnahme der Leistung des Laserstrahls an der Oberfläche der Probe und damit auch zu einer Verringerung der Heizrate. In den neu eingerichteten Laboren können die Dynamik dieser Prozesse sowie die intensitätsabhängigen Materialparameter mit neuer Messtechnik wissenschaftlich untersucht und die daraus gewonnenen Erkenntnisse für die Optimierung von Laserprozessen genutzt werden.

Darüber hinaus finden die aus derartigen Untersuchungen bestimmten Materialeigenschaften auch Anwendung in Computersimulationen, welche am EMI für die Berechnung thermischer Prozesse bei der Laserwirkung entwickelt werden. Damit kann zum Beispiel die Erwärmung eines Werkstücks bei der Laserbearbeitung in Abhängigkeit der Laserparameter unter Berücksichtigung von Energieeinkopplung, Wärmeleitungsprozessen sowie Phasenüber-

gängen (Schmelzen und Verdampfen des Materials, siehe auch Abbildung 1) für spezifische Materialien und Probengeometrien berechnet werden. Als einfaches Beispiel zeigt Abbildung 3 den zeitlichen Temperaturverlauf während der Laserbestrahlung an der Rückseite einer Metallplatte, bei dem unter anderem auch der Einfluss des Phasenübergangs auf den Temperaturanstieg bei Aufschmelzen der Probe sichtbar wird. In Abbildung 4 wird anhand eines zylindrischen Probenkörpers illustriert, dass die Temperaturverteilung auch in komplizierten Geometrien mit gekrümmten Oberflächen modelliert werden kann.



Ansprechpartner
Dr. Jens Osterholz

jens.osterholz@emi.fraunhofer.de

Modellierung der Laserwirkung auf energetische Materialien

Die Untersuchung der Wirkung intensiver Laserstrahlung auf energetische Materialien ist ein Thema mit erheblicher Relevanz für die Sicherheits- und Verteidigungsforschung. Der Hochleistungslaser bietet unter anderem bei der Entwicklung neuartiger Verfahren zur sicheren Entschärfung von Sprengsätzen und zur Abwehr von Mörsergranaten und Raketen im Feldlagerschutz großes Potenzial. Die dabei auftretenden Prozesse konnten in der Vergangenheit noch nicht adäquat beschrieben werden und wurden im Rahmen einer Doktorarbeit experimentell und numerisch erarbeitet.

Der Laser-Cookoff

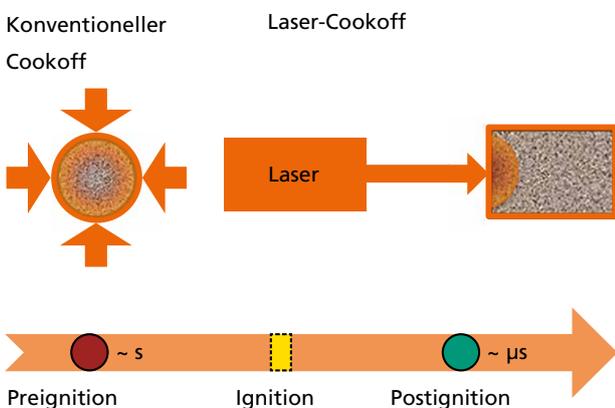
Um die Sicherheit von Explosivstoffen im Brandfall zu bewerten, sind sogenannte Cookoff-Tests etabliert, bei denen die energetischen Materialien langsam bis hin zur thermischen Zündung erwärmt werden (Abbildung 1). In Analogie dazu wird die Aufheizung energetischer Materialien mit einem Hochleistungslaser auch als Laser-Cookoff bezeichnet. Im Gegensatz zum konventionellen Cookoff bewirkt der Laser eine lokale Aufheizung mit höheren Heizraten. Dies hat einen größeren Temperaturgradienten im energetischen Material zur Folge.

Ein Cookoff beginnt mit der Preignition-Phase (Abbildung 1), in der das energetische Material aufgeheizt wird und seine Reaktion langsam, unter Freisetzung chemischer Energie, startet. Die Reaktion wird selbsterhaltend,

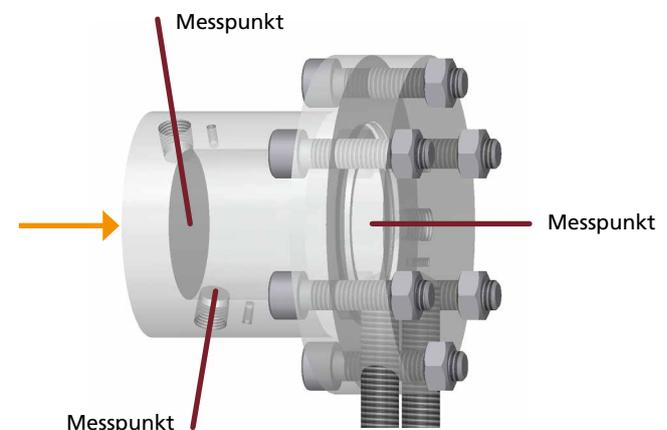
sobald mehr chemische Energie freigesetzt wird als abtransportiert werden kann. Dies markiert den Zeitpunkt der thermischen Zündung (Ignition). Die anschließende Postignition-Phase ist geprägt von der schnellen Umsetzung des noch unverbrauchten energetischen Materials. Die rasche Freisetzung und Expansion gasförmiger Reaktionsprodukte kennzeichnen die explosive mechanische Wirkung des energetischen Materials. Während es in der Preignition-Phase von Interesse ist, ob und wann es zu einer Zündung kommt, steht in der Postignition-Phase die Frage nach der Reaktionsstärke im Mittelpunkt.

Experimentelle Untersuchungen zum Laser-Cookoff

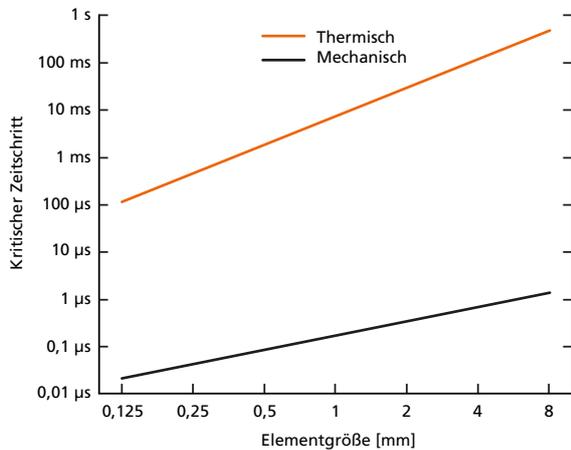
Für die systematische Analyse der Vorgänge bei der Laserwirkung auf energetische Materialien wurden in der Vergangenheit bereits zahlreiche experimentelle Untersuchungen am Fraunhofer EMI durchgeführt. Dabei werden zum Beispiel zylinderförmige Referenzproben, wie sie in Abbildung 2 zu sehen sind, mit Explosivstoffen gefüllt und anschließend in einem Speziallabor mit einem leistungsfähigen Laser bestrahlt. Die dabei ablaufenden Prozesse können im Detail mit spezieller Hochgeschwindigkeitsmesstechnik sowie mit Hochgeschwindigkeitskameras und Röntgenblitzröhren erfasst und analysiert werden. Die Preignition-Phase liegt dabei typischerweise in der Größenordnung von Sekunden, während die Postignition-Phase innerhalb von Mikrosekunden abgeschlossen ist.



1 Darstellung eines konventionellen Cookoffs und eines Laser-Cookoffs. Beide haben den Charakter einer thermischen Initiierung und den Verlauf von einer langsamen Preignition-Phase über die Zündung (Ignition) zur schnellen Postignition-Phase.



2 CAD-Bild eines entwickelten Probenkörpers mit einem Zentimeter Wandstärke und Gewinden für druckdichte Verschraubungen zur Temperaturmessung im Innern der Probe während der Laserbestrahlung (von links).

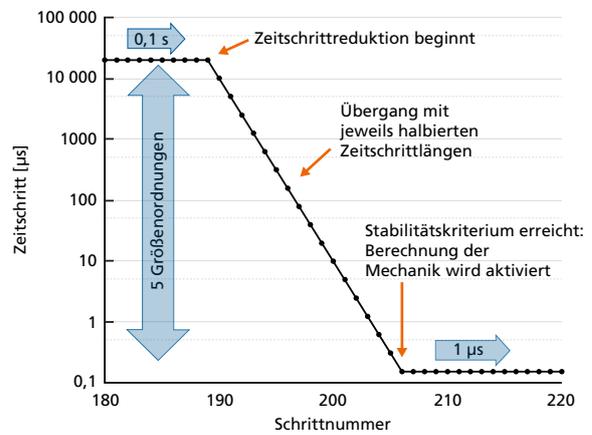


3 Vergleich des kritischen thermischen und mechanischen Zeitschritts für verschiedene Elementgrößen.

Aufbau einer Simulationsumgebung

Für ein detailliertes Verständnis wurde eine Simulationsumgebung aufgebaut, mit welcher der gesamte Reaktionsablauf einschließlich Aufheizphase und thermischer Initiierung abgebildet werden kann. Die Modellierung der relevanten Prozesse gelang ohne zusätzliche Annahmen, lediglich auf der Basis von physikalischen Gesetzmäßigkeiten und von Materialparametern aus der Literatur. Die Simulationsumgebung wurde auf Basis eines bestehenden Hydrocodes entwickelt, da sich Hydrocodes insbesondere für die Simulation der hochdynamischen Postignition-Phase eignen. Der Hydrocode wurde erweitert, um neben den mechanischen Prozessen auch die Energieeinkopplung durch den Laser sowie thermische und chemische Prozesse modellieren zu können.

Eine besondere Herausforderung ergab sich aufgrund der stark unterschiedlichen Zeitskalen der einzelnen Prozesse. Der Zündzeitpunkt lag für die kleinste verwendete Laserleistung von einem Kilowatt bei etwa einer Minute. Die Simulation eines solch langen Vorgangs im explizit integrierenden Hydrocode würde aufgrund des kleinen, kritischen mechanischen Zeitschritts in der Größenordnung von einer Mikrosekunde zu lange dauern. Deswegen wurde ein Multizeitskalenansatz entwickelt, mit dem die mechanischen Prozesse zunächst vernachlässigt werden und stattdessen der in diesem Fall circa 100 000-fach größere kritische Zeitschritt der Wärmeleitung herangezogen wird. Abbildung 3 zeigt die beiden Stabilitätskriterien für Stahl



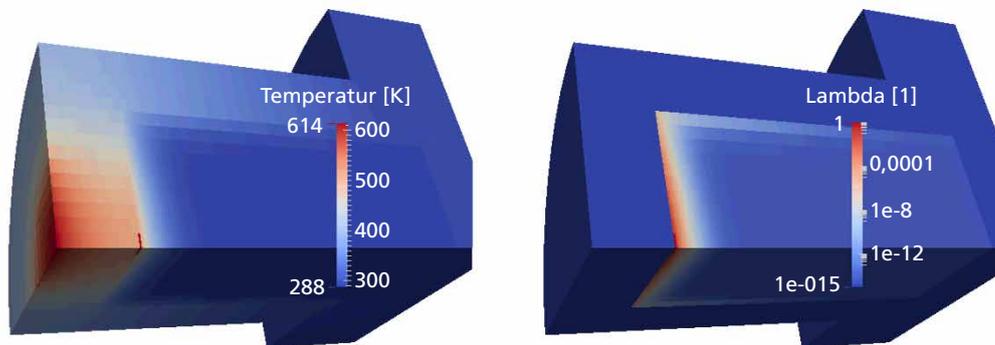
4 Beispielhafte Zeitschrittreduktion des Multizeitskalenansatzes.

in Abhängigkeit von der Elementgröße. Sollen die mechanischen Prozesse in der Postignition-Phase beziehungsweise bereits kurz vor der Zündung wieder berücksichtigt werden, so sieht der Multizeitskalenansatz dafür eine Zeitschrittreduktion vor (Abbildung 4). Sobald der Zeitschritt unterhalb des mechanischen Stabilitätskriterium liegt, kann neben der Energiebilanz auch die Massenbilanz und die Impulsbilanz gelöst werden.

Simulation der Preignition-Phase

In einem ersten Schritt wurde zunächst die Preignition-Phase unter Berücksichtigung thermischer und chemischer Prozesse und unter Vernachlässigung mechanischer Prozesse modelliert. Die Simulation enthält die Einkopplung der Laserstrahlung in den Stahlmantel, die Wärmeleitung durch den Stahlmantel und in das energetische Material sowie dessen chemische Reaktion über ein Reaktionsgesetz mit Arrhenius-Kinetik. Für diesen Fall wurde ein Verfahren zur Temperaturberechnung entwickelt und validiert, das für das hydrocodetypische explizite zeitliche Integrationsverfahren der Energiegleichung die Berücksichtigung einer temperaturabhängigen spezifischen Wärmekapazität erlaubt.

Die im Experiment bestrahlte zylindrische Probe wurde in der Simulation dreidimensional in Viertelsymmetrie modelliert. Abbildung 5 zeigt die simulierte Verteilung der Temperatur und des Reaktionsfortschritts »Lambda«, λ, im Moment der Initiierung für eine Laserleistung von einem Kilowatt. Die Simulationsumgebung wurde anhand experi-



5 Simulierte Verteilung der Temperatur und des Reaktionsfortschritts für ein Kilowatt Laserleistung zum Zündzeitpunkt von circa einer Minute.

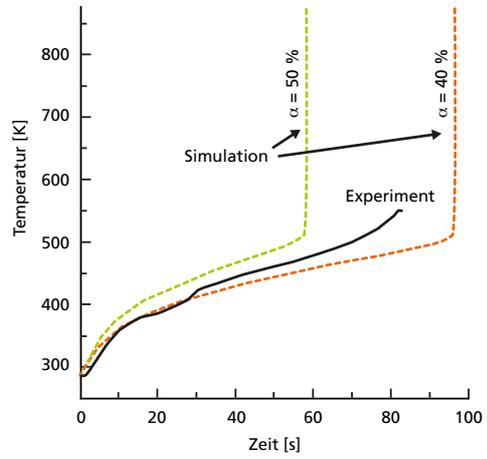
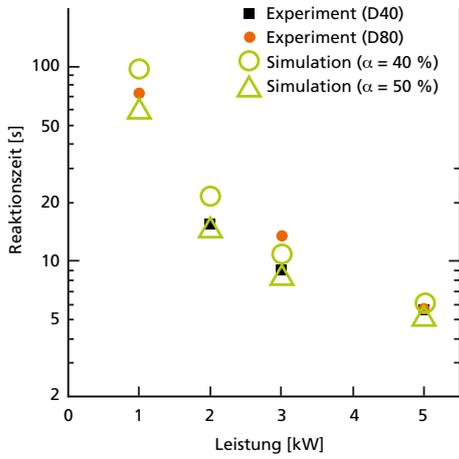
menteller Messungen validiert. In Abbildung 6 sind links gemessene und simulierte Temperaturverläufe für die Laserleistung von einem Kilowatt gezeigt, rechts die resultierenden Reaktionszeiten für Laserleistungen bis fünf Kilowatt. In Abhängigkeit von den gemessenen Absorptionsgraden ist die Übereinstimmung der Simulationsergebnisse sehr gut.

Thermisch-chemisch-mechanische Simulation des gesamten Laser-Cookoffs

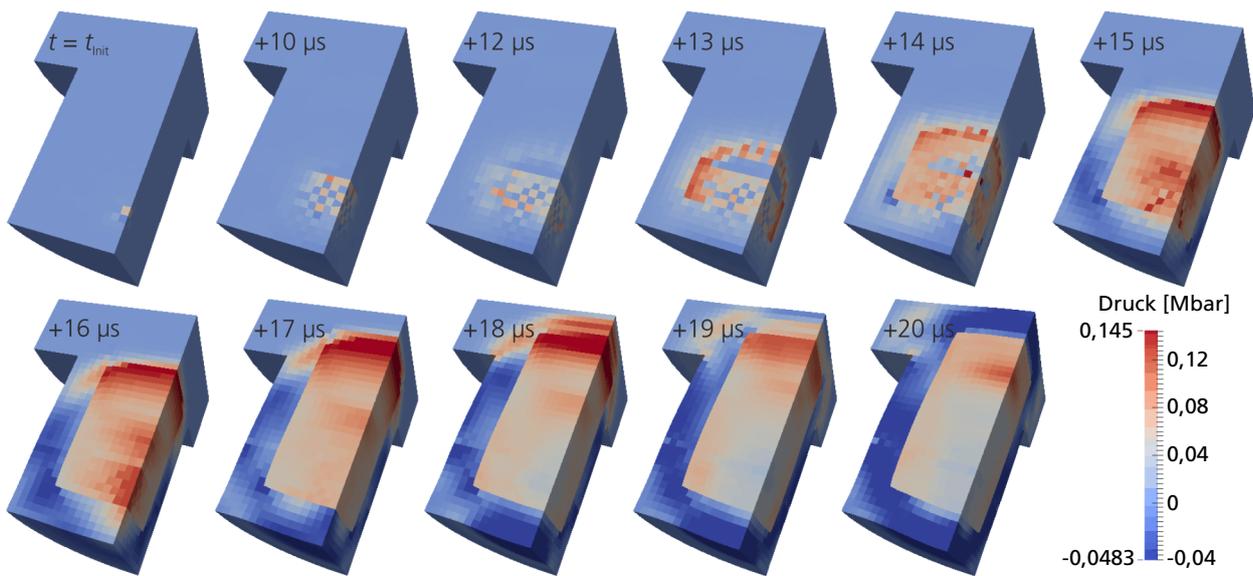
Eine wichtige Neuerung des Modellierungsansatzes ist die Möglichkeit, mechanische Prozesse und damit auch die Postignition-Phase zu simulieren. Hierfür wurde zusätzlich zu dem oben beschriebenen Multizeitskalenansatz ein Modell für das energetische Material implementiert, das während der chemischen Reaktion mit einer Mischungsregel das gleichzeitige Auftreten von festen Edukten und gasförmigen Produkten in einem numerischen Element abbildet. Demnach addieren sich die mit dem Reaktionsfortschritt λ gewichteten spezifischen Volumina v und spezifischen inneren Energien e der beiden Phasen (Solid_s, Gas_g) zum Volumen beziehungsweise zur Energie des gesamten Elements, $v = (1 - \lambda) v_s + \lambda v_g$ und $e = (1 - \lambda) e_s + \lambda e_g$. Es wird angenommen, dass beide Phasen im mechanischen und thermischen Gleichgewicht vorliegen, das heißt, ihr Druck und ihre Temperatur sind gleich, $p = p_s(v_s, e_s) = p_g(v_g, e_g)$ und $T = T_s(v_s, e_s) = T_g(v_g, e_g)$. Die Phasendrucke und -temperaturen werden mit thermischen beziehungsweise kalorischen Zustandsgleichungen beschrieben. Dieses Materialmodell wird iterativ gelöst.

Die Berechnung des soeben beschriebenen Materialmodells ist rechenintensiv und der für den Laser-Cookoff typische hohe Temperaturgradient erfordert im energetischen Material eine feine Vernetzung, um die im Versuch beobachteten Versuchszeiten zuverlässig vorhersagen zu können. Dies hat impraktikabel hohe Rechenzeiten zur Folge. Um auch mit einer weniger feinen Vernetzung ein hinreichend genaues Ergebnis zu erzielen, wurde für das Reaktionsgesetz ein Temperaturinterpolationsansatz entwickelt. Statt einer konstanten Temperatur wird in einem Element eine abschnittsweise lineare Temperaturverteilung angenommen, diese in das Arrhenius-Gesetz eingesetzt und über das Elementvolumen integriert. Die Konvergenz dieses Verfahrens konnte in numerischen Analysen auch für weniger feine Auflösungen nachgewiesen werden. Damit ist eine vollständige Laser-Cookoff-Simulation von der Preignition-Phase über die Zündung bis in die Postignition-Phase mit einer guten Genauigkeit und einer guten Recheneffizienz möglich.

Zur Demonstration des Potenzials des gewählten Simulationsansatzes zeigt Abbildung 7 die Simulation der Vorgänge in der Postignition-Phase, in der die Umsetzung des Explosivstoffs im Anschluss an die Zündung mit einem bekannten, druckabhängigen Reaktionsmodell berechnet wurde. Die Ausbildung einer Detonationswelle lässt sich somit auch für den Laser-Cookoff (Abbildung 7) nach der thermischen Initiierung und einer zusätzlichen Induktionszeit modellieren. Aufbauend auf diesen Fähigkeiten der Simulationsumgebung können zukünftige Arbeiten unter anderem dazu dienen, die Modellierung der Reaktion in der Postignition-Phase noch besser auf experimentelle Ergebnisse abzustimmen, bei denen auch nicht detonative Umsetzungen beobachtet wurden.



6 Erfolgreiche Validierung der Simulationsumgebung durch Vergleich des gemessenen und simulierten Temperaturanstiegs für ein Kilowatt Laserleistung und der Reaktionszeiten für mehrere Laserleistungen.



7 In der Postignition-Phase simulierte Druckverteilungen. Die Zeitangaben beziehen sich auf den Initiierungszeitpunkt t_{init} . Ab etwa 15 Mikrosekunden nach der Initiierung bildet sich eine stabile Detonationswelle aus, die zwei Mikrosekunden später auf das Probenende trifft.



Ansprechpartner
Dr. Martin Lück
 martin.lueck@emi.fraunhofer.de

Polyvalente Schutzkonzepte für die Fahrzeuge der Bundeswehr

Fahrzeuge der Bundeswehr werden bei Auslandseinsätzen angegriffen und sind einer Vielzahl unterschiedlicher Bedrohungen ausgesetzt. Daher muss der Schutz insbesondere leicht gepanzerte Fahrzeuge polyvalent ausgelegt werden. So muss gewährleistet sein, dass unterschiedliche Bedrohungen wie direkter Beschuss mit Infanteriemunition, Splittereinwirkung, wie sie bei der Detonation von Granaten, Sprengfallen (Improvised Explosive Devices, IEDs) oder gerichteter und fokussierter Splitterladungen entsteht, sowie explosiv geformte Projektilen (Explosively Formed Projectiles, EFPs) aus IEDs abgewehrt werden. Hinzu kommen die Gefahren durch Druckwellen (Blast) bei der Detonation von Minen unter dem Boden der Fahrzeuge oder von der Seite durch Sprengfallen am Straßenrand. Abbildung 1 veranschaulicht die verschiedenen Bedrohungen.

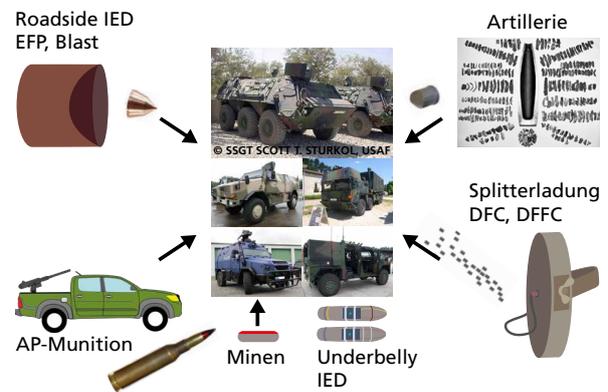
Aus den verschiedenen Massen, Geschwindigkeiten und Festigkeiten der Projektilen und Splitter ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Schutzmaterialien. Für die Abwehr besonders wirksamer Geschosse mit Stahl- oder Wolframcarbidkern ist eine Frontschicht sehr hoher Härte erforderlich, die nur mit hochfesten Werkstoffen wie Panzerstählen oder Hochleistungskeramik erreicht werden kann. Dagegen werden zur Abwehr von Splittern und EFPs Materialien mit einer höheren Verformbarkeit benötigt. Um möglichst leichte Schutzanordnungen zu erreichen, werden hier Leichtmetalle und faserverstärkte Kunststoffe eingesetzt, welche die kinetische Energie des Restprojektils durch Verformung absorbieren.



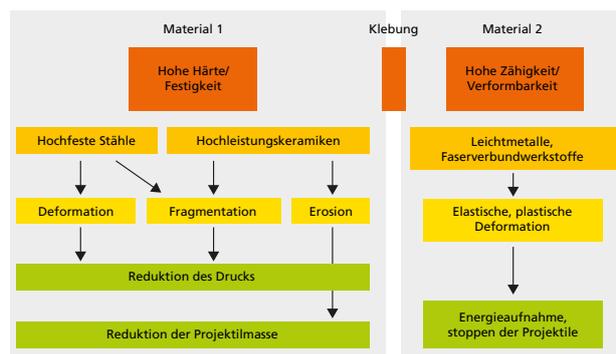
Ansprechpartner
Elmar Straßburger

elmar.strassburger@emi.fraunhofer.de

Die unterschiedlichen Mechanismen und ihre Funktionsweise sind in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Mithilfe modernster Kurzzeitmesstechnik in Versuchen und begleitender numerischer Simulationen werden die Mechanismen der Projektil-Ziel-Wechselwirkung am EMI untersucht und Grundlagen für einen verbesserten, polyvalenten Schutz geschaffen, der die Soldaten gegen viele Arten von Angriffen gleichzeitig schützt.



1 Illustration der unterschiedlichen Bedrohungen.



2 Schematische Darstellung der Anforderungen an Materialien in einem polyvalenten Schutzkonzept mit Material 1 an der Vorderseite und Material 2 auf der Rückseite.

Entwicklung neuer Prüfmethoden zur dynamischen Charakterisierung hybrider Verbindungen im neuen Labor für Multi-Material Design

Ausgehend von dem Verständnis, dass ein gezieltes Multi-Material Design zur bestmöglichen Nutzung von Werkstoffeigenschaften beiträgt und so das Verhalten von Bauteilen unter dynamischen Lasten optimiert werden kann, wird im neuen Labor ein besonderes Augenmerk auf hybride Strukturen und Fügeverbindungen gelegt. Bei hybriden Fügeverbindungen werden verschiedene Fügearten (beispielsweise Kleben und Nieten) miteinander kombiniert, um die Verbindungseigenschaften hinsichtlich Steifigkeit, Festigkeit und Energieaufnahme im Schadensfall gezielt optimieren zu können. Die Methodenentwicklung zur Charakterisierung hybrider Fügeverbindungen erfolgt dabei basierend auf dem Grundverständnis des Verhaltens der Fügepartner und der einzelnen Fügearten. Zur Methodenentwicklung wird dabei ein iterativer »Design of Experiment«-Prozess zwischen Versuchen und einer numerischen und analytischen Auswertung der Ergebnisse verfolgt.

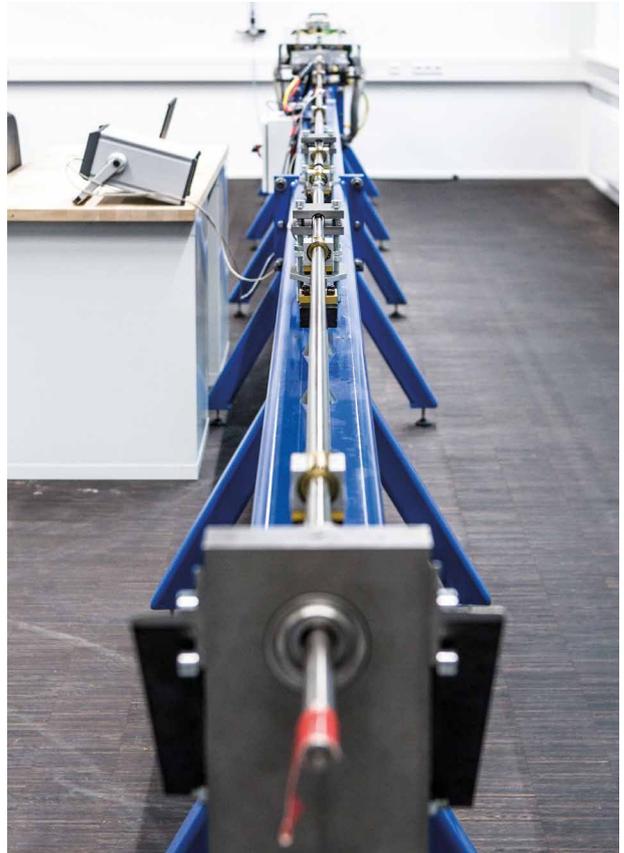
Um auch bei extremer Belastung wie Crash, Impakt und Detonation eine Bauteilauslegung mit numerischen Simulationen durchführen zu können, ist es zwingend notwendig, die Eigenschaften von Werkstoffen und Fügeverbindungen bei dynamischer Belastung qualitativ hochwertig charakterisieren zu können. Hierzu stehen in dem Labor zwei Split Hopkinson Bars, einer für Druck- und einer für Zugbelastung, zur Verfügung. An ihnen werden Experimente zur Charakterisierung in einem weiten Werkstoffspektrum von Metallen, Kunststoffen über Verbundwerkstoffe bis zu Fügeverbindungen durchgeführt und weiterentwickelt. Mit den Erkenntnissen aus diesen neu entwickelten Prüfmethoden wird die Grundlage für eine zunehmend virtuelle Produktgestaltung geschaffen.



Ansprechpartnerin

Dr. Hanna Paul

hanna.paul@emi.fraunhofer.de



1 Der Split Hopkinson Tension Bar im neuen Labor für Multi-Material Design.



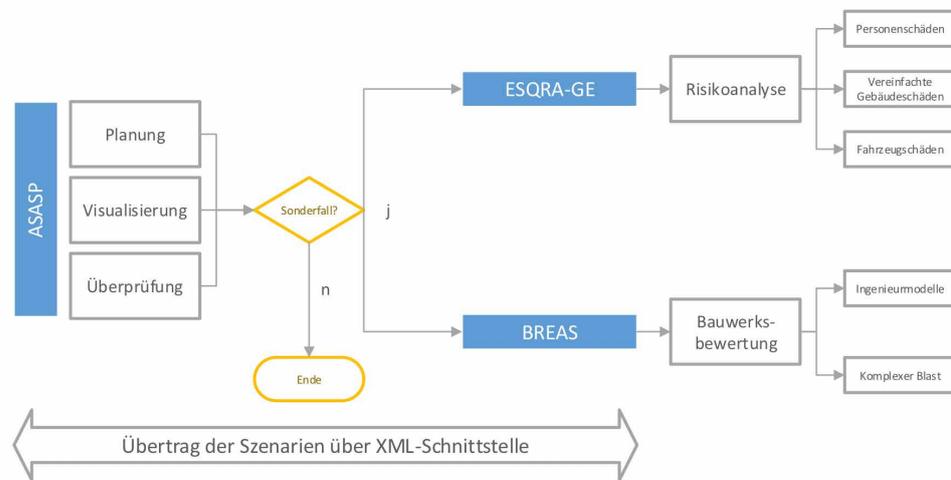
2 Hybride Verbindung nach einem Zugversuche im Split Hopkinson Tension Bar bei zehn Metern pro Sekunde.

EMI-Tools als Standardsoftware der Bundeswehr für Risikoanalysen bei der Bevorratung von Munition

Die Munitionsbevorratung der Bundeswehr wird durch Schutz- und Sicherheitsbestimmungen geregelt. In Abstimmung der Wehrtechnischen Dienststelle für Schutz- und Sondertechnik (WTD 52) entwickelt das EMI die Software ASASP (Ammunition Storage And Site Planning Tool), die bei der sicheren, regelkonformen Planung von Munitions-lagerstätten unterstützt. Weiterhin dient sie der Entscheidungsfindung bei Risikomanagementprozessen in Sonderfällen, in denen die Schutzstandards der geltenden Regeln nicht realisiert werden können. Das Programm ASASP führt durch den Planungsprozess von Munitionslagern im Einsatz bei gleichzeitiger Überprüfung der einschlägigen Vorschriften. ASASP ist als Sondersoftware im Warenkorb des Bundeswehr-IT-Dienstleisters BWI verfügbar und wird explizit in der Bereichsrichtlinie »Munitionstechnische Sicherheit bei der Bevorratung von Munition im Einsatz« als Hilfs-

mittel aufgeführt, sodass es auch bei der Einsatzplanung im Rahmen des deutschen KFOR-Mandats (KFOR: Kosovo Force) und bei multinationalen Übungen ergänzend eingesetzt wurde. Aktuell wird ASASP für die Planung ortsfester Lagereinrichtungen erweitert, damit Kapazitätsüberprüfungen und -optimierungen innerhalb einzelner Lager oder mehrerer Lager untereinander möglich sind.

Die Zentralrichtlinie der Bundeswehr »Risikomanagement bei der Bevorratung von Munition« nennt ebenfalls die Möglichkeit, die Risikoanalyse durch die Verwendung einer Software zu unterstützen. Neben ASASP werden weitere am EMI entwickelte Tools wie ESQRA-GE (Explosives Safety Quantitative Risk Analysis – Germany), BREAS (Blast Response Assessment of Structures) und das Klotz-Group-Engineering-Tool aufgeführt.



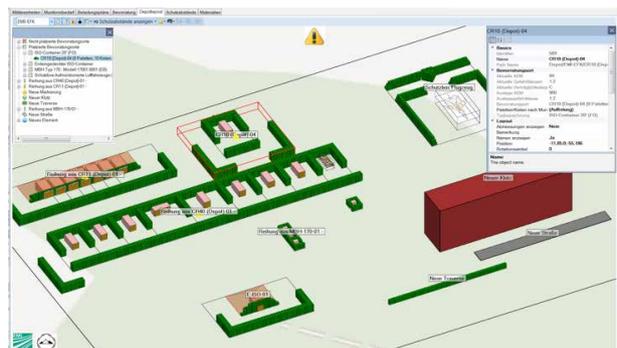
1 EMI-Softwaresuite zur Planung und Risikoanalyse von Munitionslagerstätten der Bundeswehr.



Ansprechpartner

Dr. Malte von Ramin

malte.von.ramin@emi.fraunhofer.de



2 Layoutplanung für ein Munitionsfelddepot mit ASASP.

Entwicklung neuer Innenballistikcodes

Die Hauptaufgabe von Innenballistikcodes ist die rechnergestützte Auslegung von Rohrwaffen und der dazugehörigen Munition. Derzeit werden die in Deutschland eingesetzten Codes modernisiert. Hierbei entstand am EMI zunächst das Programm SimIB (Simulationstool Innenballistik), welches seit 2015 in Deutschland beim Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBw), Instituten und Industrie verwendet wird. SimIB ersetzt einen älteren Code und verfügt über zahlreiche Zusatzfunktionen. Beispielsweise steht neben dem Modell für klassische Pulverkanonen ein Modell für Zweikammersysteme zur Verfügung, das für die Berechnung von unterschiedlichen Munitionen (Abbildung 1) verwendet werden kann. Weiterhin besteht die Möglichkeit zur Nutzung benutzerdefinierter Größen über User-Subroutinen.

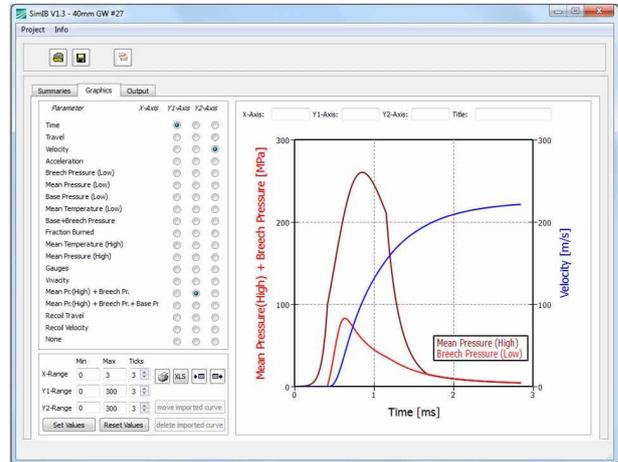
Da für SimIB ein sogenanntes 0D- beziehungsweise Energiemodell verwendet wird, können Effekte aufgrund der Anzündung von Treibladungspulver wie Körnerdruck oder Druckwellen (Abbildung 2) nicht erfasst werden. Aus diesem Grund befindet sich seit 2015 das neue gasdynamische 1D-Programm SimIB-1D in der Entwicklung. Hier wird eine reaktive Zweiphasenströmung aus Gas und Treibladungspulver berechnet, wobei Modelle für Anzündung, Strömungswiderstand des Pulverbetts und Wechselwirkung zwischen den Treibladungspulverkörnern implementiert werden. Im Anschluss daran ist die Erweiterung auf 2D/3D vorgesehen. Somit wird in naher Zukunft eine Familie moderner Innenballistikcodes verfügbar sein, die für die Bundeswehr langfristig nutzbar und erweiterbar ist.



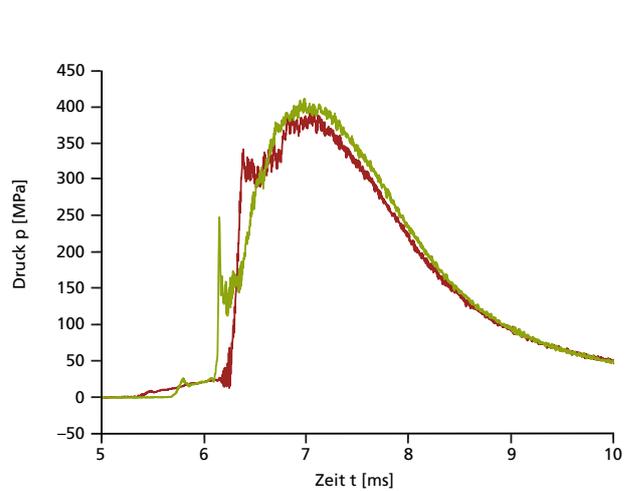
Ansprechpartner

Axel Sättler

axel.saettler@emi.fraunhofer.de



1 SimIB-Benutzeroberfläche mit Berechnungsergebnis für ein Zweikammersystem. Dargestellt sind die zeitlichen Verläufe der Geschossgeschwindigkeit (blau) sowie der Gasdrücke im Hochdruck- (braun) und im Niederdruckbrennraum (rot).

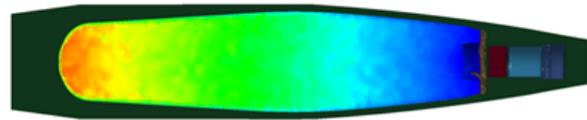


2 Starke Druckwellen im Ladungsraum beim Beschussversuch mit einem Laborbeschleuniger am EMI. Druckverlauf an zwei verschiedenen Messstellen im Laderaum.

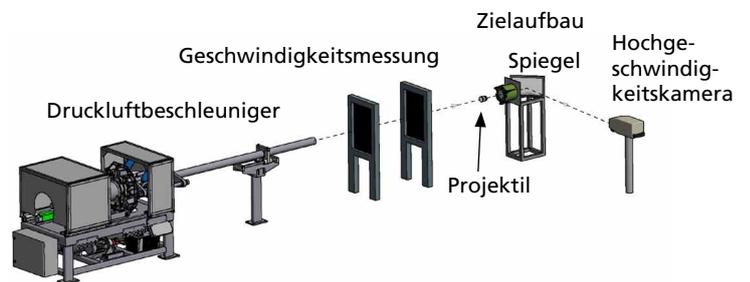
Munitionssicherheit: Charakterisierung der Reaktionsschwellen von polymergebundenen Sprengstoffen

Für die Anwendung in modernen Munitionen werden heute nahezu ausschließlich kunststoffgebundene, insensitive Sprengladungen eingesetzt. Beim Abschuss sprengstoffgefüllter Munition treten hohe mechanische Belastungen auf. Es muss ausgeschlossen werden, dass diese zu Veränderungen in der Sprengladung, wie beispielsweise Ablösung oder Rissbildung, führen, da derartige Prozesse ihrerseits unerwünschte Reaktionsvorgänge nach sich ziehen können.

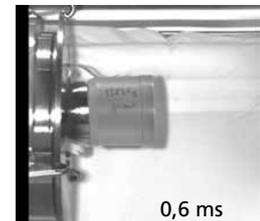
Zur Analyse und Bewertung dieser Phänomene wurden am EMI experimentelle Anlagen entwickelt, mithilfe derer das Verhalten von Sprengladungen in diesem dynamischen Lastbereich untersucht werden kann. Hierzu stehen die mechanische Charakterisierung (Split Hopkinson Pressure Bar, servoelektrische Presse), aber im Besonderen auch neue Anlagen zur Bestimmung von Reaktionsschwellwerten für die Sicherheitsbewertung von Sprengstoffen zur Verfügung. Die experimentellen Daten wurden in theoretische Modelle umgesetzt und sind im Rahmen einer selbst entwickelten Subroutine in kommerziellen FE-Codes implementiert. Damit wird es möglich, Sicherheitsbewertungen von sprengstoffgefüllten Munitionen mithilfe numerischer Simulationen durchzuführen.



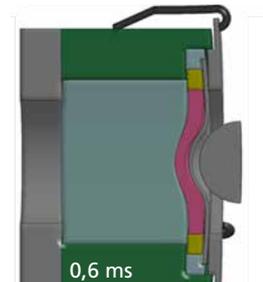
1 Simulation des Drucks in einem Geschoss während des Abschussvorgangs. Der Farbverlauf von Rot nach Blau impliziert einen Druckabfall innerhalb des Geschosses.



2 Versuchsaufbau zur Ermittlung der Reaktionsschwellwerte von Sprengstoffen.



3 Anlage zur Bestimmung der Reaktionsschwelle (oben links). Impakt des Projektils auf die Probe im Experiment (oben rechts) und im Simulationsmodell (unten rechts).



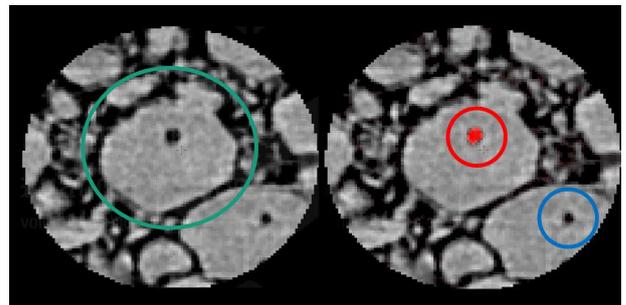
Ansprechpartner
Dr. Hagen Aurich

hagen.aurich@emi.fraunhofer.de

Automatisierte Röntgen-CT-Analyse von Sprengstoff – Lunkersuche in der 3D-Mikrowelt

An Explosivstoffe werden extrem hohe Anforderungen gestellt, die aber gegenläufig sein können. Sie sollen zum richtigen Zeitpunkt mit hoher Zuverlässigkeit zünden, zuvor ist es jedoch notwendig, sie sicher handhaben und transportieren zu können. Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, werden insensitive Sprengstoffe entwickelt. Sie können stark mechanisch belastet werden, ohne dass es zu einer Umsetzung kommt. Die Forschung untersucht jene Entstehungsfaktoren, welche bei der Beurteilung der Sensitivität von Explosivstoffen eine wesentliche Rolle spielen können. Bereits bei der Produktion der Sprengstoffkörner, die selbst nur Bruchteile von Millimetern groß sind, entstehen Hohlräume im Innern, die sogenannten Lunker, mit einer Größe von lediglich einigen Dutzend Mikrometern. Durch den Einsatz der Mikrocomputertomografie (μ CT) und durch die Analyse der damit erzeugten 3D-Datensätze untersucht das EMI diese Zusammenhänge. Dazu werden Proben von einigen Kubikmillimetern (welche dennoch bis zu 1000 Sprengstoffkörner enthalten) mit Auflösungen von circa zwei bis drei Mikrometern gescannt und rekonstruiert. Dabei kommt die am EMI entwickelte Artefaktkorrektur zum Einsatz, um Rauschen und nicht reale Störstrukturen in den 3D-Datensätzen zu minimieren, ohne dabei feine Strukturen wie Kanten und Lunker zu verlieren. Anschließend folgen die Identifikation einzelner Körner und die Suche nach darin enthaltenen Lunkern. Während für beide Teilaufgaben kommerzielle Software am Markt verfügbar ist, musste für die automatisierte Kombination beider Aufgaben für diesen Anwendungszweck eine eigene Software am EMI realisiert werden. Diese führt für jedes gefundene Korn eine eigene Analyse durch, wo-

durch Hohlräume in die Klassen »Zwischenräume zwischen Körnern«, »Hohlräume im aktuell betrachteten Korn« und »Hohlräume in anderen Körnern« unterschieden werden können. Das Ergebnis ist eine Statistik, mit der die gefundenen Defekte klassifizierbar sind. Damit ist diese Analyse ein großer Schritt hin zu einer vollständig automatisierten Charakterisierung großer Probenmengen, wie es beispielsweise im Rahmen einer Produktkontrolle notwendig ist. Für die Forschung genauso wichtig ist jedoch die Option, sich Körner als 3D-Objekte anzeigen zu lassen, die besonders stark abweichende und daher für das Verständnis der Zusammenhänge wichtige Analyseergebnisse aufweisen. Auf diese Weise können sie visuell untersucht und wissenschaftlich interpretiert werden.



1 Links: Ausschnitt aus dem gemessenen Volumen, das aktuell untersuchte Korn ist grün markiert. Rechts: Es wurde ein Lunker im aktuellen Korn gefunden (rot markiert). Andere Lunker im untersuchten Volumen (blau markiert) wurden zwar identifiziert, aber nicht in die Statistik des aktuellen Korn aufgenommen.



Ansprechpartner
Dr. Stefan Moser

stefan.moser@emi.fraunhofer.de

Thermische Zeitkonstante elektrischer Zündmittel

Elektrische Zündmittel (Electro-Explosive Device, EED) sind explosivstoffhaltige Bauelemente, die elektrisch stimuliert detonieren und damit eine nachfolgend angeordnete Sprengladung initiieren. Sie werden unter anderem in der Luft- und Raumfahrt, im Bergbau oder im wehrtechnischen Bereich eingesetzt. Weil elektromagnetische Störungen Ströme im EED induzieren, die im ungünstigen Fall zu einer unbeabsichtigten Zündung führen, spielt die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) dieser Bauelemente eine große Rolle.

Gemäß einschlägiger Normen und Standards wird die Anfälligkeit eines EEDs gegenüber gepulsten elektromagnetischen Störquellen mithilfe der sogenannten »thermischen Zeitkonstante« bestimmt. Sie ist von dem sogenannten »Rosenthal-Modell« abhängig definiert. Dieses mathematische Modell wird in den Normen verwendet. Es gründet auf experimentellen Beobachtungen von EEDs aus den 1960er Jahren und besteht aus einem einfachen, exponentiellen Temperatur-Zeit-Verlauf mit zwei anpassbaren Modellparametern. Das Rosenthal-Modell ist nicht auf alle Typen von EEDs anwendbar, und moderne EEDs weichen relevant von diesem ab.

Am EMI konnte eine physikalische, modellunabhängige Definition der thermischen Zeitkonstante gegeben werden, indem ein Ansatz verfolgt wurde, der sich ausschließlich auf die physikalischen Grundprinzipien der Wärmeleitung stützt. So wurde eine exakte Lösung gefunden, durch welche der Einfluss der Material- und Geometrieparameter genau erfasst wird.



Ansprechpartner

Dr. Benjamin Lang

benjamin.lang@emi.fraunhofer.de

Der analytische Ansatz erlaubt, ohne eine Anpassung an Messdaten die thermische Zeitkonstante und den Temperatur-Zeit-Verlauf vorherzusagen. Dadurch können zusätzliche Informationen gewonnen werden, die dem Rosenthal-Modell wegen seines empirischen Charakters und seiner Anpassungsparameter nicht zugänglich sind.

In Zukunft soll der analytische Ansatz im Hinblick auf die Praxis charakterisiert und eine tiefergehende, normenbezogene Analyse von EEDs durchgeführt werden.



1 *Abbildung handelsüblicher, in vielen Bereichen eingesetzter EEDs; oben mit und unten ohne Pyrotechnik.*

Funktionsleichtbau durch Multimaterialbauweise im 3D-Druck: neue Potenziale für aktive und adaptive Schutz- und Wirkmechanismen und Leichtbau

3D-Druckverfahren haben sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt und sind für eine breite Zahl von Werkstoffen verfügbar. Auch wenn die jeweiligen Herstellungsmethoden sich in Technologie und Reifegrad stark unterscheiden, ist allen gemein, dass sie durch einen generierenden, schichtweisen Aufbau von Material große Freiheiten in der Form- und Werkstoffstrukturgebung ermöglichen. Jedoch besteht bei den meisten Verfahren und im Speziellen bei den etablierten metallverarbeitenden Fertigungsmethoden die Einschränkung, dass jeweils nur ein Werkstoff zur selben Zeit verarbeitet werden kann. Für den Leichtbau ist es von hohem Interesse, verschiedene Materialien und Funktionen in Bauteile zu integrieren. Am Fraunhofer EMI wurde eine Multimaterialbauweise entwickelt, die es ermöglicht, sowohl mehrere Materialien als auch funktionelle Elemente, wie beispielsweise Sensorik, in die Herstellung von Metallstrukturen durch 3D-Druck zu integrieren. Mit der entwickelten Methode ist es möglich, auch konventionell hergestellte Teilkomponenten mit komplexen Oberflächen vollständig in das Innere von 3D-Strukturen einzubringen.

Diese neuen Möglichkeiten der Funktionsintegration und Multimaterialbauweise für den 3D-Druck von Strukturwerkstoffen können neue Potenziale in verschiedenen wehrtechnischen Anwendungen erschließen. Die Kombination von Materialien ermöglicht die vorteilhafte Nutzung verschiedener materialspezifischer Eigenschaften und damit eine Leistungssteigerung. Zusätzlich können im Funktionsleichtbau durch integrierte Sensorik und Mechanismen auch Messdaten über Zustände im Innern oder an schwer

zugänglichen Stellen von Komponenten generiert werden und so aktive oder adaptive Schutz- und Wirkmechanismen ausgelöst oder gesteuert werden.



1 Integrierte Sensorik im Innern einer 3D-gedruckten Metallstruktur.



2 Multimaterialstruktur: 3D-gedruckte Metallstruktur mit integriertem, konventionell hergestelltem Verbundwerkstoff (aufgetrennte Schnittansicht).



Ansprechpartner
Klaus Hoschke

klaus.hoschke@emi.fraunhofer.de

Design des Ingenieurqualifikationsmodells des 12-U-Nanosatelliten ERNST

Im Jahr 2017 wurde das Ingenieurmodell des Nanosatelliten ERNST konstruiert, einem Satelliten mit den Maßen 236 mal 236 mal 340 Kubikmillimeter. ERNST ist ein Akronym für »Experimentelle Raumfahrtanwendung basierend auf Nanosatellitentechnologie«. Mit einer hochauflösenden Kamera soll ERNST den Erdhintergrund im mittleren Infrarotbereich



Der Kleinsatellit ERNST transportiert eine Infrarotkamera zur Erdbeobachtung.

vermessen. Das übergeordnete Ziel ist die Demonstration des Potenzials dieser Satellitenklasse für die Signaturdetektion sowie komplexe Fernerkundungsaufgaben. Nach der Entwicklung und Beschaffung der Subsysteme steht die Integration und Verifikation des Gesamtsystems an.

EMI ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Verteidigungs- und Sicherheitsforschung VVS

Der Fraunhofer-Verbund Verteidigungs- und Sicherheitsforschung VVS hat das Ziel, technische Lösungen und Systeme zum Schutz des Lebens und zur Sicherung von Infrastrukturen zu erforschen und zu entwickeln. Die Forschung im Verbund dient



Fraunhofer
vvs

Weitere Informationen finden Sie unter www.vvs.fraunhofer.de

der staatlichen Sicherheitsvorsorge im Verteidigungsbereich. Der Verbund trägt wesentlich zur künftigen strategischen Ausrichtung des europäischen Sicherheits- und Verteidigungsforschungsprogramms bei.

Experteninterview zur europäischen Verteidigungsforschung mit Dr. Stephanie Günther und Professor Klaus Thoma

Verteidigungsforschung ist seit der Gründung des Fraunhofer EMI eine der zentralen Aufgaben des Instituts. Das Thema wird zunehmend europäisch, nicht zuletzt, weil Europa seine Aktivitäten bündeln muss, um kostengünstiger zu wirtschaften. Die Fraunhofer-Gesellschaft ist am Prozess der gemeinsamen europäischen Aktivitäten im Bereich der Verteidigungsforschung beteiligt. Am Fraunhofer EMI sind zwei Personen besonders intensiv damit befasst: Professor Klaus Thoma und Dr. Stephanie Günther. Wir haben mit beiden über dieses aktuelle Thema gesprochen.

Eine gemeinsame innereuropäische Verteidigungspolitik galt lange Zeit als undenkbar. Die EU-Staaten fürchteten um ihre Souveränität und höhere Ausgaben in einem gemeinsamen Verteidigungshaushalt. Im Jahr 2016 veröffentlichte die Europäische Kommission ihren Verteidigungsaktionsplan, der vorsieht, die Ausgaben der EU-Staaten für gemeinsame Verteidigungsfähigkeiten effizienter einzusetzen, die Sicherheit in Europa zu erhöhen sowie Wettbewerb und Innovation in der Industrie zu fördern. Die lange Zeit für unmöglich gehaltene, europäische Verteidigungsunion wird damit Realität. Herr Professor Thoma, wie kam es, dass dieser Zusammenschluss nun doch möglich wurde?

Thoma: Nach dem Vorbild der etablierten europäischen Sicherheitsforschung versucht man, eine gesamteuropäische Verteidigungsforschung aufzubauen. Die Europäische Kommission beschloss im Jahr 2015, auch die Zusammenarbeit im Bereich Verteidigungsforschung durch eine gemeinsame Finanzierung zu fördern. Hierzu wurde eine Group of Personalities (GoP) gegründet, die einen Entwurf zum Aufbau der europäischen Verteidigungsforschung vorlegte. Der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft Professor Reimund Neugebauer und ich wurden in Abstimmung zwischen dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Bundesministerium der Verteidigung der EU-Kommission als deutsche Vertreter für die GoP genannt. Gemeinsam mit den anderen Delegierten aus nationaler und internationaler Industrie und Forschung fertigten wir im Februar 2015 den Bericht »European Defence Research« an. Parallel dazu entwickelte die Kommission eine globale



1 Lange galt eine gemeinsame europäische Verteidigungsforschung als undenkbar – nun wird sie Realität. Dazu führten wir ein Expertengespräch am EMI.

Strategie für Europa. Diese beiden Einschätzungen wurden im Sommer 2016 vom europäischen Rat als gut befunden und bereiteten den Weg für den Europäischen Verteidigungsaktionsplan. Dieser offizielle Auftrag der Staats- und Regierungschefs der einzelnen Länder an die Europäische Kommission beschreibt eine gesamtheitliche Strategie für die Zukunft und Entwicklung der Verteidigungspolitik in Europa.

Der Präsident der EU-Kommission Jean-Claude Juncker sagte in einer Rede zur Lage der EU: »Europa kann es sich nicht mehr leisten, militärisch im Windschatten anderer Mächte zu segeln (...) Denn nur wenn Europa zusammenarbeitet, wird es in der Lage sein, sich nach innen und nach außen zu verteidigen.« Welche Gründe stehen hinter dem Entschluss, Europa nun zu einer Verteidigungsunion zu vereinen?

Thoma: Der wichtigste Grund dieses Zusammenschlusses ist die Effizienz. Während Europa nur halb so hohe Verteidigungsausgaben wie die USA tätigt, ist es nicht einmal halb so effizient. Dies liegt an fragmentierten Verteidigungsmärkten und erheblichen Doppelausgaben der einzelnen Länder. Beispielsweise verfügt die EU zusammengekommen über 178 verschiedene Waffensysteme, die USA nur über 30. Außerdem können die einzelnen Länder viele Ausgaben nicht mehr leisten. Durch sogenanntes »Pooling« und »Sharing« könnten die Mängel der teilweise

dramatisch unterfinanzierten Armeen beseitigt werden. Ein weiterer Grund ist die strategische Autonomie: Bestimmte Komponenten und Technologien können in Europa nicht hergestellt werden, sind jedoch von strategischer Bedeutung. Es ist wichtig, im Bereich kritischer Technologien möglichst autonom zu sein, was nur durch eine innereuropäische Zusammenarbeit gelingen kann. Europa steht vor großen Herausforderungen, wie Terrorismus, Kriminalität, Flüchtlingsströmen, politischen und wirtschaftlichen Missständen, Klimawandel, Ressourcenknappheit und Bevölkerungswachstum; vor veränderten transatlantischen Beziehungen und neuen Gefahren durch den technologischen Wandel, wie Cyberattacken oder chemische, biologische und radiologische Angriffe. Insgesamt will Europa ein Security Provider sein, also eine Institution, die in sich gefestigt ist und Sicherheit in ihrem Umfeld schafft, denn das ist notwendig, um in Europa sicher leben zu können.

Günther: Es geht auch darum, dass Europa als Player ernst genommen wird. Man kann sich nicht darauf verlassen, dass Russland oder die USA alle Probleme der Welt regeln. Wenn Europa hier wirklich gleichberechtigt auftreten will, muss es auch Verantwortung übernehmen.

Gibt es ein übergeordnetes Organ, das diese europäische Verteidigung koordiniert?

Thoma: Mit dem neuen Ansatz wird europäisches Fördergeld für gemeinsame Forschungsprojekte zur Verfügung gestellt. Da es sich hierbei um große Ausschreibungen und



2 Dr. Stephanie Günther bringt viel Erfahrung aus der EU-Antragstellung mit.

Projektschritten handelt, bedarf es einer großen Agentur, die steuert, ausschreibt und kontrolliert. Im zivilen Bereich gibt es hierfür die Research Executive Agency (REA). Wem diese Rolle im Verteidigungsbereich zuteilwird, wird heftig diskutiert. Die European Defence Agency (EDA) wurde im Jahr 2004 gegründet, um ein übergeordnetes Organ im europäischen Verteidigungsbereich zu haben, das Projekte auf europäischer Ebene durchführt. Sie könnte dieses Organ darstellen.

Alle Entscheidungen in Bezug auf die Verteidigungsunion sind vom Europäischen Rat, also auch den Regierungsvertretern Deutschlands abgesegnet. Woran liegt es, dass diese neuen Entwicklungen in Deutschland so wenig bekannt sind?

Thoma: Darüber wundere ich mich selbst jedes Mal, wenn ich nach Brüssel fahre. In anderen Ländern sieht das ganz anders aus, und Verteidigung spielt eine viel größere Rolle. Frankreich und Großbritannien erreichen in etwa die Vorgabe, zwei Prozent ihres Bruttoinlandsprodukts für den Verteidigungshaushalt auszugeben. Das Thema Verteidigung wird in anderen europäischen Staaten ganz anders wahrgenommen. Der Impuls der Rechtfertigung dafür ist ein deutsches Phänomen.

Eine der Hauptmaßnahmen des europäischen Verteidigungsaktionsplans ist die Schaffung des Europäischen Verteidigungsfonds. Laut Europäischer Kommission soll er Investitionen in gemeinsame Forschung und Entwicklung von Verteidigungsausrüstung und -technologie fördern. Wie werden diese Forschungsprojekte finanziert?

Thoma: Aus dem Aktionsplan der EU-Kommission geht hervor, dass der Fonds zwei sich ergänzende, aber rechtlich unterschiedliche Fenster beinhaltet; ein »Forschungsfenster« und ein »Fähigkeitenfenster«. Nach dem Vorbild aus der Sicherheitsforschung soll mit einer Preparatory Action begonnen werden, die von der EDA koordiniert wird. Dieser Testdurchlauf eines möglichen Verteidigungsforschungsprogramms ist von 2017 bis 2019 auf drei Jahre ausgelegt und mit einer Summe von circa 90 Millionen Euro gefördert. Ab 2020 soll dann ein Entwicklungs- und Forschungsprogramm in einem größeren finanziellen Umfang stattfinden. Voraussichtlich werden für die Forschung circa 500 Millionen Euro pro Jahr zur Verfügung gestellt.

Wie sieht diese Preparatory Action genau aus?

Günther: Im Rahmen der Preparatory Action werden »Calls« zu verschiedenen Förderthemen ausgeschrieben, auf die man sich mit einer passenden Projektidee und einem guten Konsortium bewerben kann. Letztes Jahr gab es beispielsweise drei Ausschreibungen, die auf Forschung und Entwicklung unterschiedlicher Reifegrade abzielten. Wir waren im letzten Jahr Partner in einem Konsortium, das sich mit einer Projektidee zum Thema Schutzwesten beworben hatte. Mit 12,5 von 15 Punkten haben wir eine gute Bewertung bekommen, stehen jedoch bisher nur auf der Warteliste. Auch dieses Jahr sollen wieder einige Themen ausgeschrieben werden.

Die Verteidigungsforschung ist eigentlich ein national organisiertes Geschäftsfeld. Wie funktioniert dies mit einer zusätzlichen parallelen europäischen Ebene?

Günther: Das widerspricht sich nicht und ist auch in anderen Forschungsfeldern ganz normal. In der Luftfahrt beispielsweise werden die Themen auf nationaler Ebene mit Europa abgestimmt, sodass sie sich nicht doppeln, sondern ergänzen.

Thoma: Als Beispiel kann hier das Vorhaben von Deutschland und Frankreich genannt werden. Die beiden Länder haben am 13. Juli 2017 unter Leitung von Präsident Macron und Bundeskanzlerin Merkel in Paris beschlossen, neun große Gemeinschaftsprojekte durchzuführen: beispielsweise einen neuen Kampfpfanzter und einen Nachfolger des Eurofighters. Ein Land könnte ein derartiges Großprojekt niemals alleine bearbeiten.

Frau Dr. Günther, Sie sind die Ansprechpartnerin für alle Belange rund um den EU-Antrag im Bereich Verteidigungsforschung. Wie sieht Ihre Arbeit konkret aus?

Günther: Von der EU beziehungsweise der EDA werden Ausschreibungen, die Calls, veröffentlicht. Ich sichte, welche Ausschreibungen zu den Themen des EMI passen und informiere die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über die sich ergebenden Möglichkeiten. Manchmal entsteht dabei gleich eine Idee, die im Rahmen der Ausschreibung adressiert werden könnte, oder man setzt sich mit unterschiedlichen Kolleginnen und Kollegen



3 Professor Klaus Thoma: »Herausforderungen wie dem Klimawandel, politischen Unsicherheiten oder Bevölkerungswachstum und Migration kann nur gemeinsam, als ein Europa begegnet werden.«

nochmal zusammen und macht ein Brainstorming. Dann findet ein entsprechender Information Day in Brüssel statt, auf dem die aktuellen Calls vorgestellt werden. Zu diesem Termin fahre ich für das EMI hin. Meist ist damit auch ein sogenanntes Partnering Event verbunden, das dazu dient, eigene Projektideen vorzustellen und potenzielle Projektpartner zu gewinnen. Aus diesen Veranstaltungen ergeben sich oft gute Konsortien, in denen die Projektidee weiterentwickelt, geschärft und ein hoffentlich guter Antrag eingereicht wird.

Häufig ist aber auch schon im Vorfeld klar, mit welchen Partnern sich eine Zusammenarbeit zum aktuellen Call anbieten würde, und man fragt direkt an, ob Interesse an einem gemeinsamen EU-Projekt besteht. Ich unterstütze die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Partnersuche und helfe mit, die Idee zu schärfen und einen guten Antrag zu formulieren. Die Vorlaufzeit für die EU-Projekte im Verteidigungsbereich ist allerdings deutlich kürzer als beispielsweise in der Sicherheitsforschung: Hat man dort circa ein Jahr Zeit, so sprechen wir in der Verteidigungsforschung von lediglich wenigen Monaten. Um einen Antrag derart schnell fertigzustellen, ist es hilfreich, Erfahrung in der EU-Antragsstellung zu haben. Der Ablauf solcher EU-Projekte ist nämlich sehr ähnlich und die Preparatory

Action für das neue EU-Verteidigungsforschungsprogramm orientiert sich stark an den formalen Rahmenbedingungen der bereits etablierten Forschungsprogramme. Ich stelle meine Erfahrung aus bisherigen EU-Projekten den Kolleginnen und Kollegen daher gerne zur Verfügung und berate und unterstütze sie bei der Erarbeitung und Einreichung eines solchen Antrags.

Wie sieht Ihre Vision für ein Europa in 10 oder 20 Jahren aus? Haben wir dann eine gemeinsame Armee, und wird sich Europa hin zu einer gemeinsamen Forschungslandschaft entwickeln?

Thoma: Ich bin davon überzeugt, dass sich Europa gemeinsam aufstellen und als eine gemeinsame Union in vielerlei Hinsicht auftreten muss, um in 10 oder 20 Jahren nicht eine bloße Ansammlung von Nationen zu sein, die von Großmächten wie China, USA und Russland dominiert werden. Hierfür benötigt man nicht zwingend eine Verteidigungsarmee, sondern muss als gemeinsame Wirtschaftsmacht auftreten, die ihre Demokratie und ihr Staatsgebiet schützt und als ein ernst zu nehmender globaler Player erscheint. Herausforderungen wie dem Klimawandel, politischen Unsicherheiten oder Bevölkerungswachstum und Migration kann nur gemeinsam als ein Europa begegnet werden.

Günther: Die gemeinsame Forschungslandschaft gibt es zum Teil jetzt schon, und ich glaube, dass sich die Zusammenarbeit und der Austausch in Zukunft noch weiter verstärken werden. Die Forschung profitiert von diesem innereuropäischen Austausch. Man lernt neue Gesichtspunkte und andere Herangehensweisen kennen und kann zusammen viel mehr erreichen. Institutionen wie die EARTO (European Association of Research and Technology Organisations) spiegeln diese Idee wider. Für die Forschung lebt Europa also längst.



4 Die gemeinsame europäische Verteidigungsforschung steht noch am Anfang, aber die Weichen sind gestellt.

Professor Klaus Thoma

Wenige Wochen nach dem Interview ist Professor Klaus Thoma überraschend verstorben.

Mit ihm verlieren die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer EMI und die Fraunhofer-Gesellschaft einen Menschen, der für Fairness, Offenheit, Geradlinigkeit und absolute Verbindlichkeit stand. Und einen ehemaligen Institutsleiter, der das Forschungsprofil des Instituts erfolgreich auf zukunftsweisende Themen ausgerichtet hat.

Als seine Kollegen und Mitarbeiter sind wir zutiefst dankbar für die vielen wertvollen Jahre mit Klaus Thoma, für seine Weitsicht, seinen Rat, seinen strategischen Instinkt und seine unerschöpfliche Kraft, mutig und entschlossen Dinge anzustoßen und zu bewegen.

Klaus Thoma war seit 2015 als Sherpa des Fraunhofer-Präsidenten Professor Reimund Neugebauer Mitglied der von der EU-Kommission einberufenen »Group of Personalities«, die die Entwicklung der europäischen Sicherheitsforschung begleitet.

Von 2008 bis 2014 war er Mitglied des Forschungs- und Technologie-Beirats (FuT) des Bundesministeriums der Verteidigung und leitete gleichzeitig den Wissenschaftlichen Beirat zur Sicherheitsforschung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Er war Gründungsmitglied und langjähriger Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds Verteidigungs- und Sicherheitsforschung VVS. Außerdem vertrat er von 2006 bis 2008 die Bundesrepublik im NATO-Gremium Science for Peace and Security (SPS).

Von 1996 bis 2014 war Professor Thoma Leiter des Fraunhofer EMI.



Dr. Stephanie Günther

Stephanie Günther ist die zentrale Ansprechpartnerin für EMI-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler zur Antragsstellung im Rahmen des EU-Verteidigungsforschungsprogramms. Sie identifiziert passende Ausschreibungen für das EMI und begleitet die Projektanträge von den ersten Schritten über die Partnerfindung und Budgetkalkulation bis hin zur Einreichung und Beginn des Projekts. Dafür gibt sie dem EMI in den entsprechenden Netzwerken und Plattformen in Brüssel ein Gesicht und greift dabei auf langjährige Erfahrung mit EU-Projekten, unter anderem in der zivilen Sicherheitsforschung, zurück.



Kontakt

stephanie.guenther@emi.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD
SICHERHEIT



GESCHÄFTSFELD SICHERHEIT



Unsere heutige Welt ist geprägt von sich stetig entwickelnden Technologien und Veränderungen sowie einer immer stärkeren Verknüpfung verschiedenster komplexer Systeme. Störungen innerhalb dieser zusammenhängenden Systeme können ein Sicherheitsrisiko für Mensch und Umwelt darstellen und das Sicherheitsbedürfnis der Menschen und der Gesellschaft stören. Der Wunsch nach Sicherheit und Stabilität ist jedoch ein existenzielles Bedürfnis der Menschen, und das Gefühl der individuellen und kollektiven Sicherheit ist eine Grundvoraussetzung prosperierender Gesellschaften.

Um diesem Bedürfnis zu entsprechen, ist es notwendig, die Sicherheit dieser komplexen Veränderungen zu überprüfen und dazu geeignete Methoden zu entwerfen und weiterzuentwickeln. Hierbei wird die Sicherheit der Menschen selbst, die der Güter und die der technischen Systeme beachtet, um eine möglichst integrative Analyse zu erhalten und resiliente Systeme zu gewährleisten.

Der Fokus liegt dabei auf einer verbesserten Vorbereitung auf ein unerwartetes, disruptives Ereignis durch geeignete Maßnahmen sowie die Möglichkeit einer schnellen Erholung nach einer derartigen Situation. Im ingenieurtechnischen Bereich liefert das Resilience Engineering hier die nötigen handfesten Maßnahmen und Technologien, um die Forderungen nach Resilienz und Sicherheit umzusetzen.

Die im Folgenden dargestellten Arbeiten adressieren dabei sowohl klassische Sicherheitsanalysen als auch Analysen zur Erfassung und Erhöhung der Resilienz sowie Risiko- und Verwundbarkeitsanalysen. Dargestellt sind Methoden zur besseren Vorhersage von möglichen Schäden an einzelnen Objekten und der Ausbreitung von Schäden in dazugehörigen Netzen. Im Fokus der Forschungsarbeiten stehen bauliche, städtische Infrastrukturen und Straßeninfrastrukturen, beides Schlüsselemente moderner Gesellschaften. Zusätzlich wird ein Einblick gegeben, welchen Beitrag Sensoren zur Sicherheit und Resilienz leisten können. Um Sicherheit und Resilienz weiter zu verbessern, ist es eminent wichtig, dass Menschen auf Krisen gut vorbereitet sind. Dies kann auch durch gezielte Weiterbildung erfolgen, die damit auch einen Beitrag für mehr Sicherheit leistet.



Foto: In der Stoßrohranlage BlastStar werden Glasscheiben auf ihre Sicherheit bei Explosionen getestet.

Dr. Alexander Stolz

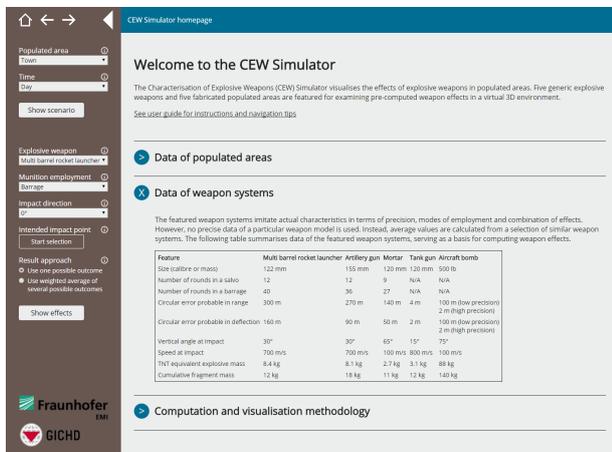
Geschäftsfeldleiter Sicherheit
Telefon 07628 9050-646
alexander.stolz@emi.fraunhofer.de

Softwarelösung zur Untersuchung der Wirkung von Explosionswaffen in besiedelten Gebieten

Das Genfer Internationale Zentrum für Humanitäre Minenräumung, englisch Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD), ist eine nicht staatliche Expertenorganisation, die zusammen mit Staaten, den Vereinten Nationen und anderen Organisationen an der Verringerung der humanitären Folgen von Minen, Streumunition und anderen explosiven Gefahrenherden arbeitet. Angetrieben

durch das strategische Ziel, die menschliche Sicherheit zu verbessern, hat das GICHD das Forschungsprojekt »Characterisation of Explosive Weapons« (CEW) zur Betrachtung von Kollateralschäden bei dem Einsatz von Explosionswaffen in besiedelten Gebieten ins Leben gerufen.

Durch den Wirkungsbereich einer einzelnen Explosion sowie die Ungenauigkeit und den mehrfachen Einsatz ergibt sich bei vielen Explosionswaffen eine Wirkung, die über den eigentlich beabsichtigten Wirkungsort hinaus- oder an diesem vorbeigeht. Infolge dieser Weitbereichswirkung kommt es beim Einsatz explosiver Waffen in besiedelten Gebieten überwiegend zu zivilen Schäden. Mit seinen Untersuchungen im CEW-Forschungsprojekt möchte das GICHD einen Beitrag zur internationalen Diskussion über den verantwortungsvollen Einsatz von Explosionswaffen leisten und die Sicherheit von Zivilpersonen erhöhen. Dabei geht es dem GICHD nicht darum, den Einsatz in besiedelten Gebieten moralisch oder rechtlich zu bewerten, sondern die Konsequenzen eines solchen Einsatzes rein technisch zu beschreiben.



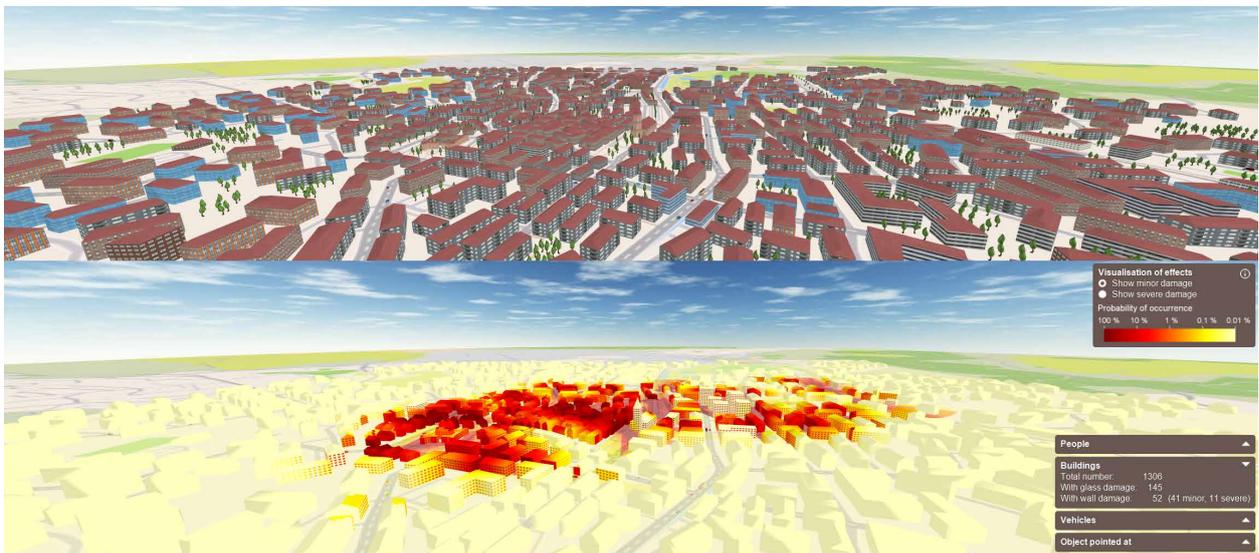
1 Aktuelle Version der grafischen Benutzeroberfläche des CEW-Simulators mit einer Seitenleiste zur Szenariowahl, einer Kopfzeile und einem Hauptbereich, der hier die Startseite mit Einführungstext und nach Szenariowahl die 3D-Visualisierung des Szenarios zeigt.



2 Ausschnitt der 3D-Visualisierung einer fiktiven Großstadt im CEW-Simulator bei Tag (oben) und bei Nacht (unten).

Im Rahmen des CEW-Forschungsprojekts beauftragte das GICHD das Fraunhofer EMI mit der Entwicklung einer webbasierten Softwarelösung, mit der simulierte Wirkungen von Explosionswaffen in besiedelten Gebieten untersucht werden können. Eine wesentliche Anforderung an den sogenannten CEW-Simulator ist die Möglichkeit einer schnellen Untersuchung. Zeitintensive Modellerstellungen und Berechnungen, wie bei Computersimulationen üblich, sind zu vermeiden. Stattdessen soll der CEW-Simulator vorausberechnete Szenarien zur Verfügung stellen, die mit einem Webbrowser dargestellt und untersucht werden können.

Basierend auf diesen Anforderungen entwickelte das Fraunhofer EMI eine Webanwendung, die im Wesentlichen aus einer Datenbank zur Speicherung von digitalen 3D-Modellen besiedelter Gebiete und Berechnungsergebnissen besteht. Außerdem wurde eine grafische Benutzeroberfläche zur 3D-Visualisierung dieser Daten erstellt. Abbildung 1 zeigt die aktuelle Version der Benutzeroberfläche. Die Leiste auf der linken Seite stellt Steuerelemente und Funktionen zur Wahl eines Szenarios bereit. Die Benutzer des CEW-Simulators können beispielsweise zwischen



3 3D-Visualisierung einer fiktiven Kleinstadt im CEW-Simulator ohne (oben) und mit (unten) Darstellung von Explosionswirkungen eines mehrfachen Waffeneinsatzes.

fünf fiktiven besiedelten Gebieten und zwei Tageszeiten wählen und sich davon eine realitätsnahe, interaktive 3D-Visualisierung anzeigen lassen (siehe Abbildung 2). Die digitalen 3D-Modelle der besiedelten Gebiete sind fest in der Datenbank der Webanwendung hinterlegt und durch die Benutzer nicht veränderbar. Sie wurden in enger Abstimmung mit dem GICHHD erstellt und beinhalten unter anderem verschiedene Arten von Gebäuden und Fahrzeugen sowie Personenverteilungen im Freien, in Gebäuden und in Fahrzeugen.

Für exemplarische Szenarien stellt der CEW-Simulator vorausberechnete Explosionswirkungen zur Verfügung. Die digitalen Modelle der Szenarien, auf denen die durchgeführten Berechnungen basieren, wurden unter den Vorgaben des GICHHD erstellt und imitieren die Genauigkeit und Wirkung realer Explosionswaffen mittels generischer Werte. Die vom Fraunhofer EMI für die Quantifizierung der Explosionswirkungen entwickelte Berechnungsumgebung nutzt einen probabilistischen Ansatz in Verbindung mit etablierten und frei verfügbaren Methoden sowie konservativen Annahmen. Belastungen durch die Druckwelle und Fragmente werden durch eine simulierte 3D-Ausbreitung ermittelt, die Abschattungs- und Fokussierungseffekte von Gebäuden berücksichtigt. Basierend darauf bestimmt die Berechnungsumgebung zu erwartende individuelle und kollektive Auswirkungen für Gebäude, Fahrzeuge und Personen. Die in der Datenbank gespeicherten Berechnungsergebnisse der exemplarischen Szenarien können die Benutzer des CEW-Simulators über dessen grafische Benutzeroberfläche einsehen. Die Anwendung stellt

lokale, individuelle Auswirkungen durch Einfärben von Oberflächen in der virtuellen 3D-Umgebung dar und gibt kollektive Auswirkungen als Text aus. Abbildung 3 zeigt ein beispielhaftes Ergebnis für Auswirkungen in einer fiktiven Kleinstadt.

Der für das GICHHD entwickelte CEW-Simulator kann somit zur schnellen Visualisierung von zu erwartenden, generell kollateralen Auswirkungen von Explosionswaffen in besiedelten Gebieten eingesetzt werden. Die Benutzer der Webanwendung müssen weder Szenarien aufbauen, noch zeitintensive Berechnungen durchführen. Stattdessen stehen vorausberechnete Ergebnisse von circa 130 000 Szenariovariationen unmittelbar zur Verfügung, die in einer interaktiven, virtuellen 3D-Umgebung eingehend untersucht werden können. Die intuitiv zu bedienende Anwendung ist mit einer modernen grafischen Benutzeroberfläche mit 3D-Visualisierung ausgestattet und läuft mit allen gängigen Webbrowsers.

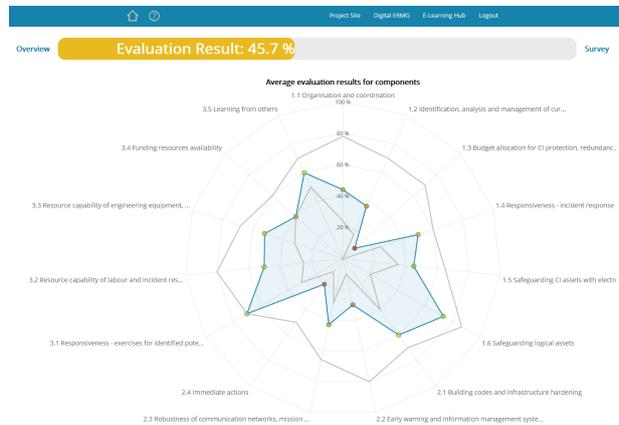


Ansprechpartner
Johannes Schäfer

johannes.schaefer@emi.fraunhofer.de

Weiterentwicklung eines Tools zur Einschätzung der Resilienz kritischer Infrastrukturen und Integration in eine Webplattform

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts RESILENS (Realising European Resilience for Critical Infrastructure) hat das Fraunhofer EMI mit Projektpartnern ein webbasiertes Tool zur Einschätzung der Resilienz kritischer Infrastrukturen entwickelt. Dabei beantwortet der Anwender Fragen zu einem breiten Spektrum unterschiedlicher Bestandteile von Resilienz, wie beispielsweise das Aufstellen eines Plans zur Sicherstellung der betrieblichen Kontinuität oder die Einrichtung von (physikalischen) Schutzmaßnahmen. In der anschließenden Auswertung (Abbildung 1) lassen sich Aussagen über die betrachtete kritische Infrastruktur auf verschiedenen Aggregationsstufen ablesen. In einem nachfolgenden Schritt können Bereiche mit Verbesserungspotenzial identifiziert und zu ergreifende Maßnahmen priorisiert werden. Als Datengrundlage für die Entwicklung des Tools dienten Informationen, die aus mehreren Pilotstudien bei europäischen Betreibern kritischer Infrastrukturen aus den Bereichen Wasser- und Stromversorgung sowie Transport gesammelt wurden. Dabei wurden Aspekte zur Benutzerführung sowie zum generellen Aufbau eines Prozesses zur Bewertung und Verbesserung der Resilienz im Sinne eines Resilienzmanagementansatzes berücksichtigt. Weiterhin zeichnet das Fraunhofer EMI verantwortlich für die Erstellung einer interaktiven Onlineversion des im Projekt entwickelten Resilienzmanagementleitfadens. Die Schaffung von geeigneten Verbindungen zwischen Tool und Leitfaden sowie die Integration beider Komponenten in eine einheitliche Webplattform (Abbildung 2) stellen einen weiteren Entwicklungsschritt dar.



1 Visualisierung des Auswertungsergebnisses bezüglich verschiedener Bestandteile der Resilienz.



2 Struktur der RESILENS-Webplattform: Das Tool zur Einschätzung der Resilienz kritischer Infrastrukturen und die Onlineversion des Resilienzmanagementleitfadens implementiert das Fraunhofer EMI.



Ansprechpartner

Jörg Finger

joerg.finger@emi.fraunhofer.de

Mehr Sicherheit in Tunneln bei Notfalleinsätzen

Das deutsch-indische Forschungsprojekt SenSE4Metro beschäftigt sich mit Konzepten zur Unterstützung von U-Bahnbetreibern und Rettungskräften im Katastrophenfall. Hierfür arbeitet das EMI an der Entwicklung eines Sicherheitsmanagement- und Notfalleinsatzsystems auf Basis eines energieautarken, drahtlosen Sensornetzwerks (WSN) zur Detektion von Feuern, Explosionen oder Überschwemmungen im Tunnelsystem. Durch die Verwendung von Ultra-Low-Power-Elektronikkomponenten, Messprinzipien sowie neuer Protokolle und Algorithmen für die günstige Erfassung und Übertragung der Daten konnte für einen Teil der modular aufgebauten Knoten ein durchschnittlicher Verbrauch von lediglich 58 Mikrowatt realisiert werden. Dieser extrem geringe Energieverbrauch ermöglicht die Nutzung eines Vibrationsenergieharvesters zur Versorgung, welcher sich derzeit im Aufbau befindet und anhand von neu entwickelten, analytischen und numerischen Modellen ausgelegt wird.

Von Februar bis März 2017 fand der erste indisch-deutsche Workshop der Initiative for Civil Security Research (IGI CSR) statt. In diesem Rahmen trafen sich unter anderem die Mitglieder diverser Ministerien sowie der wissenschaftliche Attaché für Deutschland Stephan Lanzinger in Delhi, Indien. Die ersten Projektergebnisse wurden auch vonseiten der Zuwendungsgeber positiv bewertet.



Ansprechpartner

Scott Kempf

scott.kempf@emi.fraunhofer.de



1 Teilnehmer des ersten indisch-deutschen Workshops der Initiative for Civil Security Research am Indian Institute of Technology Delhi.



2 Modular aufgebauter Sensorknoten mit Sensorboard (links) und Sinkknoten (rechts).

SenSE4
METRO

Weitere Informationen finden Sie unter
www.sense4metro.org

Das neue Sensor Lab

Im Zuge des Neubaus wurde am Fraunhofer EMI das Sensor Lab eröffnet. Hier werden ab sofort Mess- und Sensoraufbauten für verschiedene Anwendungen entwickelt und getestet. Ein Fokus liegt auf energieautarken Sensornetzwerken zum Schutz kritischer Infrastrukturen. Ein Beispiel bietet das BMBF-Projekt SenSE4Metro für Sicherheitsanwendungen in Schienenverkehrssystemen. Hier entwickelt das Fraunhofer EMI ein energieautarkes, skalierbares Funksensor-



Funksensorknoten für den Einsatz in U-Bahntunneln.

netzwerk mit Explosions-, Wassereintrich-, Rauch- und Brandsensoren zum Monitoring großer Streckenabschnitte in Tunneln. Zur Entwicklung und zum Test der Sensornetze stehen im neuen Labor Stoß- und Schwingungsprüfgeräte zur Verfügung, die auch der Raumfahrtverifikation der am Fraunhofer EMI entwickelten Nutzlasten dienen.

Weitere Informationen finden Sie unter www.sense4metro.org

Quantifizierung der Verfügbarkeit und Sicherheit der Straßeninfrastruktur bei außergewöhnlichen Ereignissen

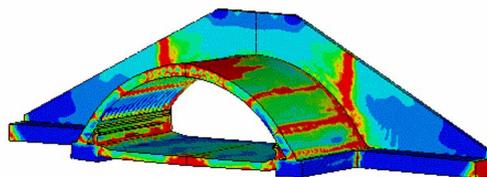
Für die Bundesanstalt für Straßenwesen entwickelte das Fraunhofer EMI einen GIS-basierten Softwareprototyp zur Analyse der Straßeninfrastruktur. Das Projekt setzt auf die Entwicklung einer Methodik zur Quantifizierung und Prognose der Verfügbarkeit und Sicherheit der



Straßeninfrastruktur bei außergewöhnlichen Ereignissen im Sinne eines ganzheitlichen Resilienzansatzes. Das Modell berücksichtigt die Netz- (Straßennetz) sowie Objektebene (einzelne Straßenbauwerke). Es wurde anhand eines realen Beispiels verifiziert und die Aussagekraft der verwendeten Resilienzindikatoren überprüft.

Prognosesimulation für Grenztragfähigkeit von Munitionslagern

Gemeinsam mit der Defence Science and Technology Agency aus Singapur untersuchte das EMI mit numerischen und experimentellen Verfahren die Grenztragfähigkeit von erdüberdeckten Munitionslagern im Fall einer Innenraumdetonation. Die vom EMI durchgeführten Prognosesimulationen der skalierten Modellversuche konnten die



Ansicht eines erdüberdeckten Munitionslagers in der Simulation. Gut sichtbar (rot) werden die schadigungsrelevanten Bereiche der Struktur.

Strukturantwort der einzelnen Bauwerkskomponenten gut wiedergeben und lieferten zudem hilfreiche Detailinformationen zu den schadigungsrelevanten Bereichen der Struktur. Im Folgeschritt war somit die konstruktive Auslegung der Schutzstruktur im Realmaßstab möglich.

Trümmerabgangsbedingungen bei Mauerwerk

Das Verletzungsrisiko durch Mauerwerkstrümmer bei Explosionsereignissen ist enorm. Um die physikalische Gefährdung durch Mauerwerkstrümmer besser quantifizieren und vorher-sagen zu können, sind Daten zu den Trümmerabgangsbedin-gungen (Geschwindigkeiten, Massen) essenziell; die Daten-grundlage ist weltweit bisher jedoch sehr limitiert. An der Stoßrohranlage BlastStar des

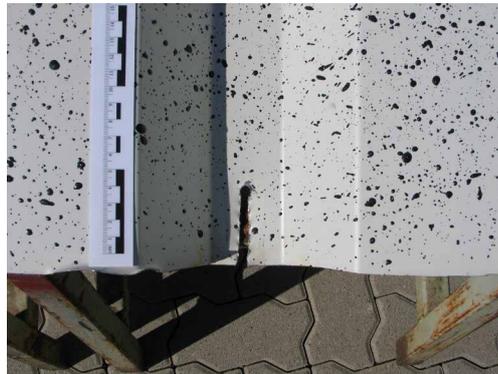


Mauerwerksversuch an der Stoßrohranlage Blast-Star des Fraunhofer EMI.

Fraunhofer EMI wurden daher Versuche mit Mauerwerkswän-den unter Stoßwellenbelastung mit Spitzenüberdrücken von 50 Kilopascal bis 150 Kilo-pascal durchgeführt. Mit einem High-Speed-Stereo-kamerasys-tem wurden Trümmertrajekto-rien, -geschwindigkeiten und -dimensionen bestimmt, um darauf basierend Vorhersage-modelle zur Trümmergefährdung abzuleiten.

Bestimmung der Verbindungsfestigkeit von Stahltrapezblechen

Fassaden stellen die Außen-haut und Schutzschicht unserer gebauten Infrastrukturen dar. Bei der Belastung durch äu-ßere Einwirkungen, wie einer Explosion, stellt sich die Frage, wie die Fassade auf diese nicht planmäßige Belastung reagiert. Da Stahltrapezfasadenelemente zumeist punktuell mit der Unter-konstruktion verbunden sind, ist insbesondere das Verhalten dieser Verbindungsstellen inter-

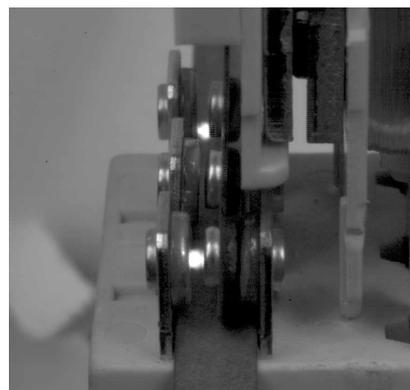


Verbindungsstelle zwischen Stahltrapezblech und Unterkonstruktion der Fassade nach dem Test.

essant. Ein am EMI entwickel-tes Verfahren ermöglicht es, diese Festigkeit zu bewerten und im Rahmen eines Ausle-gungsprozesses zu designen. Die Ergebnisse wurden in einer Softwarelösung umgesetzt, die es dem Nutzer ermöglicht, die Einwirkung und resultierenden Auswirkungen zu charakterisie-ren, zu bewerten und letztend-lich daraufhin zu bemessen.

Untersuchung der Schädigung von Relais durch transiente Spannungsspitzen

Das relais- und halbleiterge-steuerte Ein- und Ausschalten induktiver Lasten, wie Dreh-strommotoren, verursacht bei jedem Schaltvorgang, bedingt durch die Motorinduktivität, hohe transiente Spannungsspit-zen. Je nach Einsatz- und Umge-bungsbedingungen können diese Spannungsspitzen mechanische Beschädigungen am Relais her-



Hochspannungsüberschlag während des Schaltvorgangs.

vorrufen. Um die Ursachen für ein im industriellen Einsatz wiederholt auf-getretenes Fehlerbild zu identifizieren, wurde das Schädigungspotenzial transientser Spannungsspitzen im Kun-denauftrag untersucht. Der kombinierte Einsatz von Hochgeschwindigkeits-kameras und schneller Hochspan-nungsmesstechnik ermöglichte die quantitative Beurteilung der Schädi-gungsmechanismen und dadurch eine rasche Identifizierung der Ursachen.

Wissenschaftliche Weiterbildung am EMI startet erfolgreich

Im Rahmen des Projekts »Offene Hochschule« etablierte das Fraunhofer EMI in Kooperation mit der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und der Fraunhofer Academy erfolgreich zwei neue Weiterbildungsprogramme mit den Schwerpunkten »Resilience Engineering« und »Safety and Security Engineering«.



Weitere Informationen finden Sie unter www.academy.fraunhofer.de

Insgesamt 19 Teilnehmende aus verschiedensten ingenieurwissenschaftlichen Tätigkeitsfeldern waren beim ersten Kursdurchlauf mit dabei und vergaben nach der Teilnahme am sechsmonatigen Kurs Bestnoten an das Kursformat. Im Jahr 2018 startet auf dieser erfolgreichen Basis ein neuer Kursdurchlauf.

Fraunhofer-Allianz Bau auf der Messe BAU 2017: mit Forschung und Entwicklung Lebensräume gestalten

Unter dem Dach der Fraunhofer-Allianz Bau fließen die spezifischen Kompetenzen von 14 Fraunhofer-Instituten zusammen, um der Baubranche interdisziplinäre Lösungen anzubieten. Mit der Sonderschau »Fraunhofer StadtLabor« präsentierte die Allianz auf der BAU 2017 Innovationen aus der Bauforschung zu den



Weitere Informationen finden Sie unter www.bau.fraunhofer.de

Themenbereichen digitales Planen, Bauen und Betreiben, intelligente Fassade sowie Sicherheit und Komfort. Das EMI stellte die im Haus entwickelte Software VITRUV vor. Sie ermöglicht die Identifizierung von Schwachstellen in urbanen Räumen, um so die Resilienz gegenüber sicherheitskritischen Ereignissen zu steigern.

Foto: Im Projekt DURCHBLICK arbeitet das EMI am robotergestützten Einsatz von Sensortechnologien für Einsatzkräfte.



Im Gespräch mit Dr. Stefan Moser und Victoria Heusinger

»Sprengstoff oder Seife?« – Forscherinnen und Forscher am EMI arbeiten an bildgebenden Verfahren zur Untersuchung potenziell gefährlicher Objekte

Im Rahmen des zweijährigen, deutsch-österreichischen Forschungsprojekts DURCHBLICK arbeiten Dr. Stefan Moser und Victoria Heusinger an der robotergestützten Untersuchung unkonventioneller Spreng- und Brandvorrichtungen (USBV).

Was sind Inhalte und Ziele des Projekts DURCHBLICK?

Moser: Im bilateralen Projekt DURCHBLICK geht es um den robotergestützten Einsatz von Sensortechnologien für Einsatzkräfte zur Untersuchung von potenziellen Gefahrenquellen. Hintergrund sind die zunehmende Verbreitung von Anleitungen zur Herstellung unkonventioneller Spreng- und Brandvorrichtungen (USBV) im Internet und sich häufende Vorfälle, in denen beispielsweise Bahnhofshallen wegen verdächtiger Objekte gesperrt werden müssen. Die möglichen Sensortechnologien zur Untersuchung dieser Objekte sind zum Teil noch nicht in robotergestützter Form für Einsatzteams per Fernsteuerung verwendbar. Durch die Integration der Technologien auf einen Roboter erhalten die Entschärferteams ein besseres Werkzeug zur Einschätzung der Gefahrenlage. Das EMI koordiniert dieses deutsch-österreichische Forschungsprojekt und bearbeitet gleichzeitig eigene Forschungsinhalte. Ich bin der Koordinator, Victoria Heusinger EMI-Projektleiterin unserer Arbeiten.

Es geht also nicht ums Entschärfen, sondern darum, wie man Informationen über verdächtige Objekte erhält?

Moser: Genau. Wir arbeiten daran, die Möglichkeiten der Datengenerierung und -verarbeitung zu verbessern, damit die Entschärferteams eine möglichst gute Datenbasis zur Verfügung haben und das weitere Vorgehen planen können.

Heusinger: Wichtig ist, dass diese Daten im Nachhinein auch als forensisches Mittel dienen können, um potenzielle Täter zu ermitteln.



1 Im Gespräch zum Projekt DURCHBLICK mit Dr. Stefan Moser (Zweiter von links) und Victoria Heusinger (Dritte von links).

Zum Namen DURCHBLICK: Wo sieht man durch, und was bekommt man zu sehen?

Heusinger: Man möchte vor allem in verdächtige Gegenstände hineinblicken, um den Verdacht einer sprengtechnisch ausgehenden Gefahr gegebenenfalls zu bestätigen. Ein typisches Beispiel ist das auffällige Gepäckstück an Bahnhof oder Flughafen, das für die Umgebung als potenziell gefährlich eingestuft wird. Es müssen genaue Informationen erhoben werden, ob ein potenziell gefährlicher Stoff – sei es ein pyrotechnischer Sprengkörper oder eine Bombe – im Objekt vorliegt und wie dieser platziert ist. Die Herausforderung dabei ist, die Sprengladung zu identifizieren und von Tarnladung zu unterscheiden.

Was sind dabei Ihre Arbeitsinhalte?

Moser: Wir wollen verschiedene Technologien für den robotergestützten Einsatz nutzbar machen. Im deutschen Teil des Konsortiums beschäftigen wir uns mit den bildgebenden Verfahren Röntgenrückstreutechnologie und Gammakamera. Unsere österreichischen Kollegen untersuchen die chemischen Analysemethoden verdächtiger Objekte. Die durch uns betrachteten Technologien sind nicht neu, wurden aber nicht für den Robotergebrauch konzipiert. Hier sind wir mit etlichen Herausforderungen konfrontiert – von Engineering-Aspekten zur Integration

der Komponenten und der Bedienung des Geräts über die Planung der Softwareschnittstellen bis hin zur Darstellung der gewonnenen Daten.

Heusinger: Die Technologien selbst werden von unseren Technologiepartnern so weiterentwickelt und angepasst, dass sie für den Einsatzzweck nutzbar werden. Auch für die Hardwareintegration an den Roboter haben wir einen KMU-Partner. Das Hauptaugenmerk des EMI liegt auf der Datenbearbeitung, insbesondere der Datenfusion. Wir beschäftigen uns mit der Messplanung, der Leitung der Messkampagnen und erarbeiten zusammen mit den KMU die Softwareschnittstellen.

Warum und wie wird die Röntgenrückstreuung für Ihr Projekt zum Einsatz gebracht?

Moser: Für das gängige Transmissionsröntgen benötigt man einen beidseitigen Zugang, um die Röntgenquelle vor und den Detektor hinter dem Objekt zu platzieren. Bei unseren Untersuchungsobjekten ist das oft nicht möglich: Ein Gepäckstück steht in einer Ecke oder liegt flach auf dem Boden. Bei der Röntgenrückstreuung wird ein Objekt auch mit Röntgenstrahlung beleuchtet, nur wird der Detektor nicht hinter dem Objekt, sondern auf derselben Seite wie die Strahlungsquelle angebracht. Ein eng fokussierter Röntgenstrahl, »Nadelstrahl«, tastet das Objekt ab. Er dringt bis zu einem bestimmten Punkt in das Objekt ein und wird – abhängig von dem vorliegenden Material – absorbiert oder gestreut. Das heißt, er wird mit einer geringeren Energie in eine andere Richtung gelenkt und tritt wieder aus dem Objekt aus, auch zurück in Richtung Quelle und Detektor. So baut sich Zeile für Zeile ein Bild auf, das die Menge der rückgestreuten Strahlung je bestrahltem Punkt widerspiegelt. Trifft der Strahl beispielsweise auf organische Stoffe (Wasser, Nahrung, aber auch Sprengstoff), wird die Strahlung stark zurückgestreut, bei metallischen Stoffen hingegen stark absorbiert. Mit dieser Technologie werden also organische Stoffe besonders gut sichtbar.

Wie helfen weitere Technologien?

Moser: Der Clou ist, dass sich die unterschiedlichen Sensortechnologien ergänzen. So macht das klassische Transmissionsröntgen stark absorbierende Materialien, wie einen potenziellen Zünder, sichtbar und die Röntgenrückstreuung organische, wie Sprengstoff.

Heusinger: Hieraus kann aber noch nicht gesagt werden, ob das organische Material nun wirklich Sprengstoff oder doch nur Seife ist. Für die weitere Untersuchung kann die chemische Analyse unserer österreichischen Kolleginnen und Kollegen eingesetzt werden.

Moser: Mithilfe der Gammakamera könnte man zudem orts aufgelöst radioaktive Stoffe detektieren. Auch auf solche Szenarien muss man sich leider einstellen.

Inwiefern können Sie auf Expertise aus dem EMI zurückgreifen?

Moser: Das EMI beschäftigt sich schon sehr lange mit Röntgentechnologie, im Speziellen mit Methoden, aus wenigen Informationen – den Röntgenbildern – möglichst viel über das untersuchte Objekt zu lernen. Ob bei Containeruntersuchung im Projekt ECSIT, Arbeiten zur Flughafensicherheit oder aber Röntgen-crash in unserer Crashhalle – am EMI wird die Röntgenstrahlung auf Spezialaspekte angewandt. Natürlich hilft auch unsere Erfahrung im Management solcher Forschungsprojekte.

Heusinger: Außerdem verfügen wir über Expertise im Aufbau unserer Versuche und Versuchsobjekte, den USBV-Similis sowie den Gepäckstücken.

Moser: Auch Fraunhofer-weit besteht Austausch: Das Projekt USBV-Inspektor, das vom Fraunhofer FHR geleitet wurde, untersuchte die Terahertzradartechnologie bei beschränkter Zugangsmöglichkeit zum Objekt. Diese Tech-



2 Dr. Stefan Moser, Projekt-Koordinator, erklärt verschiedene Röntgenaufbauten.



2 Victoria Heusinger, EMI-Projektleiterin, beschreibt mögliche Szenarien.

nologie ergänzt unsere sehr gut durch 3D-Informationen über das Objekt.

Heusinger: Wir bauen auf den Ergebnissen dieses Projekts auf und haben die Auswahl der Untersuchungsszenarien hieran angepasst. Das Fraunhofer FHR und damit USBV-Inspektor sind als assoziierte Partner direkt an unserem Projekt beteiligt.

Wie darf man sich die Arbeit mit Szenarien vorstellen?

Moser: In enger Zusammenarbeit mit Endanwendern wie LKA, Bundespolizei und BKA werden alltagsrelevante Szenarien ausgewählt. Dementsprechend präparieren wir die Demonstrationsobjekte mit USBV neben üblichen Inhalten wie Kleidungsstücken, Hygiene- oder Elektroartikeln und untersuchen, wie viel man mit den verschiedenen Sensortechnologien identifizieren und ob man die relevanten Objekte der USBV zuordnen kann.

Heusinger: Unterschiedliche Szenarien erfordern unterschiedliche Gepäckstücke: Reisekoffer, Aktenkoffer, Schultasche, Handtasche, Werkzeugkoffer. Man denke auch an pyrotechnische Sprengsätze in Automaten oder kleinere, in Zeitung eingeschlagene Objekte, die in einem Ausgabeschacht von Automaten liegen, oder generell präparierte Alltagsgegenstände, die Spuren von Manipulation aufweisen.

Wie gestaltet sich die bilaterale und interdisziplinäre Arbeit mit den verschiedenen Projektpartnern?

Heusinger: Die Partnerschaft mit Österreich hat den Vorteil, dass sowohl die Technologiestandards als auch ethische und rechtliche Aspekte sehr ähnlich sind. Wir ergänzen uns sehr gut.

Moser: Davon lebt unsere Zusammenarbeit. In regelmäßigen Treffen stimmen wir uns ab, damit wir aufeinander aufbauen und die Ergebnisse kompatibel sind. Für die ganzheitliche Betrachtung widmen sich die verschiedenen Projektpartner unterschiedlichen Aspekten: So geht es um ethisch-rechtliche Fragen für die Rahmenbedingungen, um Hardwareintegration oder darum, für die jeweiligen Technologien zu gewährleisten, dass die notwendigen Schnittstellen vorhanden und auf dem Roboter einsetzbar sind und dass die Daten zusammengeführt, sinnvoll gespeichert und dargestellt werden. Das geht nur durch Austausch und Kommunikation.

Heusinger: Es ist spannend, über den Tellerrand zu blicken und neue Blickwinkel aus anderen Forschungsfeldern auf die Thematik zu erfahren. Es werden Fragen aufgeworfen, die man sich nie gestellt hätte, und man lernt sehr viel, nicht nur fachlich oder technologisch.

Wie funktioniert die internationale Zusammenarbeit in der Sicherheitsforschung? Sehen sich die Akteure als Konkurrenten?

Moser: Größte Konkurrenz wäre das Projekt USBV-Inspektor gewesen. Dessen Ergebnisse und Experten haben wir in unser Projekt integriert. Für unser Ziel eines sinnvollen Werkzeugs für die Endanwender wollen wir alle relevanten Akteure ins Boot holen.

Heusinger: International gibt es Zusammenarbeit und Vernetzung innerhalb der Sicherheitsforschung, oft in Form von Workshops oder Konferenzen. Im März war ich zum Beispiel auf der Border Security Expo in London. Der Informationsaustausch geht natürlich nur bis zu einem gewissen Punkt, dennoch ist Kooperation in der Sicherheitsforschung besonders stark an Vertrauensverhältnisse und Offenheit geknüpft. Das ist der Unterschied zu vielen anderen Forschungsbereichen.

Wie sicher fühlen Sie sich auf öffentlichen Plätzen wie Flughäfen oder Bahnhöfen?

Moser: Unsere Arbeit macht uns bewusst, welch wichtigen und anspruchsvollen Job unsere Sicherheitskräfte jeden Tag leisten und wie viel Anstrengung betrieben wird, um die öffentliche Sicherheit zu gewährleisten. Ich habe großes Vertrauen in diese Maßnahmen. Das ist für mich weitere Motivation, wirklich gute Arbeit abzuliefern. Angst habe ich keine, sondern kann vielmehr die Gefahren einschätzen und bin davor gefeit, in einen Panikmodus zu verfallen.

Heusinger: Man kann niemals alles vorausplanen. Das wissen wir seit 9/11. Aber wir sehen, wie viel geforscht wird. Gerade das BMBF investiert viel Geld, um neuste Fragestellungen zu bearbeiten und Lösungen für potenzielle Gefahren zu erforschen. Was möglich ist, wird in der Sicherheitsforschung auch gemacht.

Wie ist der Ausblick nach DURCHBLICK?

Moser: Zunächst müssen wir die Weichen für eine vernünftige Verwertung des Projekts stellen, damit anschließend zeitnah aus dem Demonstrator auch ein Produkt entwickelt werden kann. Erstens sollen die Endanwender schnellstmöglich ein System in den Einsatz mitnehmen können, das leistungsfähiger als derzeit verfügbare Geräte ist. Zweitens müssen unsere Projektpartner, insbesondere die KMUs, die Chance bekommen, ihre im Projekt geleistete Arbeit wirtschaftlich umzusetzen, indem sie an Produktion und Verkauf beteiligt sind – beispielsweise als neuartiges Zubehörgerät für Entschärfungsroboter. Für uns am EMI ist es eine spannende technologische Frage, wie man die Endanwender bei der Bildauswertung durch Computeralgorithmen unterstützen kann. Außerdem könnte unser Roboter nach Beendigung des Projekts auf dem Sprengplatz in Kandern eingesetzt werden. Unsere Einsatzkräfte und Sprengmeister am EMI würden hiervon sicherlich profitieren.

Heusinger: Daneben lernen wir durch das Projekt die für uns noch neue Röntgenrückstreuung als Technologie kennen und überlegen, für welche EMI-typischen Forschungsinhalte sie noch einsetzbar wäre, wie eventuell das Sichtbarmachen von Rissen in Bauwerken.



Projektname

Detektion unterschiedlicher unkonventioneller Spreng- und Brandvorrichtungen mittels intelligenter analytischer Sensorik (DURCHBLICK)

Programm

Forschung für die zivile Sicherheit, Bekanntmachung »Zivile Sicherheit – Aspekte und Maßnahmen der Terrorismusbekämpfung«, Bundesministerium für Bildung und Forschung

Gesamtzuwendung

1,3 Millionen Euro

Laufzeit

Zwei Jahre, Mai 2017 bis Mai 2019

Weiter Informationen zu Inhalten, Projektpartnern, assoziierten Partnern und dem Partnerprojekt Österreich finden Sie unter www.durchblick-projekt.de

Kontakt

Dr. Stefan Moser

stefan.moser@emi.fraunhofer.de

Victoria Heusinger

victoria.heusinger@emi.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD
AUTOMOTIVE



GESCHÄFTSFELD AUTOMOTIVE



Weltweit befindet sich die Automobilbranche in rasant voranschreitendem Umbruch: Die Einführung disruptiver technologischer Innovationen im gesamten Mobilitätssektor lässt tiefgreifende Veränderungen in der gesamten Wertschöpfungskette der Branche erwarten.

Das Thema Crashesicherheit bleibt dabei ein zentrales und innovatives Forschungsfeld. In der Branche wird die sogenannte »Vision Zero«, also das Ziel von null Unfallopfern, nicht zuletzt auch durch die Einführung neuartiger Sicherheitsassistenzsysteme vorangetrieben. Mittlerweile hat sich das Konzept der integralen Fahrzeugsicherheit durchgesetzt, einer Verknüpfung von passiven und aktiven Sicherheitsmaßnahmen, das einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt des Fraunhofer EMI darstellt. Getrieben durch diese komplexen Anforderungen konnte in einer abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit die messtechnische Ausstattung des Crashzentrums der Fraunhofer-Gesellschaft am EMI signifikant weiterentwickelt und für die Ansprüche an moderne, hoch instrumentierte Crashversuche angepasst werden.

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

Ein Fokus der Forschungsarbeiten lag erneut auf der Weiterentwicklung des dynamischen Röntgenverfahrens, mithilfe dessen man während eines Crashes das Deformationsverhalten von zuvor verborgenen Strukturen beobachten kann. Ein solches System gibt es weltweit bisher nicht. Es eröffnet der Crashforschung ein ergänzendes Beobachtungsfenster zusätzlich zu den etablierten Messmethoden und hilft dabei, offene Fragen zum dynamischen Verhalten sicherheitsrelevanter Fahrzeugbauteile zu beantworten.

Darüber hinaus beschäftigen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am EMI mit dem Thema der Sicherheit elektrischer Energiespeicher im Kontext der zunehmenden Elektrifizierung von Fahrzeugen. In diesem Zusammenhang bildet das Thema Leichtbau einen Arbeitsschwerpunkt im Geschäftsfeld: Multimaterialbauweise respektive Hybridmaterialien stehen hier im Fokus der Arbeit.

Um zukünftige Verletzungsrisiken in sich ändernden Verkehrssituationen beschreiben und bestenfalls vorhersagen zu können, wurde das Thema Menschmodellierung als strategisch wichtiges Thema für das Geschäftsfeld neu besetzt.



Dr. Jens Fritsch

Geschäftsfeldleiter Automotive
Telefon 0761 2714-472
jens.fritsch@emi.fraunhofer.de

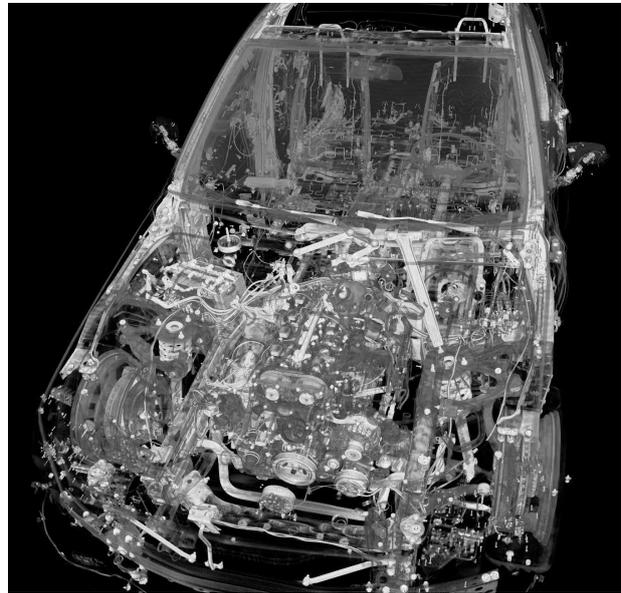
Röntgendiagnostik bei Crashtests nimmt Fahrt auf

Seit dem Jahr 2016 erforscht das Fraunhofer EMI im Crashzentrum der Fraunhofer-Gesellschaft das Potenzial der Röntgendiagnostik bei Crashtests mit der neuartigen X-ray-Car-Crash-Technologie (X-CC). Röntgen ist eine etablierte Technologie der Materialforschung, die sich bisher im industriellen Bereich jedoch überwiegend auf statische und quasistatische Untersuchungen beschränkt. Mit der X-CC-Technologie kombiniert das Fraunhofer EMI das Röntgen mit hochdynamischen Verformungsprozessen unter Crashbedingungen und liefert dadurch einen Beitrag zum Verständnis des Verhaltens innenliegender Strukturen beim Crash. Die Ergebnisse fließen in die Simulation zur Optimierung von Strukturen, Bauteilen oder Werkstoffen ein. Langfristiges Ziel ist es, ein Röntgenvideo der Crashversuche zu erhalten. Der Geschäftszweig hat sich für das Fraunhofer EMI zu einem erfolgreichen und großen Forschungsfeld entwickelt und trifft auf gesteigertes Interesse in Industrie und Forschung. Das EMI entwickelt neue Methoden, Simulationen und Anwendungsfelder, führt Industrieprojekte mit namhaften Kunden durch und plant die stetige Weiterentwicklung des Testaufbaus für zukünftige Untersuchungen.

Erfolgreicher Abschluss verschiedener Industrieprojekte

Im Rahmen des Tech Center i-protect untersuchte das Fraunhofer EMI zusammen mit der Daimler AG den Einsatz der Röntgentechnologie bei Crashversuchen mit dem Ziel, sicherheitsrelevante Bauteile innerhalb eines Fahrzeugs auch während eines Crashtests sichtbar zu machen und diese mit computergestützten Simulationsmodellen zu kombinieren, um die Prognosezuverlässigkeit von Crashsimulationen weiter zu verbessern. Das im Januar 2016 gestartete Projekt konnte 2018 erfolgreich abgeschlossen werden.

Bei einem weiteren Industrieprojekt lag der Fokus auf der experimentellen Untersuchung von Bauteilen mithilfe der Röntgentechnologie. Durch den zusätzlichen Einsatz eines 3D-Hochgeschwindigkeitsscanners konnten die Röntgenbilder im Raum verortet und ein zeitaufgelöstes Modell der Versuchsdaten generiert werden. Der Scanner wurde von Fraunhofer EMI zusammen mit dem Fraunhofer IOF und Fraunhofer SCAI entwickelt und im Rahmen dieses Industrieprojekts erfolgreich eingesetzt. Der Einsatz des Tools ist



1 Mit der Ultrakurzzeit-Röntgentechnologie lässt sich das Verhalten sicherheitsrelevanter Bauteile im Innern des Fahrzeugs untersuchen. © Daimler

ein wichtiger Schritt hin zur Kombination verschiedener Technologien in der Simulation. Ein drittes Industrieprojekt beschäftigte sich mit der Verbesserung der Röntgensimulation zur Versuchsplanung sowie der Auswertungsstrategie und der dazu benötigten Algorithmik. Es wurde dieses Jahr ebenfalls mit Erfolg abgeschlossen.

Forschungsergebnisse, die sich sehen lassen können

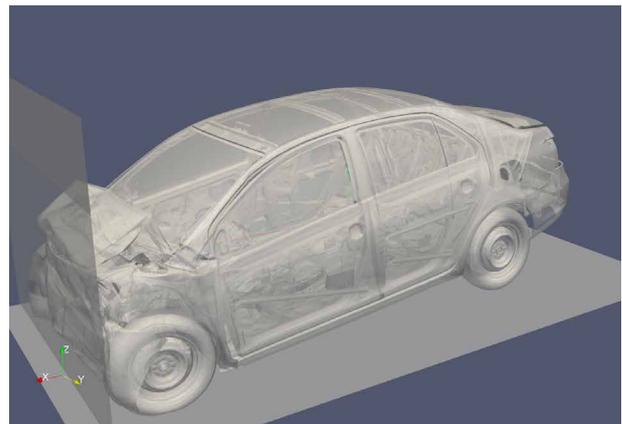
Die Forschungsergebnisse der X-CC-Technologie treffen auf großes öffentliches Interesse. Starken Andrang hatte beispielsweise der Auftritt des Fraunhofer EMI auf der Hannover Messe im April 2017. Dort erklärten Forscherinnen und Forscher die Röntgentechnologie anhand eines nachgebildeten Testaufbaus. Das Testfahrzeug, eine von Daimler zur Verfügung gestellte Mercedes-Benz E-Klasse und der nachgestellte Röntgenblitz zogen Besucher aus Forschung, Politik und der breiten Öffentlichkeit an. Zu den prominenten Standbesuchern zählten unter anderem der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft Professor Reimund Neugebauer zusammen mit den Vorstandsmitgliedern Professor Georg Rosenfeld und Professor Alexander Kurz sowie Reinhard Bütikofer von den Grünen und EU-Kommissar Günther Oettinger. Der Röntgen-crash ist auch für das Fachpublikum ein gefragtes Thema. So sprachen

im März 2017 Dr. Malte Kurfiß und Dr. Stefan Moser auf dem 17. Seminar D+S »Aktuelle Fragen der Durchstrahlungsprüfung und des Strahlenschutzes« der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung über »Röntgenuntersuchungen für kurzzeitdynamische Anwendungen«, und auf der Leichtbautagung der Fraunhofer-Allianz Leichtbau im November 2017 referierte Dr. Malte Kurfiß zum Thema Hochgeschwindigkeitsröntgen in der Fahrzeugcrashdiagnostik.

Erweiterung der experimentellen Möglichkeiten

Ein wichtiger Schritt zum Ziel des Röntgenvideos ist die Beschaffung einer leistungsstarken Röntgenquelle. Intensive Diskussionen mit weltweit führenden Herstellern von Linearbeschleunigern führten zu einer Ausschreibung, deren technische Anforderungen deutlich über bisher kommerziell erhältliche Beschleuniger hinausgehen. Das Vergabeverfahren konnte im Dezember 2017 erfolgreich abgeschlossen werden. Parallel zur Beschaffung der neuen Röntgenquelle wurde deren Integration in die Crashhalle angestoßen. Hier stellt insbesondere der Strahlenschutz eine Herausforderung dar. In Zusammenarbeit mit erfahrenen Experten des Bundesamts für Strahlenschutz (BAD) und der Firma diondo GmbH wurde ein Strahlenschutzkonzept erstellt, das in einer ersten Vorstellung bei den zuständigen Behörden positiv beurteilt wurde und in der nächsten Projektphase umgesetzt wird. Durch die Anschaffung des neuen Linearbeschleunigers LINAC stehen dem Fraunhofer EMI neue experimentelle Möglichkeiten zur Verfügung. Mit der sehr hohen Energie von neun Megaelektronenvolt können ganze Fahrzeuge durchleuchtet werden. Die in

der Endausbaustufe anvisierte Bildrate von 1000 Hertz ermöglicht die Röntgendiagnose schneller Vorgänge im Fahrzeugcrash. Die neue Ausstattung der Crashhalle wird ab April 2018 in Form einer MAVO (Fraunhofer-interne, marktorientierte strategische Vorlaufforschung) zur Anwendung gebracht. In dem dreijährigen Projekt, das mit 3,2 Millionen Euro gefördert ist, wird das EMI in Kooperation mit dem Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT an der Entwicklung eines schnellen Röntgendetektors und an Methoden zur Röntgenbildanalyse forschen. Auch weitere internationale Industrieprojekte profitieren von den neuen Möglichkeiten des Röntgen-crashes am EMI.



2 FE-Crashsimulation in teiltransparenter Darstellung.



Ansprechpartner

Dr. Malte Kurfiß

malte.kurfiss@emi.fraunhofer.de



3 Die X-CC-Technologie stößt beim bunt gemischten Publikum der Hannover Messe 2017 auf großes Interesse.

Upgrade der Messtechnik im Crashzentrum

Die Anforderungen der Industriepartner an das Crashzentrum der Fraunhofer-Gesellschaft werden immer komplexer. Die Abteilung Messtechnologie und Sensorik hat deshalb in einer abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit die messtechnische Ausstattung des EMI-Crashzentrums weiterentwickelt und an die Bedürfnisse moderner, hoch instrumentierter Crashversuche angepasst. Dank eines miniaturisierten, crashfesten Datenerfassungssystems und entsprechender Sensoren sind nun Dehnungs- und Beschleunigungsmessungen direkt am Testobjekt mit hoher Kanalzahl möglich. In Kombination mit der bereits vorhandenen, instrumentierten Crashbarriere können damit bei entwicklungsbegleitenden Versuchen Dehnungs-, Beschleunigungs- und Kraftverläufe mit über 350 Kanälen synchron zu Hochgeschwindigkeitsvideoaufnahmen in bis zu zehn Ansichten aufgezeichnet werden. Die vielseitige Instrumentierung bietet den Kunden noch mehr Informationen, um die dynamischen Deformationsprozesse beim Crash besser zu verstehen.

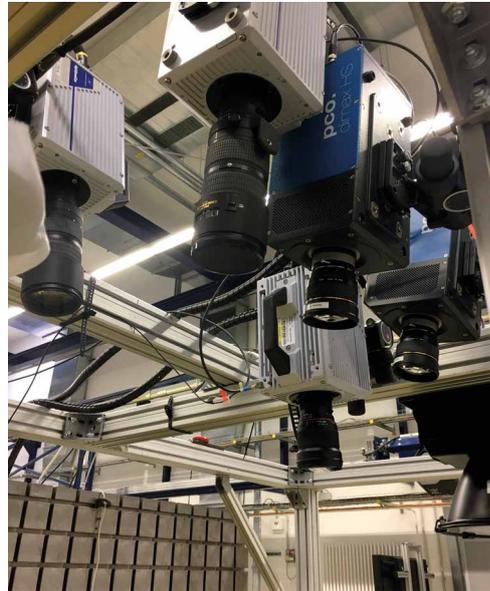
Ferner wurde durch die Einführung von Prozessen zur automatisierten Aufbereitung, Zusammenführung und Synchronisation von Messdaten aus verschiedenen Quellen die Zeit zwischen der Durchführung des Crashtests und der Bereitstellung der Versuchsdaten an den Auftraggeber deutlich verkürzt. Durch die reibungslose, aktive Zusammenarbeit und Ergänzung von Kompetenzen wurde die neue Messtechnik bereits in einem Großprojekt erfolgreich eingesetzt, und weitere Folgeprojekte konnten akquiriert werden.



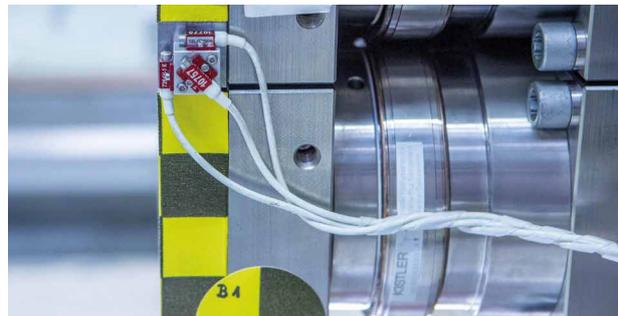
Ansprechpartner

Dr. Sebastian Schopferer

sebastian.schopferer@emi.fraunhofer.de



1 Aufbau mit mehreren Hochgeschwindigkeitsvideokameras zur Beobachtung eines Crashvorgangs. Von oben erfolgt eine Stereoaufnahme für »3D digital image correlation« und drei Aufnahmen für Detailansichten.

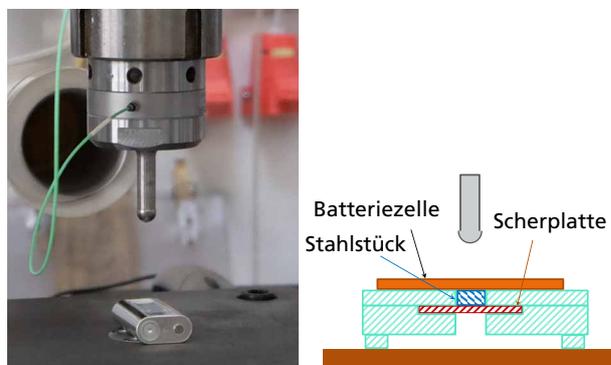


2 Die beim Crash wirkenden Kräfte und Beschleunigungen werden durch entsprechende triaxiale Sensoren an einer Vielzahl von Messstellen erfasst.

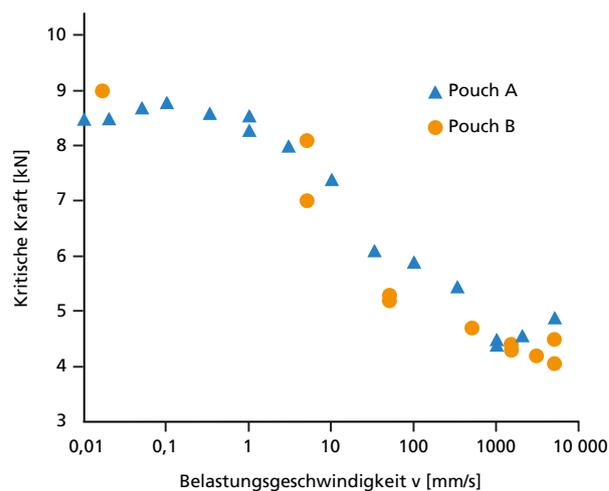
Dehnrateneffekte beim Versagen von Batteriezellen

Mit steigender Energiedichte elektrischer Energiespeicher wächst auch deren Gefährdungspotenzial. Am EMI werden daher Versuche zu Versagensmechanismen von Lithium-Ionen-Akkus unter dynamischen Belastungen durchgeführt. Dabei stehen Dehnrateneffekte im Vordergrund, die zum Beispiel im Fall eines Crashes relevant sind. Um dies trotz geringer Zelldicken realisieren zu können, wurden je nach verwendetem Impaktor und Belastungsniveau Versuchsaufbauten entwickelt, die eine hohe Kraftübertragung auf die Versuchsanlage verhindern. Ohne eine entsprechende Vorrichtung könnte bei hohen Testgeschwindigkeiten, beispielsweise in Abbildung 1, ein harter Aufprall des Impaktors auf die Unterlage der Zelle nach der Intrusion nicht vermieden werden. Durch die Vorrichtung wird die Aufschlagskraft begrenzt, da das in der Abbildung blau gezeichnete Stahlstück eine Fläche aus der darunter befindlichen Platte ausstanzt, wenn deren Scherkraft erreicht ist. Dadurch konnten die bei geringeren Kraftniveaus stattfindenden Versagensmechanismen detailliert untersucht werden.

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse einer Untersuchungsreihe an zwei Typen von Pouchzellen. Aufgetragen sind die für Zellversagen bei Intrusion nötigen Kräfte als Funktion der Intrusionsgeschwindigkeit. Bei den untersuchten Zelltypen zeigte sich das unerwartete Ergebnis, dass die kritischen Kraftwerte mit zunehmender Belastungsgeschwindigkeit abnehmen. Ein Ergebnis, das nicht generell auf andere Zelltypen übertragbar ist, bei denen teilweise ein gegenteiliges Verhalten beobachtet wurde.



1 Experimenteller Aufbau. Links: Fotografie. Rechts: Skizze des Aufbaus.



2 Kritische Kraft bei Zelintrusion als Funktion der Belastungsgeschwindigkeit für zwei unterschiedliche Pouchzellen.



Ansprechpartner

Dr. Thomas Kisters

thomas.kisters@emi.fraunhofer.de

Menschmodelle statt Dummies – neue Wege beim Insassenschutz in der Crashsimulation

Nicht nur Materialien und Werkstoffe stehen bei Crashanwendungen im Fokus der Forschung, sondern natürlich auch der Mensch selbst, den es in der Vielzahl möglicher Unfallszenarien zu schützen gilt. Die Modellierung des menschlichen Körpers für Crashversuche ist ein neuer Trend im Bereich Automotive. In diesem interdisziplinär ausgerichteten Forschungsfeld werden Beiträge aus der Physik, den Ingenieurwissenschaften, der Medizin und der Biologie zusammengetragen. Neben der Modellierung der menschlichen Anatomie und ihrer Variationen hinsichtlich Größe, Gewicht und Geschlecht steht aktuell besonders die Beschreibung der Muskulatur sowie ihre aktive Steuerbarkeit im Mittelpunkt des Interesses. Die Muskulatur hat nachweislich einen großen Einfluss darauf, wie ein Fahrzeuginsasse kurz vor einem Unfall reagiert und wie sich der Körper während des Unfalls verhält. Hier kann es zu gravierenden Abweichungen gegenüber steifen und kinematisch eingeschränkten Crashtest-Dummies kommen, insbesondere wenn die Versuchsbedingungen der Standardcrashtests geringfügig modifiziert werden. Gerade unter dem Gesichtspunkt des autonomen Fahrens und der damit einhergehenden neuen Möglichkeiten bei der Gestaltung von Fahrzeuginnenräumen, müssen bestehende Konzepte von Rückhaltesystemen überdacht und möglicherweise neu bewertet werden. Die aktive Menschmodellierung ist dabei ein wertvolles und wichtiges Hilfsmittel.

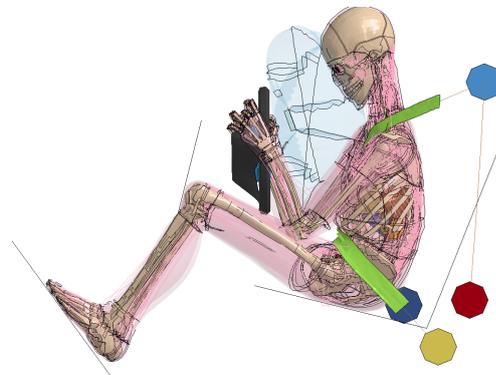
Mit dem aktiven Menschmodell THUMS™ v5.01 konnten am EMI erste Crashszenarien erfolgreich gerechnet und hinsichtlich der Insassensicherheit ausgewertet werden. Im Rahmen einer Masterarbeit werden derzeit Studien zur Modellierung von Muskeln in aktiven Menschmodellen durchgeführt.



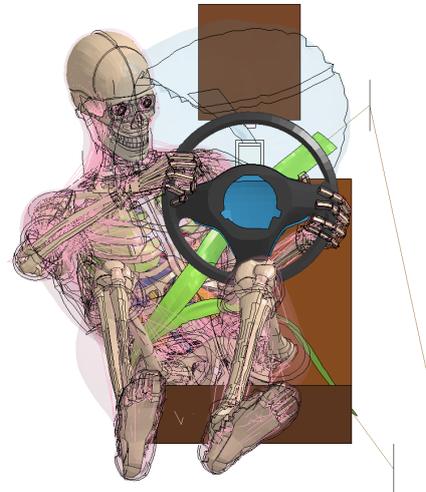
Ansprechpartner

Dr. Matthias Boljen

matthias.boljen@emi.fraunhofer.de



1 Frontalcrash im angespannten Muskelzustand des THUMS™ v5.01. Über die aktive Muskelkontraktion hält sich der THUMS am Lenkrad fest und stützt sich beim Impact ab, was den Brustkorb potenziell entlastet. Die farbigen Achtecke machen die verschiedenen Anchnallpunkte des modellierten Sicherheitsgurts sichtbar.



2 Offsetcrash im angespannten Muskelzustand des THUMS. Mögliche Herausforderungen für die passive Sicherheit in von einem Frontalcrash abweichenden Unfallszenario werden deutlich: Der Längsgurt rutscht ab.

Datenanalyse zur objektiven Eignungsbewertung von hybriden Materialsystemen in crashbelasteten Fahrzeugstrukturen

Hybride Materialsysteme aus faserverstärkten Kunststoffen und konventionellen Karosseriewerkstoffen ermöglichen die Gestaltung maßgeschneiderter Strukturkonzepte. Vor dem Hintergrund stetig steigender Anforderungen in den Bereichen der nachhaltigen Mobilität, der Kosteneffizienz und der Crashfunktionalität gewinnen diese Materialien an Bedeutung. Neben der experimentellen Analyse des Crashverhaltens und der Befähigung numerischer Auslegungsmethoden bedarf es zuverlässiger Methoden zur Eignungsbewertung und Auswahl derartiger Materialsysteme für eine spezielle Strukturanwendung. Ein Großteil der etablierten Methoden zur Materialauswahl basiert auf dem Einbezug von subjektivem Anwender- oder Expertenwissen bei der multikriteriellen Entscheidungsfindung. Dies beeinträchtigt die Reproduzierbarkeit und Transparenz dieser Prozesse.

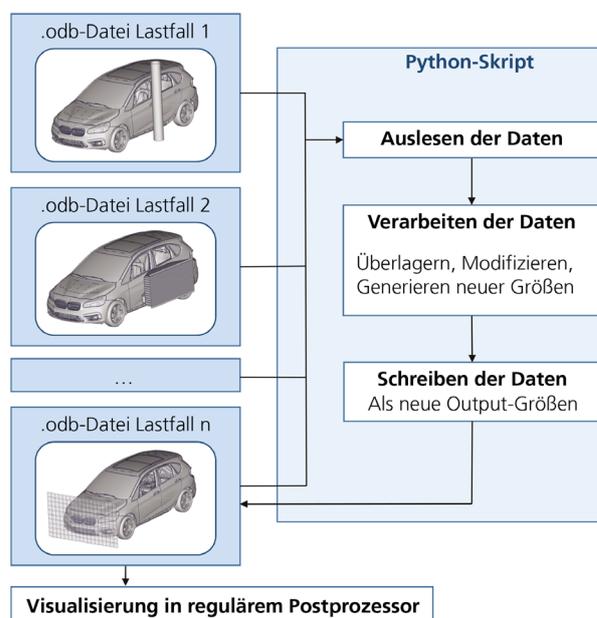
Eine neue Methodik der Beanspruchungsanalyse nutzt die überlagerten Ergebnisdaten multipler Gesamtfahrzeugcrashsimulationen und physikalisch basierte Eignungskriterien, um eine objektive Eignungsbewertung für verschiedene Hybridsysteme in einer Strukturanwendung unter den betrachteten Lastfällen zu erhalten. Ein Analyse-tool erzeugt globale Beanspruchungsprofile der Zielstrukturen durch die Überlagerung der Simulationsergebnisse und den Abgleich mit den definierten Eignungskriterien. Diese Kriterien leiten sich aus der Funktion (hier: Crash) und den Charakteristika der betrachteten Materialsysteme (zum Beispiel Anisotropie der mechanischen Eigenschaften) ab. Ferner ermöglicht die neuartige Visualisierung derartiger Beanspruchungsprofile in der Karosserie die Identifikation von Strukturrollen (zum Beispiel Lastpfade) im Crashmanagement konventioneller Fahrzeugarchitekturen.



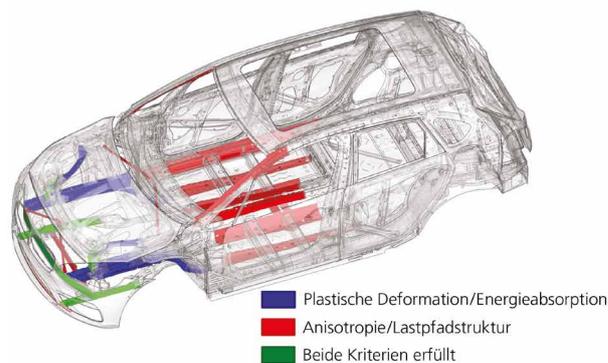
Ansprechpartner

Dr. Michael Dlugosch

michael.dlugosch@emi.fraunhofer.de



1 Informationsfluss bei der Datenanalyse zur Erstellung der globalen Beanspruchungsprofile und deren Visualisierung.



2 Identifikation und Visualisierung von Strukturrollen auf Basis der Eignungskriterien »Beanspruchungsanisotropie« und »Äquivalente plastische Verzerrung«.

Projektstart zur Charakterisierung und Modellierung von Gusseisen

Innerhalb eines von der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen) geförderten Projekts untersucht das Fraunhofer EMI zwei Gusseisenwerkstoffe mechanisch hinsichtlich des Einflusses von Dehnrate und Spannungszustand. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM soll aus den Versuchsergebnissen eine zuverlässige und effiziente Methode zur Versagens-

modellierung von Gusseisen in der Crashesimulation vorgeschlagen werden. Mithilfe weiterführender Versuche am Crashzentrum des EMI werden die verwendeten Werkstoffmodelle und Simulationstechniken anschließend validiert. Das auf 2,5 Jahre angesetzte Projekt startete am 1. Juni 2017 und läuft noch bis zum 30. November 2019.

Neuer Ansprechpartner im EMI für die Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT)

Nach dem Ausscheiden von Herrn Dr. Nahme übernimmt Markus Jung im Fraunhofer EMI die Funktion des wissenschaft-

lichen Partners für die Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) innerhalb des Arbeitskreises »Schäume«. Die FAT ist eine Abteilung des Verbands der Automobilindustrie (VDA) in Deutschland. Sie wurde 1971 gegründet und fördert die wissenschaftliche Automobilforschung in



unterschiedlichen Bereichen. Innerhalb themenbezogener Arbeitskreise (AK) forschen industrielle Partner zusammen

mit ausgewählten Forschungsinstituten. Im AK 27, AG Schäume, unterstützt das Ernst-Mach-Institut seit über 20 Jahren die FAT bei der Erforschung neuer Prüf- und Berechnungsmethoden für den Leichtbauwerkstoff Schaum.

EMI-Vertreter im Fachausschuss Durchstrahlungsprüfung

Dr. Malte Kurfiß vom Fraunhofer EMI wurde 2017 in den Fachausschuss Durchstrahlungsprüfung (FA D) der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. (DGZfP) aufgenommen. Auf der FA-D-Tagung zu aktuellen Fragen der Durchstrahlungsprüfung und des Strahlenschutzes trugen er und



Weitere Informationen finden Sie unter www.dgzfp.de

**DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.**

Dr. Stefan Moser vom Fraunhofer EMI im September 2017 in Dresden vor. Der FA D ist eine Expertenplattform zu Computertomografie und digitaler Radiologie. Über seine Mitglieder wirkt der FA D auch an Regelwerken und nationalen sowie internationalen Normen zur industriellen Radiologie mit.

EMI bringt die Röntgencrashtechnologie auf die Hannover Messe

Mit der neuen Röntgencrashtechnologie X-ray Car Crash (X-CC) war das Fraunhofer EMI vom 24. bis 28. April 2017 auf der Hannover Messe vertreten. Blickfang für Besucher aus Forschung, Politik und breiter Öffentlichkeit war die von der Daimler AG zur Verfügung gestellte Mercedes-Benz E-Klasse, die mit einem nachgebildeten



Fraunhofer-Präsident Professor Reimund Neugebauer gemeinsam mit seinen Vorstandskollegen Professor Kurz und Professor Rosenfeld am EMI-Exponat auf der Hannover Messe.

Röntgenaufbau instrumentiert war. Der Aufwand hat sich gelohnt: So zählte EU-Kommissar Günther Oettinger zu den Standbesuchern, und Fraunhofer-Präsident Professor Reimund Neugebauer schenkte dem EMI-Exponat große Aufmerksamkeit, als er persönlich per rotem Knopf den »Röntgenblitz« auslöste.

EMI wird Forschungspartner für den Unterarbeitskreis »Kunststoffe in der Simulation« der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT)

Kunststoffe, insbesondere Thermoplaste, zeigen ein komplexes Materialverhalten unter dynamischer Belastung. Nicht nur die Belastungsgeschwindigkeit, sondern auch die Belastungsart hat Einfluss auf das Schädigungs- und Versagenverhalten dieser Werkstoffe. Für eine optimierte Materialcharakterisierung forscht das Ernst-Mach-Institut



für den FAT-Unterarbeitskreis »Kunststoffe in der Simulation« an einer Standardisierung der zu verwendenden Probengeometrien. Hierzu wird am EMI ein umfangreiches Versuchsprogramm an mehreren Thermoplasten mit sehr unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften durchgeführt.

EMI im Netzwerk der europäischen Automobilforschung

Auch in diesem Jahr war das Fraunhofer EMI auf dem halbjährlich stattfindenden Treffen der European Automotive Research Partners Association (EARPA) vertreten. Der Verband europäischer Forschungsinstitute vereint 51 Organisationen, die im Bereich der Automobilforschung tätig sind, und ist eines der wichtigsten Netzwerke zum Thema Automobil. Neben der aktiven



Philipp Dahl (rechts) im Gespräch beim jährlichen EARPA-Treffen.

Gestaltung der Position Papers, bei dem das EMI einen Beitrag zum Bereich Safety eingereicht hat, erarbeitet EARPA in unterschiedlichen Arbeitsgruppen auch Vorschläge für zukünftige EU-Forschungsrahmenprogramme. Das Fraunhofer EMI ist in den Arbeitsgruppen Safety und Materials tätig. Weiter Informationen finden Sie unter www.earpa.eu

GESCHÄFTSFELD
RAUMFAHRT



Fraunhofer
EM

GESCHÄFTSFELD RAUMFAHRT



Private Unternehmen haben begonnen, den Weltraum mit neuen Geschäftsmodellen zu erschließen. Diese Entwicklung wird unter den Begriffen »New Space« und »Space 4.0« zusammengefasst. Sie nutzen weniger zuverlässige, dafür

aber leistungsfähigere Komponenten für innovative Systeme, deren Erprobung parallel zum Betrieb stattfindet. Diese Designphilosophie des »Trials and Errors« nimmt dabei den Ausfall eines Teils der Komponenten in Kauf, um die Vorteile des schnellen Marktzugangs und kurzer Innovationszyklen zu nutzen.

Gleichzeitig hat die fortschreitende Miniaturisierung und Leistungssteigerung digitaler Systeme die Entwicklung kleinster Satellitensysteme mit Massen unter 100 Kilogramm begünstigt. In den Klassen der Nanosats mit Massen bis zu circa 10 Kilogramm und kleinen Mikrosats mit Massen bis zu 100 Kilogramm konnten bereits anspruchsvolle Anwendungen demonstriert werden, beispielsweise im Bereich des Schiffsmonitorings durch das Automatic Identification System (AIS) oder der Erdbeobachtung im sichtbaren Spektralbereich.

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

Aus den Entwicklungen im »Space 4.0« ergeben sich auch neue Fragestellungen für das Geschäftsfeld Raumfahrt. Hohe Integrationsdichten der Komponenten benötigen neue Lösungen für Konstruktion, Thermalhaushalt und Schwingungsisolierung.

Für das Verteidigungsministerium untersuchen wir das Potenzial von Kleinstsatelliten zur Unterstützung der Streitkräfte. Diese Machbarkeit demonstrieren wir am Beispiel einer wissenschaftlichen Infrarotkameranutzlast auf dem 15 Kilogramm schweren Nanosatelliten-Labordemonstrator ERNST – Experimentelle Raumfahrtanwendung basierend auf Nanosatellitentechnologie. An ERNST zeigen wir auch neue Lösungen, die sich mit dem 3D-Druck metallischer Strukturen ergeben.

Parallel beleuchten wir in diesem Jahr die Arbeiten zu neuen Sensortechnologien im Themenfeld der planetaren Wissenschaften. Mit unserem Asteroidenmaterialsammler D-MEN haben wir ein weiteres Beispiel für den effizienten Einsatz von 3D-Druck metallischer Strukturen in der Raumfahrttechnik geschaffen. Weiterhin berichten wir über die Laserschnitttechnologie als Methode zur Erfassung komplexer Verteilungen von Fragmenten.



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

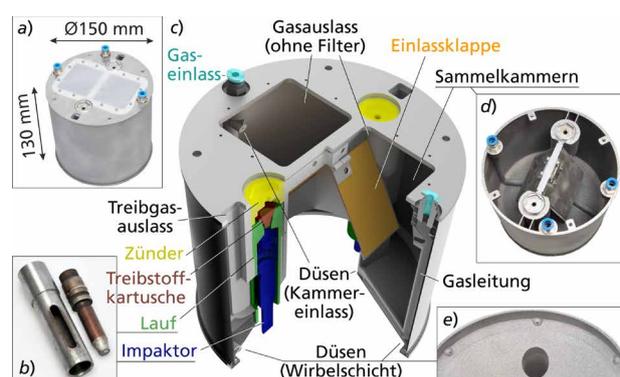
D-MEN: Entnahme von Materialproben von Asteroiden

Die Asteroiden und Kometen des heutigen Sonnensystems sind Überreste des Baumaterials, aus welchem unsere Planeten entstanden sind, den Planetesimalen. Vermutlich verhinderte die Gravitation der Gasriesen, allen voran Jupiter, den Zusammenschluss von Planetesimalen in der Nähe ihres Einflussbereichs. Stattdessen bildeten sich der Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter sowie der Kuiper-gürtel und die Oortsche Wolke jenseits der Neptunbahn. Auf ihren Bahnen um die Sonne kollidieren manche dieser Objekte mit den Planeten, was zahlreiche Einschlagkrater belegen. Die Effekte solcher Einschläge werden am Fraunhofer EMI untersucht. Asteroiden- und Kometeneinschläge haben die Geschichte des Lebens auf der Erde geprägt. Zum einen können sie die Umweltbedingungen dramatisch beeinflussen, wie zum Beispiel durch den Chicxulub-Asteroideneinschlag, der zum Aussterben der Dinosaurier und eines großen Teils der mesozoischen Tier- und Pflanzenwelt vor 66 Millionen Jahren führte. Zum anderen werden sie auch als mögliche Träger der Entstehung des Lebens diskutiert, schließlich wurden Eis und die Grundbausteine für Biomoleküle auf Asteroiden nachgewiesen. So bieten Asteroiden und Kometen wichtige, grundlegende Einblicke in die Entstehungsgeschichte unseres Sonnensystems, entziehen sich aber einer einfachen Untersuchung.

In den letzten Jahren erfahren sogenannte Sample-Return-Missionen wachsende Aufmerksamkeit. Bei einer Sample-Return-Mission werden Materialproben von einem erdnahen Objekt entnommen und zur Erde zurückgeführt. Das Material kann dann im Labor umfangreicheren, verlässlicheren und präziseren Analysen unterzogen werden, als es durch Fernerkundung oder Instrumente an Bord einer Raumsonde möglich ist. Dabei sind wenige Gramm intakten Materials in Zentimetergröße ausreichend, um mineralogische und elementare Zusammensetzungen und die Biochemie des Materials zu analysieren. Die letzte erfolgreiche Sample-Return-Mission mit solchen Materialmengen datiert auf die sowjetischen Luna-Missionen in den 1970er Jahren zurück. Aktuell sind zwei derartige Missionen gestartet. Die japanische Hayabusa 2 soll einen Impaktor auf die Oberfläche des Asteroiden Ryugu schießen, um ausgestoßenes Material aufzufangen. Die NASA-Mission OSIRIS-REx nutzt einen Gasstrom, um loses Material nach der Landung auf dem Asteroiden Bennu zu sammeln.

Im Rahmen des Projekts NEOShield-2, geleitet durch Airbus Defence and Space in Friedrichshafen, hat das Fraunhofer EMI eine Vorrichtung zur Materialentnahme von Asteroiden und Kometen entwickelt. Das System trägt den Namen D-MEN, ein Akronym für »Device for Material Extraction from Near-Earth Objects«. Die Konstruktion des D-MEN war getrieben durch die Anforderung, nicht nur lockeres Material der Asteroidenoberfläche einzusammeln, sondern auch Material aus einem kompakten Verbund mit bis zu 50 Megapascal Druckfestigkeit zu extrahieren, was in etwa Sandstein entspricht. Mindestens 100 Gramm Material mit Partikelgrößen bis zu 3 Zentimetern sollen in einem zylindrischen Volumen mit einem Durchmesser von 150 Millimetern mal 130 Millimeter eingelagert werden. Dieses Volumen inkludiert den kompletten D-MEN, der nach der Probenentnahme in eine Rückkehrkapsel für den Rückflug und die Landung auf der Erde integriert wird.

Der D-MEN kombiniert zwei funktionale Elemente: zum einen die pyrotechnisch getriebenen Impaktoren zur Materialextraktion und zum anderen ein Wirbelschichtsystem zur Materialsammlung. Das Wirbelschichtsystem ist, wie Abbildung 1 illustriert, in den zylindrischen Körper (grau) integriert.



1 Aufbau und Komponenten des D-MEN: a) Gesamtansicht mit Abmaßen, b) Lauf und Impaktor, nach dem Testen demontiert, c) Schnittansicht mit Funktionselementen, d) Sammelkammern in der Draufsicht mit demontiertem Deckel, e) Düsen an der Unterseite zur Erzeugung einer Wirbelschicht innerhalb des D-MEN. Eine Animation der Funktionsweise ist auf unserer Webseite zu finden: www.emi.fraunhofer.de



2 Leistungstest mit dem D-MEN: a) *Materialextraktion unter schrägem Winkel in einer Testkammer*, b) *extrahiertes Material*, c) *gesammeltes Material*.

Von den auf der Oberseite gelegenen Gasanschlüssen (hellblau) wird Druckgas durch die D-MEN-Struktur in den unteren Rand geleitet. Durch Düsen an dessen Innenseite wird innerhalb des D-MEN ein aufwärts gerichteter Gasstrom erzeugt, der lose Partikel mitreißt und zu den Eingangsöffnungen (orange) der zwei Sammelkammern transportiert. Die Verschlussklappen der Kammern werden gleichsam durch den Gasstrom geöffnet. Durch dedizierte Düsen kann jede Kammer individuell geöffnet und mit Material befüllt werden. Das erlaubt die Trennung von in einem ersten Durchgang abgesammeltem Oberflächenmaterial und tieferliegendem, extrahiertem Material aus einem zweiten Sammelvorgang. Zur Extraktion des Materials werden die Impaktoren (blau) ausgelöst. Nach der elektrothermischen Zündung einer Treibstoffkapsel expandiert heißes Gas in dem Lauf (grün) und treibt den Impaktor gegen Asteroidenoberfläche. Der Impaktor stößt aus dem Lauf, verbleibt aber in diesem, um eine Kontamination der Materialproben zu vermeiden. Gleichzeitig entweicht Treibgas zur Rückstoßkompensation nach oben. Das Ende des Impaktors stößt mit 55 Metern pro Sekunde auf das Material und bricht so größere Stücke von diesem heraus, die danach im zweiten Gasstromvorgang in die zweite Kammer gespült werden.



3 *Verschiedene Entwicklungsmodelle des D-MEN.*

Der D-MEN ist ein hochintegriertes System, dessen Struktur in einem Stück durch metallischen 3D-Druck am EMI gefertigt wurde und das sämtliche Gasleitungen und Düsen enthält. Dadurch konnte das nutzbare Volumen der Sammelkammern auf 472 Kubikzentimeter optimiert werden. Am unteren Rand sind zudem Strukturen enthalten, an denen Partikel auch dann hängenbleiben sollen, wenn die Probenentnahme fehlschlagen sollte. Die Impaktoren zur Materialextraktion sind redundant ausgeführt.

In umfangreichen Entwicklungstests wurde das Design des D-MEN, speziell die Gasströmung und die Form der Impaktoren, optimiert. In Leistungstests demonstrierten Letztere eine effektive Extraktion von Sandstein, Tuffstein und Porenbeton zur Berücksichtigung unterschiedlicher Asteroidenbeschaffenheit. Um die Mikrogravitation am Asteroiden zu simulieren, griffen wir für das Testen des Sammelprozesses auf leichte Kunststoffpartikel zurück. Aber auch unter Erdgravitation konnten hinreichende Mengen von extrahiertem Gestein erfolgreich eingesammelt werden. Alle Designanforderungen und ein Technologiereifegrad 4 bis 5 wurden erreicht. Mit dem D-MEN steht eine Vorrichtung zur Entnahme von durch Oberflächen- und Strahlungseffekten unbeeinflusstes Asteroidenmaterial für europäische Raumfahrtmissionen zur Verfügung.



Ansprechpartner

Dr. Martin Schimmerohn

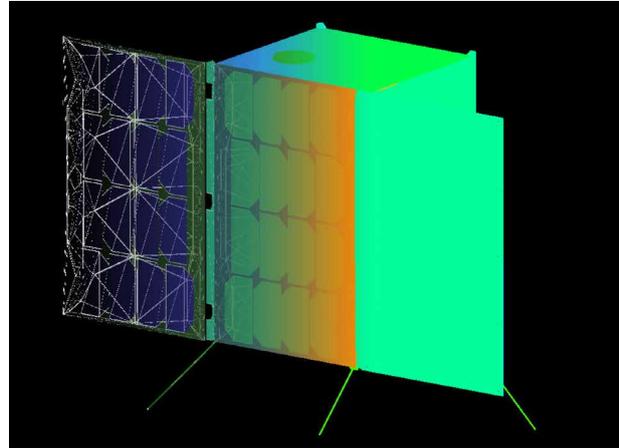
martin.schimmerohn@emi.fraunhofer.de

Thermalanalyse für Satelliten am Beispiel ERNST

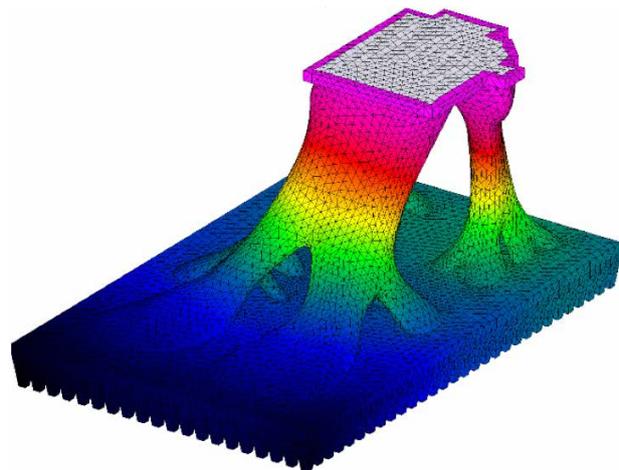
Zurzeit treibt das stark wachsende Interesse an Kleinsatelliten wissenschaftliche wie technologische Entwicklungen in der Raumfahrt in bisher unbekanntem Maße an. Aktuelle Missionskonzepte für einzelne Satelliten und Satellitenkonstellationen werden zunehmend attraktiv für eine stetig wachsende Bandbreite an zivilen und militärischen, planetaren sowie interplanetaren Anwendungen.

Eine große Herausforderung bei der Erweiterung der Funktionalität kleiner Satelliten ist das Temperaturmanagement für energetisch immer anspruchsvollere und komplexere Nutzlasten. Hierzu wurde am Fraunhofer EMI eine multidisziplinäre Methodik entwickelt und am Beispiel des Nanosatelliten ERNST getestet. Dabei simuliert ein hochflexibler, oberflächenbasierter Ansatz zur Thermalanalyse (Abbildung 1) thermische Lasten und lokalisiert potenzielle Gefährdungen während der Mission. Durch den Einsatz von additiven Fertigungstechniken können dann entsprechend topologisch optimierte Bauteile, beispielsweise ein Radiator, designt und gefertigt werden, um die entstehenden Wärmelasten effizient abzuleiten (Abbildung 2).

Die hohe Performanz und Adaptionfähigkeit des Ansatzes passen sich ideal den drastisch verringerten Entwicklungszeiten und -ressourcen kleiner Satellitenmissionen an und tragen somit zur gegenwärtigen Raumfahrtrevolution bei.



1 Für die Thermalanalyse wird das dreidimensionale Modell des Nanosatelliten ERNST in seine Oberflächen zerlegt.



2 Durch einen topologieoptimierten Ansatz beim Design des Radiators werden Temperaturgradienten minimiert, um überschüssige Wärmeenergie effizient abzustrahlen.



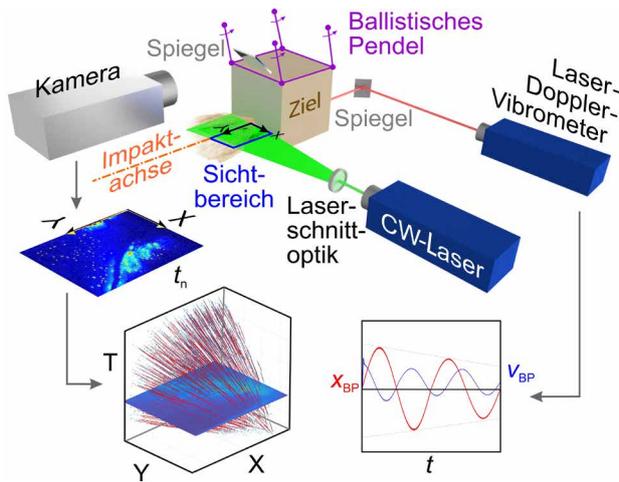
Ansprechpartner

Dr. Max Gulde

max.gulde@emi.fraunhofer.de

Messung von Ejektaeigenschaften und Impulstransfer in Experimenten zur Asteroidenabwehr

Die Beobachtung des Himmels nach Objekten, die auf Kollisionskurs mit der Erde sind, wurde in den letzten Jahren erheblich ausgebaut. Gelingt es, einen gefährlichen Asteroiden rechtzeitig zu erkennen, können Gegenmaßnahmen zu dessen Ablenkung getroffen werden. Neben dem umstrittenen Einsatz von Nuklearsprengköpfen ist die sogenannte kinetische Deflektion ein effektives Mittel, um Asteroiden von ihrem Kollisionskurs abzulenken. Dabei ist es nicht allein der direkte Impulstransfer des Impaktors, sondern der Ausstoß von Material aus der Impaktstelle, dem sogenannten Ejekta, das, wie ein Raketenmotor wirkend, den Gesamtimpuls auf den Asteroiden entscheidend verstärkt.



1 Schema des experimentellen Aufbaus zur gleichzeitigen Untersuchung und Korrelation von Ejektaeigenschaften und Impulstransfer.

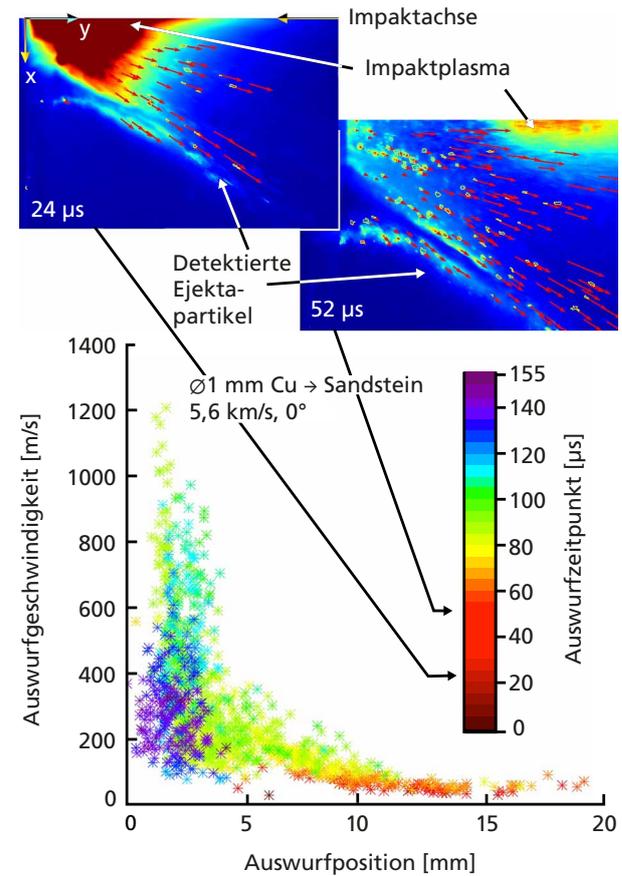


Ansprechpartner

Dr. Martin Schimmerohn

martin.schimmerohn@emi.fraunhofer.de

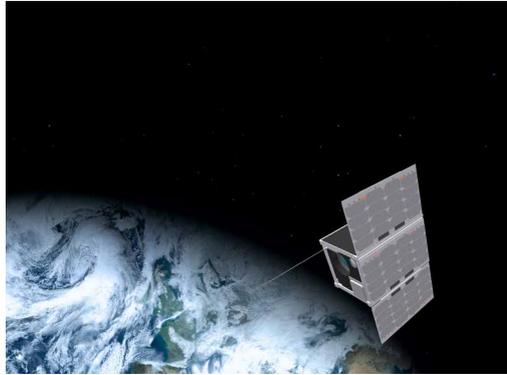
Das Fraunhofer EMI hat in Projekten wie MEMIN und NEOShield zur experimentellen Charakterisierung von Ejekta und Impulstransfer in geologischen Materialien grundlegend beigetragen. Derzeit werden Laserschnitt-techniken optimiert, mit denen einzelne Ejekta-partikel beleuchtet und deren Eigenschaften wie Form, Größe und Geschwindigkeitsvektor zurückverfolgt werden können. In einer aktuellen Messung wurde diese Laserschnitttechnik mit der Impulsbestimmung durch ein ballistisches Pendel kombiniert. Dadurch konnte der Beitrag der schnellen Ejekta-partikel zum Gesamtimpuls beispielhaft quantifiziert werden. Solche experimentellen Daten sind essenziell für die Validierung numerischer Simulationen zur kinetischen Deflektion von Asteroiden.



2 Zeitlich aufgelöste Geschwindigkeits- und Positionsdaten von detektierten Ejekta-partikeln und beispielhafte Ausschnitte aus den mit Laserschnitt beleuchteten Hochgeschwindigkeitsaufnahmen.

Das neue Satellite Lab

Im neuen Satellite Lab werden Nanosatelliten und deren Nutzlasten für die Industrie und öffentliche Kunden erforscht. Die Ausstattung umfasst Elektronikarbeitsplätze sowie Teststände, die unter anderem zur Untersuchung von Funkkommunikation und Lageregelungssystemen genutzt werden. Darüber hinaus wird der experimentelle Betrieb eigener Satellitenmissionen vorbereitet. Seit im Jahr 1999 der CubeSat-Standard veröffentlicht



Der am Fraunhofer EMI entwickelte Nanosatellit ERNST (Experimentelles Raumfahrzeug basierend auf Nanosatellitentechnologie) mit Infrarotnutzlast für die Erdbeobachtung.

wurde, haben sich die kleinen Satelliten, die schnell und kostengünstig herstellbar sind, von der reinen Forschungsentwicklung und -anwendung zu einer zunehmend leistungsfähigen Plattform entwickelt. Der Einsatz dieser Satelliten birgt Potenzial für neue Anwendungen. Hier wird das Fraunhofer EMI künftig Komplettlösungen für Komponenten und Systeme sowie für wissenschaftliche Nutzlasten realisieren.

Bildverarbeitungseinheit für Kleinsatelliten

Am Fraunhofer EMI wurde in diesem Jahr die neueste Generation einer Datenverarbeitungseinheit (Data Processing Unit, DPU) für den Einsatz in Kameranutzlasten von Mikro- und Nanosatelliten entwickelt. Das Gerät basiert auf moderner FPGA-Technologie (Field Programmable Gate Array). Dies ermöglicht die flexible Anpassung auf unterschiedlichste Nutzlasten und bietet eine hohe Verarbeitungsleistung. Das Gerät ermöglicht die Aufnahme, Verarbeitung, Komprimierung



Datenverarbeitungseinheit mit FPGA-Technologie.

und Speicherung von Kamerabildern an Bord des Satelliten. Für die Übertragung der Daten zur Bodenstation sind Kommunikationsprotokolle und Fehlerkorrekturalgorithmen nach CCSDS-Standards (Consultative Committee for Space Data Systems) integriert. Die Bildverarbeitungseinheit kommt im Nanosatelliten ERNST zum Einsatz, der am Fraunhofer EMI entwickelt wurde, und steht darüber hinaus auch für andere Kunden zur Verfügung.

Fertigung einer optischen Bank für Nanosatelliten im 3D-Druck

Für den am Fraunhofer EMI gebauten Nanosatelliten ERNST wurde die optische Bank der Infrarotnutzlast im metallischen 3D-Druckverfahren gefertigt. Das Bauteil kombiniert die Halterungen für Kamera und Optik mit einem 3D-strukturierten Radiator, der die entstehende Abwärme ins Weltall abstrahlt. Mithilfe einer multidisziplinären Designoptimierung konnte eine Struktur gefunden werden, die



Additiv gefertigte optische Bank der Infrarotnutzlast für den Nanosatelliten ERNST.

auf die auftretenden mechanischen und thermischen Belastungen während des Starts und während der Betriebsphase abgestimmt ist. Additive Fertigungsverfahren sind für die Raumfahrt von großer Bedeutung, da sie hoch spezialisierte und individualisierte Leichtbauteile mit völlig neuen Formen und die Integration zusätzlicher Funktionen auf engstem Raum ermöglichen.

Entwicklung und Implementierung eines Filterpendels für den Nanosatelliten ERNST

Der Nanosatellit ERNST beobachtet die Erde zur Detektion von Raketenmotoren mit einer Infrarotkamera in zwei verschiedenen Spektralbereichen. Dieser Wechsel ist notwendig, um die Emissionen des Raketenmotors eindeutig zu erkennen und über dessen Höhenveränderung nachzuverfolgen. Zur technischen Umsetzung wurde ein Mechanismus konstruiert, der verschie-



Ingenieurmodell des Filterpendels für den Nanosatelliten ERNST.

dene Bandfilter im Strahlengang zwischen Kamera und Objektiv in definierten Raten wechselt. Der kompakte Mechanismus ist als Pendel ausgeführt und wurde konform zu den ECSS-Raumfahrtstandards (European Cooperation for Space Standardization) ausgelegt und implementiert. Weitere Qualifikationstests folgen.

24. bis 26. Oktober 2017: spannender Austausch auf der Space Tech Expo Europe in Bremen

Das Fraunhofer EMI präsentierte sich bei der Fachmesse für Luft- und Raumfahrt im Oktober 2017 in Bremen einem internationalen Publikum auf dem Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Allianz SPACE. Das ausgestellte Modell des am EMI entwickelten Nanosatelliten ERNST führte zu



Weitere Informationen finden Sie unter www.space.fraunhofer.de

angeregten Gesprächen und spezifischen Fragen der Fachbesucher. Außerdem zeigte das EMI Lösungen für komplexe Strukturen, wie die optische Bank des Nanosatelliten, die am EMI entwickelt, additiv gefertigt und auf ihre Festigkeit untersucht wurde.

GESCHÄFTSFELD
LUFTFAHRT



GESCHÄFTSFELD LUFTFAHRT



Bei der Beurteilung der Sicherheit von Luftfahrzeugen spielt der Impact von Fremdkörpern eine wesentliche Rolle. So kommt es jedes Jahr zu Zehntausenden Zusammenstößen zwischen Vögeln und Luftfahrzeugen, welche Schäden in der

Größenordnung von einer Milliarde Dollar nach sich ziehen. Am Fraunhofer EMI untersuchen wir diese potenziell gefährlichen Kollisionen mit wissenschaftlichen Methoden und beraten unsere Partner aus der Luftfahrtindustrie bei der Auslegung von Strukturen, die von Vögeln getroffen werden können. Der erste Beitrag beschreibt eine simulationsbasierte Vogelschlaguntersuchung am Hochgeschwindigkeitshelikopter »Racer«, welcher derzeit im Rahmen des europäischen Großforschungsprogramms Clean Sky 2 entwickelt wird. Mithilfe der am Fraunhofer EMI durchgeführten Simulationen können potenziell gefährdete Komponenten frühzeitig identifiziert werden. Die vom Fraunhofer EMI eingebrachten Verbesserungsvorschläge liefern somit einen wertvollen Beitrag zur Vorauslegung des neuartigen Hubschraubers.

Ein völlig neues Forschungsfeld wird im zweiten Beitrag beschrieben. Durch die zunehmende Anzahl an privaten und kommerziellen Drohnen kommt es vermehrt zu gefährlichen Begegnungen im Luftraum. In modernen Drohnen sind viele Komponenten verbaut, welche sich während einer Kollision mit einem Luftfahrzeug im Gegensatz zu einem Vogel nicht wie ein Fluid verhalten. Daher ist davon auszugehen, dass bei einer Kollision mit einer Drohne größere Schäden entstehen als bei der Kollision mit einem Vogel gleicher Masse. In der Zukunft werden am EMI daher vermehrt Untersuchungen zur Kollision von Drohnen mit Luftfahrzeugen durchgeführt.

Darüber hinaus können Luftfahrzeuge durch Naturgewalten, wie zum Beispiel Blitzeinschläge oder Hagelkörner, Schaden nehmen. Am Fraunhofer EMI laufen derzeit Untersuchungen, die es in der Zukunft ermöglichen sollen, die Wirkung von Hagelkörnern auf Luftfahrzeuge besser zu verstehen. Erste Ergebnisse sind dem Beitrag in diesem Jahresbericht zu entnehmen.



Dr. Michael May

Geschäftsfeldleiter Luftfahrt

Telefon 0761 2714-337

michael.may@emi.fraunhofer.de

Foto: Mechanische Materialcharakterisierung: Ergebnis eines dynamischen Zugversuchs an einer CFK-Materialprobe.

Vogelschlagsimulationen für den neuen Hochgeschwindigkeits-hubschrauber »Racer«

Auf der Paris Airshow präsentierte Airbus Helicopters am 20. Juni 2017 das Modell des neuen Hochgeschwindigkeitshubschraubers »Racer« (Abbildung 1). Der im Rahmen des europäischen Luftfahrtforschungsprogramms Clean Sky 2 entstehende Demonstrator soll 2020 seinen Erstflug antreten. »Racer«, kurz für »Rapid And Cost-Effective Rotorcraft«, wird verschiedene Innovationen enthalten, wie beispielsweise eine hohe Reichweite und eine hohe Reisegeschwindigkeit von über 400 Kilometern pro Stunde bei niedrigem Treibstoffverbrauch. Dieser neue Hubschraubertyp soll insbesondere für Such- und Rettungseinsätze, notärztliche Versorgung sowie öffentliche und private Versorgungs- und Transportflüge eingesetzt werden.

Fraunhofer EMI liefert Nachweise für Flugzulassung

Damit der Demonstrator 2020 eine Flugerlaubnis erhalten kann, muss er die Anforderungen aus der EASA-Norm CS 29 erfüllen. Diese verlangt unter anderem den Nachweis, dass ein sicherer Weiterflug beziehungsweise eine sichere Landung nach einem Zusammenstoß mit einem ein Kilogramm schweren Vogel möglich ist. Die Notwendigkeit eines solchen Nachweises zeigt ein Blick in die Statistik: Mehrere 10 000 Kollisionen zwischen Flugzeugen und Vögeln treten weltweit jedes Jahr auf. Sie verursachen hohen wirtschaftlichen Schaden und können im Einzelfall – wie etwa 2009 in New York, als ein A320 auf dem Hudson River notlanden musste – zu einem Sicherheitsrisiko werden. Insbesondere Hubschrauber sind aufgrund ihrer niedrigeren Flughöhe häufig von Vogelschlag betroffen. Die Simulationen, die zur Erbringung des Nachweises notwendig sind, hat das Fraunhofer EMI durchgeführt. Hierfür stellte



Ansprechpartner

Thomas Haase

thomas.haase@emi.fraunhofer.de

Airbus Helicopters die relevanten Daten zur Verfügung, aus denen ein Finite-Elemente-Modell (FE-Modell) von Racer erstellt wurde. Mithilfe dieses Modells konnten anschließend Einschläge von Vögeln an unterschiedlichen Stellen des Hubschraubers simuliert und deren Auswirkungen bewertet werden.

Erstellung des numerischen Modells

Für eine realistische Simulation dieser Belastungen durch Vogelschlag war es zunächst erforderlich, ein validiertes Modell eines Vogels zu erstellen. Hierbei mussten Vereinfachungen getroffen werden, da die exakte numerische Abbildung des Tiers mit erheblichem Aufwand verbunden gewesen wäre. Des Weiteren spielen Details des Vogelkörpers für die durch einen Aufprall hervorgerufenen Schäden nur eine untergeordnete Rolle. Meist modelliert man Vögel daher als einfache geometrische Formen, wie beispielsweise Kugeln oder Ellipsoide. Für die Simulationen am EMI wurde die ebenfalls häufig verwendete Form eines Zylinders mit halbkugelförmigen Enden gewählt. Für die Diskretisierung des Vogelmodells kam die SPH-Methode (Smoothed Particle Hydrodynamics) zum Einsatz. Diese weist bei den auftretenden hohen Verformungen deutliche Vorteile gegenüber klassischen FE-Methoden bezüglich Stabilität und Rechenzeit auf. Hinsichtlich der Materialeigenschaften lassen sich Vögel bei derart hohen Geschwindigkeiten, wie sie bei einem Vogelschlag in der Luftfahrt auftreten, vereinfacht als ein wasserähnliches Fluid modellieren, da die Festigkeiten der einzelnen Materialien weit überschritten werden.

Für die Validierung des erstellten Vogelmodells wurden zunächst frei zugängliche Daten des Air Force Materials Laboratory aus den 1970er Jahren genutzt. Bei den damaligen Versuchen schoss man sowohl echte Hühner als auch Ersatzkörper aus Gelatine gegen eine Stahlplatte und maß die auftretenden Drücke. Weiterhin konnten aktuellere Messwerte, die Airbus Helicopters zur Verfügung stellte, verwendet werden. Hier wurden Gelatinevögel gegen Polycarbonatplatten geschossen. Beide Versuchstypen wurden mit dem Vogelmodell nachsimuliert (Abbildung 2 oben: Stahlplatte, unten: Polycarbonatplatte). Die dabei berechneten Drücke, Kräfte und Schädigungen weisen eine hohe Übereinstimmung mit den Versuchsdaten auf.

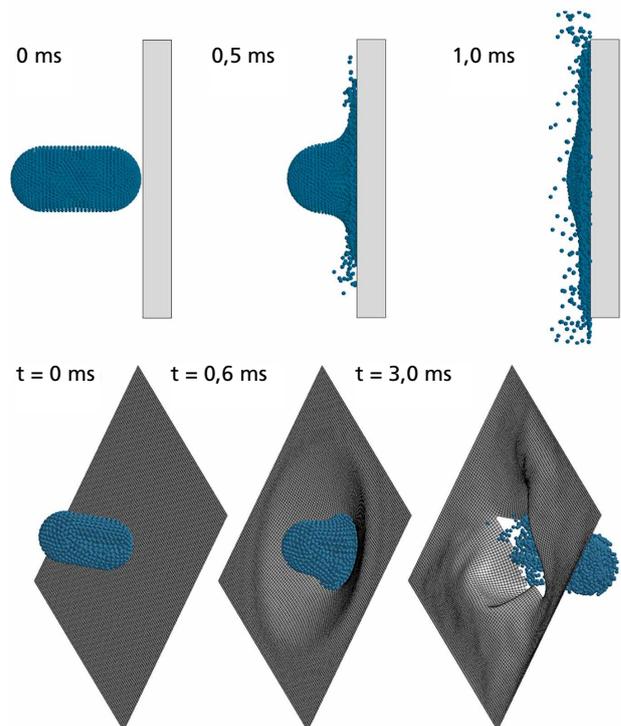


1 Darstellung des neuen Hochgeschwindigkeitshubschraubers Racer. © Airbus Helicopters

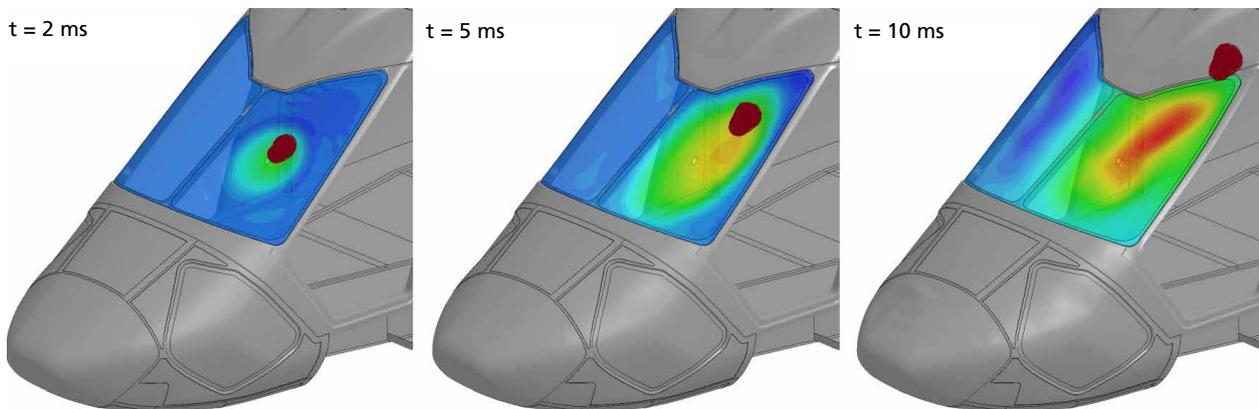
Der nächste Schritt beinhaltete den Aufbau eines FE-Modells des Hubschraubers. Hierfür wurden die Geometriedaten bereinigt, vereinfacht und anschließend vernetzt. Es folgte die Modellierung der beteiligten Materialien sowie die Definition des Lageraufbaus der Verbundmaterialien, der Kontakte und der Randbedingungen. Das fertige FE-Modell von Racer besteht aus mehr als einer halben Million Schalen- und Hexaederelementen mit Kantenlängen von circa 10 Millimetern bis 15 Millimetern. Trotz dieser hohen Anzahl an Elementen benötigt die Simulation eines Vogelschlags lediglich eine Rechenzeit von etwa ein bis zwei Stunden auf 16 CPUs (Central Processing Unit).

Bewertung der Vogelschlagsicherheit

Mithilfe der erstellten Modelle konnten virtuelle Vogel-schlaguntersuchungen für den Hochgeschwindigkeits-hubschrauber Racer durchgeführt werden. Abbildung 3 zeigt beispielsweise die Verformung der Polycarbonatwind-schutzscheibe bei Aufprall und anschließendem Abgleiten eines Vogels mit einer Relativgeschwindigkeit von rund 410 Kilometern pro Stunde. Trotz starker Deformationen bleibt die Scheibe intakt.



2 Simulation eines Vogelschlags auf eine Stahlplatte (oben) und eine Polycarbonatplatte (unten) zur Validierung des SPH-Vogelmodells.



3 Simulation eines Vogelaufpralls mit 410 Kilometern pro Stunde auf die Windschutzscheibe aus Polycarbonat. Diese verformt sich im roten Bereich um bis zu 17 Zentimeter, ohne zu brechen.

Der große Vorteil der Simulationen ist, dass sich eine Anpassung der Werkstoffe und der Wandstärke von Bauteilen oder die Änderung des Auftreffpunkts und der Geschwindigkeit des Vogels sehr einfach am Computer realisieren lassen. So konnte eine Vielzahl unterschiedlicher Szenarien hinsichtlich der Vogelschlagsicherheit analysiert werden. Bewertungskriterien waren dabei beispielsweise eine eventuelle Perforation oder ein Bruch von Komponenten, die Anzahl geschädigter Lagen von Verbundwerkstoffen, das eventuelle Versagen von Klebschichten oder die Restgeschwindigkeit und Ablenkung des Vogels in Richtung

kritischer Strukturen. Mittels dieser Untersuchungen, die wesentlich für die Vorauslegung des neuen Hubschraubers sind, konnte das Fraunhofer EMI frühzeitig gefährdete Komponenten identifizieren und Vorschläge zur Verbesserung abgeben. Die durchgeführten Arbeiten am EMI lieferten somit einen wertvollen Beitrag im Entwicklungsprozess des Racers und dienen Airbus Helicopters als Nachweis für die Erfüllung der Anforderungen für die Flugzulassung.

Weitere Informationen finden Sie unter www.airbus.com



This project is funded by the European Union

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-2016-2017-05.

Drohenschlag: Untersuchungen zur Flugzeugsicherheit bei Kollision mit unbemannten Luftfahrzeugen

Die Anzahl an unbemannten Luftfahrzeugen – umgangssprachlich Drohnen – in privater und kommerzieller Nutzung hat in den letzten Jahren rasant zugenommen. Entsprechend ist auch die Zahl der gemeldeten Beinahe-Kollisionen zwischen Drohnen und Verkehrsflugzeugen gestiegen, da sich beide Klassen denselben Luftraum teilen. Ende 2017 kam es tatsächlich zur ersten bestätigten Kollision, die glücklicherweise ohne Personenschäden verlief. Es ist davon auszugehen, dass ein Drohnenanprall andere Schädigungen in Luftfahrtbauteilen hervorruft als eine Kollision mit einem Vogel. Während die Toleranz eines Luftfahrzeugs gegenüber Vogelschlag für die Zulassung durch standardisierte Testverfahren nachgewiesen werden muss, existieren für die Sicherheit bei Drohnenkollisionen bisher keine entsprechenden Vorschriften.

Um die Grundlagen für die Standardisierung solcher Tests zu schaffen, plant das Fraunhofer EMI derzeit einen Teststand, mit dem Drohnenkomponenten mit hohem Schädigungspotenzial (insbesondere Motoren und Batterien) auf typische Relativgeschwindigkeiten beschleunigt und Kollisionen mit Luftfahrtstrukturen nachgestellt werden können. Neben der Untersuchung der durch Drohnenkomponenten verursachten Schädigung an Luftfahrtbauteilen ermöglicht es der neuartige Prüfstand, Materialparameter für die Modellierung und Entwicklung numerischer Methoden zu bestimmen, welche der Luftfahrtindustrie zukünftig eine Bewertung des Gefährdungspotenzials durch Drohnenkollision erlauben sollen.



Ansprechpartner

Dr. Sebastian Schopferer

sebastian.schopferer@emi.fraunhofer.de



1 Flugverbotszone für Drohnen in der Nähe von Helikopterbetrieb.



2 Typischer Lithium-Ionen-Akku (Masse circa 700 Gramm), wie er in einer Drohne verbaut wird.

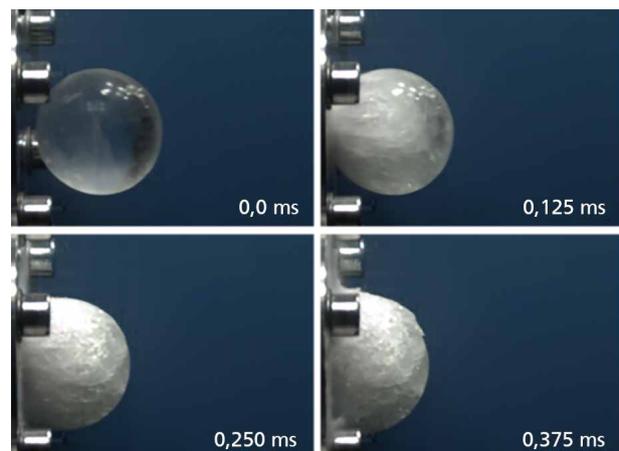
Hagelschlag auf Flugzeugstrukturen

Für den Luftverkehr stellen Unwetterlagen kritische Lastszenarien dar. Gibt es für den Piloten keine andere Möglichkeit, als durch ein Tiefdruckgebiet zu fliegen, können dort auftretende Hageleinschläge eine Gefahr für die Flugzeuginsassen und das Flugzeug bedeuten (Abbildung 1). Am Fraunhofer EMI werden im Rahmen von Clean Sky 2 Methoden entwickelt, die es erlauben, solche Gefahren bereits im Produktentstehungsprozess mittels numerischer Simulationen zu berücksichtigen.

Für die Prognose der Schädigung der Struktur durch Hagelschlag ist dabei eine tiefe Kenntnis der Eigenschaften des Hagelkorns nötig. Eis ist in seinem Verhalten stark von seiner Temperatur und der Verzerrungsrate abhängig. Die Eigenschaften des Eises wurden zunächst mit klassischen Druckversuchen bei verschiedenen Temperaturen und Belastungsgeschwindigkeiten untersucht. Darüber hinaus wurden Beschussversuche im Geschwindigkeitsbereich zwischen 60 Metern pro Sekunde und 300 Metern pro Sekunde durchgeführt. Im ersten Schritt erfolgte der Beschuss auf einen Kraftsensor, um die Eigenschaften des Eises bei Impaktbelastung zu messen (Abbildung 2). Im zweiten Schritt wurden Platten aus in der Luftfahrt üblichem Aluminium und kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK) beschossen. Die in der Literatur vorhandene Datenbasis konnte damit signifikant in einem für den Hagelschlag relevanten Temperatur- und Dehnratenbereich erweitert werden. Die Untersuchungen dienen als Grundlage für die Weiterentwicklung der numerischen Simulationen.



1 Flugzeug nach Flug durch Hagel. © picture alliance/dpa



2 Aufprall einer Eiskugel auf einen Kraftsensor.



Ansprechpartnerin
Dr. Hanna Paul

hanna.paul@emi.fraunhofer.de

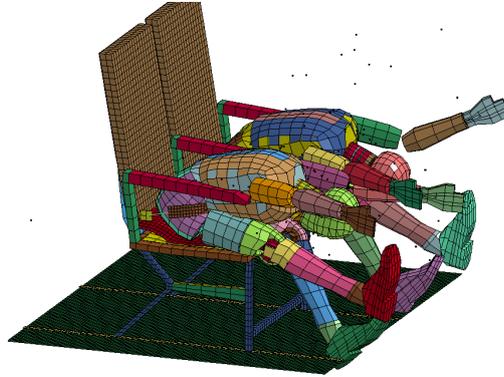


This project is funded
by the European Union

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-2016-2017-05.

Simulation von Flugzeugsitzen unter Berücksichtigung von Crashesicherheit und Nachhaltigkeit

Im Modul Werkstoffdynamik des Masterstudiengangs Sustainable Systems Engineering an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg vermitteln Professor Stefan Hiermaier und Dr. Michael May ihren Studierenden die Grundlagen der dynamischen Werkstoffforschung – sowohl in der Theorie als auch in der praktischen Anwendung mit dem Finite-Elemente-Programm LS-DYNA.



Crashsimulation des Flugzeugsitzes eines Regionalflugzeugs.

Zum Abschluss des Moduls wurde ein Flugzeugsitz für ein Regionalflugzeug so ausgelegt, dass sowohl die Anforderungen an die Crashesicherheit gewährleistet sind als auch Aspekte der Nachhaltigkeit bei der Auswahl der verwendeten Materialien berücksichtigt werden. Die Abbildung zeigt exemplarisch eine Crashsimulation eines derartigen Flugzeugsitzes.

Teilnahme an der AIAA SciTech

Das Forum AIAA SciTech (American Institute of Aeronautics and Astronautics Science and Technology Forum) ist die weltweit größte Fachtagung mit direktem Bezug zur Luft- und Raumfahrttechnik. Auch das EMI war auf dieser Konferenz, die im Januar 2018 in Kissimmee, Florida, USA, stattfand, präsent. Die Veranstaltung bot für über 4000 Experten aus Forschung und Industrie die Gelegenheit, sich

über den aktuellen Stand der Forschung auszutauschen sowie die technischen und regulatorischen Herausforderungen bei der Entwicklung neuer Generationen von Luftfahrzeugen zu diskutieren.

Weitere Informationen finden Sie unter www.scitech.aiaa.org

Clean Sky 2

Clean Sky 2 ist das bislang größte europäische Forschungsprogramm und wird als Joint Technology Initiative von der europäischen Luftfahrtindustrie und der Europäischen Kommission durchgeführt. Mit einem Programmbudget von vier Milliarden Euro für zehn Jahre (2014–2024), davon 1,75 Milliarden Euro von der EU, und mit mehr als 600 Teilnehmenden aus 24 europäischen Ländern



Weitere Informationen finden Sie unter www.cleansky.eu

werden innovative Technologien für die Luftfahrt entwickelt. Ziel des Forschungsprogramms ist es, die nächste Generation der Luftfahrzeuge umweltfreundlicher sowie effizienter – und damit zukunftsfähig – zu gestalten.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist Teil dieser Partnerschaft und mit mehreren Instituten, unter anderem dem EMI, an Clean Sky 2 beteiligt.

LEISTUNGSZENTRUM
NACHHALTIGKEIT



HANNOVER, LOS ANGELES, NEW YORK UND MÜNCHEN: LEISTUNGSZENTRUM NACHHALTIGKEIT FREIBURG TRÄGT NEUESTE ERKENNTNISSE UM DIE WELT



Im vergangenen Jahr war das Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg (LZN) an vielen, auch internationalen Stationen präsent. Mit dem Ziel, neue Lösungen für eine nachhaltige Entwicklung zu finden, trug das LZN die neuesten Erkenntnisse aus der Wissenschaft in die internationale Öffentlichkeit und traf dabei auf reges Interesse.

Im April besuchten unter anderem EU-Kommissar Günther Oettinger, der Grünen-Europaabgeordnete Reinhard Bütikofer und Fraunhofer-Präsident Reimund Neugebauer das LZN auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand auf der Hannover Messe. Die Freiburger Nachhaltigkeitsforscher aus dem Fraunhofer EMI präsentierten hier zusammen mit der Daimler AG ihr Ankerprojekt »Tech Center i-protect« und das Thema Röntgencrash mithilfe einer originalen und in Crash-Orange lackierten Mercedes-Benz E-Klasse.

2017 bot dem LZN auch die Möglichkeit, seine Kompetenzen im Themenfeld der urbanen Resilienz weit über deutsche Grenzen hinaus bekannt zu machen. Im Projekt TAURUS diskutierten Resilienzforscher aus dem Fraunhofer EMI in den USA auf Konferenzen, Workshops und Meetings in Boston, Los Angeles, New Orleans, New York City und Washington D.C. mit Experten aus der ganzen Welt.

Das Ende des Jahres stand für das LZN ganz im Zeichen der bevorstehenden Evaluation durch die Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft, die über eine Fortsetzung der Förderung in den Jahren 2019 und 2020 zu entscheiden hatte. Ab 2021 sollen die Leistungszentren im Rahmen des neuen Pakts für Forschung und Innovation perspektivisch verstetigt werden.

Foto: Im Leistungszentrum Nachhaltigkeit werden Lösungen für eine nachhaltige Zukunft entwickelt.

© Gettyimages



1 Die Mercedes-Benz E-Klasse in leuchtendem Orange bescherte dem LZN viel Aufmerksamkeit auf der Hannover Messe 2017.

In der Übergangsphase bis dahin möchte sich das LZN darauf ausrichten, mit neuen Projekt- und Veranstaltungsformaten den Transfer wissenschaftlicher Ergebnisse in Wirtschaft und Gesellschaft voranzubringen. Im Januar 2018 wurde das LZN erfolgreich evaluiert.

Die entscheidende Grundlage dieses Erfolgs bestand dabei in den verschiedenen Projekten des LZN, in denen es um innovative Lösungen für große gesellschaftliche Herausforderungen geht. Die folgenden Berichte geben einen Eindruck von den Projekten, die im LZN am Fraunhofer EMI bearbeitet werden.



Benjamin Scharte
Leiter Geschäftsstelle
Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg
Telefon 0761 2714-538
benjamin.scharte@emi.fraunhofer.de

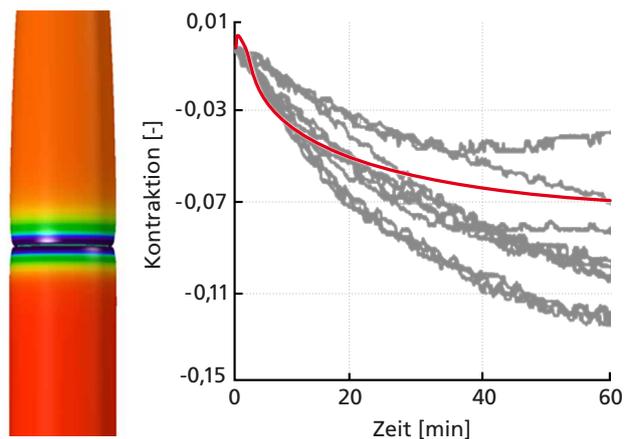
Bio-inspirierte, selbstreparierende Werkstoffe für eine nachhaltige Entwicklung

Die Fähigkeit vieler Pflanzen, durch Verletzung verloren gegangene Eigenschaften per Selbstreparatur wiederherzustellen, ist auch für Werkstoffe eine hochattraktive Eigenschaft. Im Rahmen des Projekts untersuchte das Fraunhofer EMI zusammen mit dem Botanischen Garten der Universität Freiburg, inwieweit entsprechende Mechanismen aus der Natur auf technische Anforderungen umgesetzt werden könnten.

Um den komplexen Selbstversiegelungsmechanismus zu beschreiben, der den ersten zweier wesentlicher Reparaturschritte darstellt, wurde ein physikalisches Modell der Pflanze *Delosperma cooperi* (Abbildung 1) entwickelt. In einem kontinuumsmechanischen Modell wurden dabei die Theorien der Poroelastizität, der Strömung in porösen Körpern und die Diffusion miteinander gekoppelt. Da Form und Größe der Blätter stark variieren, wurde ein vereinfachtes, generisches Modellblatt definiert (Abbildung 1, rechts). Durch Variation verschiedener Modellparameter konnte in Simulationen gezeigt werden, dass die Permeabilität und der Reflexionskoeffizient der Zellen die bestimmenden Parameter für den Prozess der Selbstversiegelung sind. Die mechanischen Parameter des Blatts haben hingegen nur geringen Einfluss. Die Genauigkeit des modellierten Selbstversiegelungsprozesses wurde durch den Vergleich mit Experimenten an natürlichen Pflanzenblättern bestätigt (Abbildung 2).



1 Links: ein Teppich von *Delosperma cooperi*. Mitte: einzelne Pflanze mit Blüte und Blättern. Rechts: Modellblatt für Simulationen.



2 Links: Reduktion der freien Oberfläche der Verletzung durch Kontraktion und damit ein verminderter Wasserverlust. Rechts: Vergleich der Kontraktion im Verletzungsbereich von Simulation (rote Kurve) und Experimenten (graue Kurven).



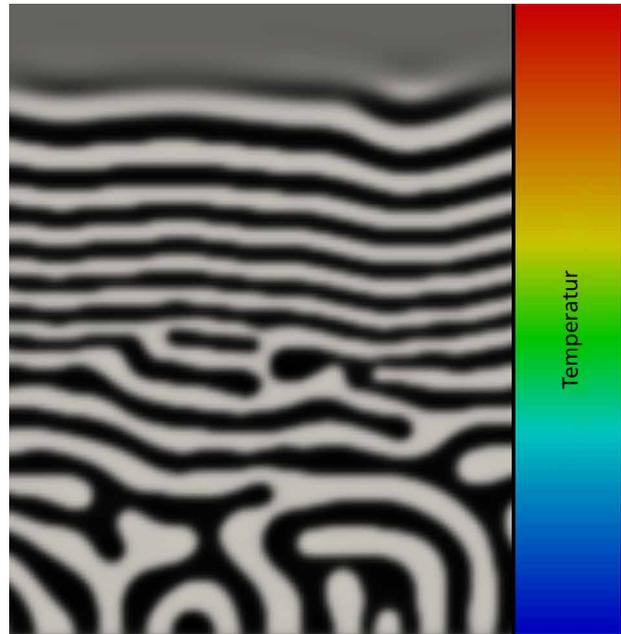
Ansprechpartner

Hartmut Klein

hartmut.klein@emi.fraunhofer.de

Nutzung von Lignin als Ausgangsmaterial für einen biologisch basierten Kunststoff: Entstehungsmechanismus gerichteter Strukturen bei Extrusionsprozessen gefunden

Das Fraunhofer EMI forscht gemeinsam mit der Universität Freiburg an der Eignung der nachwachsenden Ressource Lignin, ein Abfallprodukt der Papierherstellung, als Rohstoff zur Erzeugung von biologisch basierten Kunststoffen. Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Untersuchungen konnten zeigen, dass sich der Rohstoff Lignin durch Zugabe von wasserbasierten Zellulosemischungen für Verarbeitungsverfahren wie beispielsweise Extrusion eignet und so im 3D-Druck zur additiven Fertigung genutzt werden kann. Außerdem wurde am Fraunhofer EMI mithilfe theoretisch-numerischer Methoden ein genereller Entstehungsmechanismus von Strukturen in Extrusionsprozessen aufgedeckt. Dieser beruht auf der Kopplung von Phasenseparation und Temperaturgradienten. Das Verständnis dieses Mechanismus ist beispielsweise für den schnell wachsenden Markt von vegetarischen Fleischersatzprodukten von Bedeutung, da hier die Texturierung ein wesentliches Produktmerkmal darstellt.



1 Gerichtete Strukturbildung: Ein Gemisch von zwei Komponenten (schwarz-weiß) wird von unten gekühlt, so dass sich ein vertikaler Temperaturgradient ergibt. Das Gemisch separiert sich in seine Einzelbestandteile unter Ausbildung horizontaler Streifen.



Ansprechpartner

Dr. Georg Ganzenmüller

georg.ganzenmüller@emi.fraunhofer.de

TAURUS – transatlantisches Forschungsmarketing für urbane Resilienzforschung

TAURUS ist ein internationales Forschungsmarketingprojekt innerhalb des LZN, das im Rahmen der »City of Tomorrow«-Kampagne der »Research in Germany – Land of Ideas«-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird. Das Fraunhofer EMI ist Koordinator des Projekts. Ziel von TAURUS ist es, Softwarelösungen und Resilienzkonzepte, die innerhalb des LZN von Fraunhofer EMI und Universität Freiburg entwickelt wurden, in den USA – und hier im Besonderen in den nordöstlichen Ballungsräumen Boston, New York und Washington – bekannter zu machen und zugleich neue Forschungsk Kooperationen für das Institut zu erschließen.

In der ersten Hälfte des Jahrs 2017 entwickelte das Fraunhofer EMI zusammen mit seinen assoziierten Partnern, der Northeastern University, dem Stevens Institute of Technology und den National Academies, ein Konzept zur Umsetzung einer Technologie-Roadshow, die vom 23. bis 26. Oktober 2017 in Boston und New York durchgeführt wurde. Professor Stefan Hiermaier präsentierte dort Resilienzlösungen aus Freiburg in Vorträgen und Experten-gesprächen.

Außerdem führte das enge Netzwerk zwischen dem Fraunhofer EMI und der Northeastern University im März 2018 zur Gründung eines transatlantischen Forschungsnetzwerks zur urbanen Resilienz, dem Global Resilience Research Network (GRRN). In diesem Netzwerk sind Universitäten und Forschungseinrichtungen aus verschiedenen Ländern aktiv. Über eine digitale Plattform namens »Lynx-Net« kann der Kontakt zu den Partnern des GRRN,



Ansprechpartner

Daniel Hiller

daniel.hiller@emi.fraunhofer.de

aber auch zu anderen relevanten Akteuren aufgebaut und gehalten werden. Für die Zukunft sind ein Studierendenaustauschprogramm zwischen Freiburg und Boston innerhalb des GRRN sowie die zweite GRRN-Konferenz im April 2019 in Freiburg geplant.



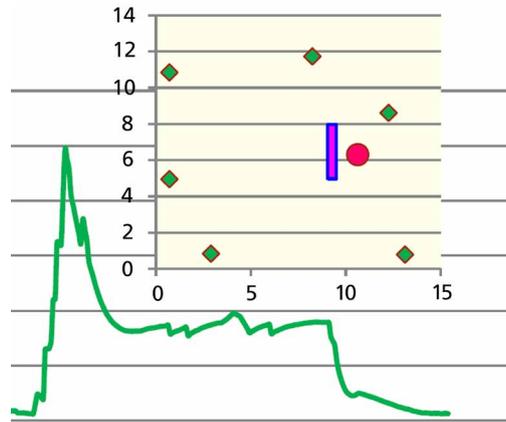
1 Professor Stefan Hiermaier diskutierte im Oktober 2017 bei einem Expertenbriefing in New York City gemeinsam mit Professor Stephen Flynn, Direktor des Global Resilience Institute (rechts), über das Thema »The Resilient City – Managing Shocks and Disruption«.



2 Das Fraunhofer EMI wird am 10. und 11. April 2019 die zweite GRRN-Konferenz veranstalten und damit die international führenden Resilienzforschenden nach Freiburg holen.

Quantifizierung und Optimierung der Resilienz technischer Systeme

Technische Systeme, wie beispielsweise Ultraschalllokalisierungssysteme von Smartphones oder Sender in Logistikanwendungen, sind oftmals Störungen ausgesetzt. Im Rahmen eines Pilotprojekts des Leistungszentrums Nachhaltigkeit stellt das Fraunhofer EMI zusammen mit den Instituten für Mikrosystemtechnik (IMTEK), Informatik (IIF) und Soziologie (IFS) der Universität Freiburg sowie Hahn-Schickard ein Vorgehensmodell und eine generische Resilienz-



Lokalisierungsverlust und Erholung.

quantifizierung bereit, um technische Systeme bereits in der Entwicklung bezüglich Ausfallsicherheit und Wiederherstellbarkeit zu bewerten und zu optimieren. Das Modell bietet eine Grundlage, welche es ermöglicht, die Stärke und Dauer des störungsbedingten Performanzausfalls durch eine entsprechende Systemgestaltung zu minimieren.

Weitere Informationen finden Sie unter www.leistungszentrum-nachhaltigkeit.de

BMBF-Projekt »Zukunftsstadt Phase II« – Entwicklung eines webbasierten Tools zur Nachhaltigkeitssteuerung

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts »Zukunftsstadt Phase II« entwickelt das Fraunhofer EMI gemeinsam mit der Stabsstelle Nachhaltigkeitsmanagement der Stadt Freiburg ein webbasiertes Tool zur integrierten Nachhaltigkeitssteuerung in der Stadtverwaltung.

Dabei werden in einer Ursache-Wirkungs-Analyse die Beziehungen zwischen den Freiburger Nachhaltigkeitszielen

und den geplanten Maßnahmen untersucht. Eine Fokusbildung erlaubt dem Benutzer, geplante Maßnahmen über einen Abgleich verschiedener Größen (Handlungsnotwendigkeit, Nachhaltigkeitsausrichtung und Investitionsgröße) zu priorisieren und die Zielerreichung mithilfe eines Scorecard-Ansatzes zu überprüfen.

Weitere Informationen finden Sie unter www.zukunftsstadt.freiburg.de

Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg

Das LZN ist eine strategische Allianz der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg mit den fünf Freiburger Fraunhofer-Instituten und Industriepartnern. Gemeinsam wird das Thema der nachhaltigen Entwicklung inter- und transdisziplinär bearbeitet, um innovative, nachhaltige Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln. Dazu dient unter anderem das gemeinsam von Universität und Fraunhofer gegründete Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH) an der Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Das Leistungszentrum Nachhaltigkeit war ein Pilot-Leistungszentrum der Fraunhofer-Gesellschaft, dem seit seiner Eröffnung im Jahr 2015 viele weitere folgten.

Weitere Informationen finden Sie unter www.leistungszentrum-nachhaltigkeit.de

Ansprechpartner

Benjamin Scharte
benjamin.scharte@emi.fraunhofer.de

EMI-MOSAİK

Anwendungsorientierung und fachlicher Austausch – EMI-Mitarbeitende berichten über ihre Lehre am INATECH



INATECH
INSTITUT FÜR NACHHALTIGE
TECHNISCHE SYSTEME

Das im Jahr 2015 an der Technischen Fakultät der Universität Freiburg gegründete Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH) hat sich zum Ziel gesetzt, Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Nachhaltigen Systeme vor einem ingenieurwissenschaftlichen Hintergrund zu verbinden. Professor Stefan Hiermaier, Institutsleiter des Fraunhofer EMI, ist Gründungsdirektor des

INATECH. Er setzt auf eine enge Zusammenarbeit zwischen den Fraunhofer-Instituten und der universitären Lehre und besetzt verschiedene Lehrinhalte mit Mitarbeitenden aus seinem Fraunhofer-Institut. Hier berichten vier Wissenschaftler des EMI über ihr Lehre am INATECH und die Synergien, die sich durch die parallele Arbeit in Forschung und Lehre ergeben.

» Die Interaktion mit Studierenden und anderen Fachdisziplinen am INATECH bringt immer wieder neue Aspekte in meine Arbeit am EMI mit ein. Als sehr inspirierend empfinde ich die Interaktion mit den jungen, motivierten Menschen, die häufig etablierte Grundsätze hinterfragen und mich dazu veranlassen, Themen aus einer anderen Perspektive zu betrachten. Gleichzeitig stellt mein über die Jahre erworbenes Wissen das Fundament meiner Lehrtätigkeit dar. Die Ausgestaltung der einzelnen Vorlesungen erfordert immer wieder, über den eigenen Tellerrand zu blicken und sich stetig weiterzubilden – dies vor allem auch bezogen auf den Aspekt der Nachhaltigkeit. «



Dr. Alexander Stolz ist Leiter des Geschäftsfelds Sicherheit am EMI. Im Auftrag von Professor Stefan Hiermaier hält er am INATECH Vorlesungen zu den Themen »Design and Monitoring of Large Urban Infrastructures« und »Robustness of Structures: Resilient Designs«.



» Mein Wissen zu Werkstoffen und zum Materialverhalten aus dem EMI gibt mir einen breit gefächerten Hintergrund, um die Studierenden in Materialkreisläufe einzuführen. Es macht großen Spaß, in einem interkulturellen Umfeld wie dem INATECH ein so interessantes und politisch aktuelles Thema zu unterrichten. Gleichzeitig liefert mir die Lehre auch neue Ideen für die tägliche Arbeit am EMI und motiviert mich immer wieder, neue Arbeits- und Themenbereiche zu erschließen. «

Dr. Sebastian Kilchert forscht am Fraunhofer EMI in der Gruppe Composite Design zu Werkstoffen und Simulationsmethoden. Gleichzeitig ist er am INATECH Lehrperson für die Vorlesung »Material Life Cycles«.



1 Professor Stefan Hiermaier bei einer Vorlesung am Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH).



»» *Das INATECH ist noch sehr jung und befindet sich in einer schönen Aufbruch- und Anpackstimmung. Durch den Kontakt mit den vielen Studierenden, für die Nachhaltigkeit ein intrinsischer Wert ist, hinterfrage ich auch viele unserer etablierten Routinen am EMI. Am EMI hingegen ist einer unserer Eckpfeiler die Auftragsforschung in Kooperation mit der Industrie, was eine effiziente und funktionierende Organisationsstruktur voraussetzt. Solch eine positive Arbeitsumgebung möchte ich auch am INATECH aufbauen.* ««

Dr. Georg Ganzenmüller ist am EMI Leiter der Gruppe Netzfreie Methoden in der Abteilung Werkstoffe und Simulationsmethoden. Zudem ist er Lehrstuhlmanager bei Professor Stefan Hiermaier. Hier kümmert er sich um organisatorische Aufgaben sowie die Belange der Mitarbeitenden und unterstützt Professor Stefan Hiermaier bei seinen Lehrtätigkeiten.

»» *Die komplexen Forschungsinhalte aus dem EMI zu Vorlesungsreihen zusammenzufassen hilft mir im Bereich der Projektentwicklung und -durchführung bei Fraunhofer und führt zu einer erfrischenden Konkretisierung fachlicher Konzepte. Für die Studierenden ist auch die berufliche Anwendbarkeit des Wissens von Interesse. Als Wissenschaftler bringe ich hier Praxiserfahrung mit. Häufig hinterfragen die Studierenden vermeintlich bewährte Ansätze und denken weit in die Zukunft, wodurch sich einfachere Herangehensweisen oder ganz neue Ideen ergeben können. Ziel ist es natürlich auch, interessierte und optimal vorbereitete Absolventinnen und Absolventen als zukünftige EMI-Mitarbeitende zu gewinnen und das »wissenschaftliche Feuer« weiterzugeben.* ««



Dr. Ivo Häring unterrichtet seit 2016 am INATECH in verschiedenen Vorlesungen, Übungen und Masterprojekten über Resilienz. Außerdem ist er am Strategieprozess des Lehrstuhls beteiligt und gestaltet hier die Vision und Mission mit. Am EMI ist er als stellvertretender Leiter der Abteilung Sicherheitstechnologie und Baulicher Schutz in der Resilienzforschung tätig.

GIRLS' DAY 2017 AM FRAUNHOFER EMI

Girls' Day 2017 – das EMI öffnet seine Türen für technikinteressierte Schülerinnen

Mädchen, die sich für Flugzeuge interessieren oder Platinen verlöten? – Wo gibt es denn sowas? Am Fraunhofer EMI natürlich. Auch dieses Jahr hatten acht Mädchen die Chance, im Rahmen des Girls' Day hinter die Kulissen eines ingenieurwissenschaftlich-technischen Forschungsinstituts zu blicken. Der Mädchen-Zukunftstag, der bereits zum 13. Mal am Institut stattfand, soll Schülerinnen Berufswege in IT, Handwerk, Naturwissenschaften und Technik vorstellen. Am 27. April 2017 hatten die Schülerinnen die Möglichkeit, vier unterschiedliche Berufe kennenzulernen. Die Mitarbeiterinnen Dr. Hanna Paul, Gruppenleiterin Composite Design, Deborah Kabel, Mediengestalterin, Melina Haller, Elektronikerin für Geräte und Systeme und Natalie Faist, Auszubildende in der feinmechanischen Werkstatt beantworteten alle Fragen der Mädchen rund um ihren Werdegang, Beruf und Arbeitsalltag.

Auch die Praxis kam nicht zu kurz: Beim Rundgang durch die Werkstatt durften die Schülerinnen in Begleitung von Werkstattdirektor Helmut Zettl Dreh- und Fräsmaschinen aus der Nähe betrachten und die computergesteuerte, maschinelle Fertigung eines Flaschenöffners im CNC-Raum beobachten. Im Materiallabor des EMI verfolgten die Besuche-

rinnen einen Materialversuch und wurden Zeuginnen eines typischen EMI-Arbeitsauftrags: »Sachen kaputt machen – und zwar schnell«, wie die Ingenieurin Dr. Hanna Paul es beschrieb. Am Nachmittag war dann handwerkliches Geschick gefragt. Mithilfe der Experten aus dem Elektronik-Labor unter der Leitung von Max Ortlieb versuchten die Mädchen sich am LötKolben und fertigten eine elektronische Sanduhr an, die sie stolz mit nach Hause nehmen durften.

Die Schülerinnen waren begeistert von den Erfahrungen und lobten vor allem die praxisnahen Einblicke, die das Institut ihnen gewährte. Auf die Frage, ob sie sich einen männertypischen Beruf vorstellen könnten, waren sich alle einig, dass die Wahl des Berufs nichts mit dem Geschlecht zu tun hätte. Der Girls' Day am Fraunhofer EMI war somit ein voller Erfolg.



Weitere Informationen finden Sie unter www.girls-day.de

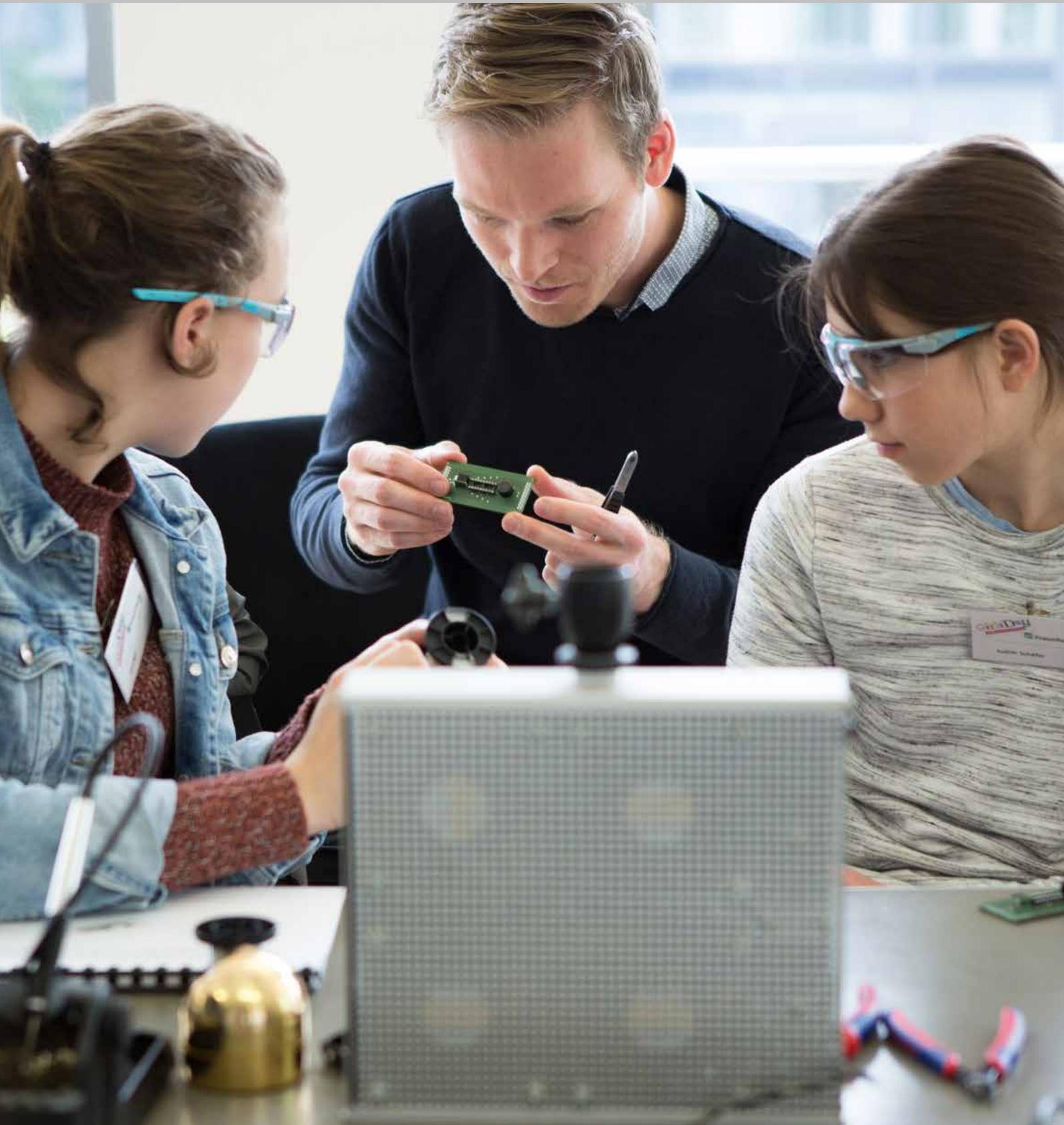


Ansprechpartnerin

Birgit Bindnagel

birgit.bindnagel@emi.fraunhofer.de

Foto: Max Ortlieb, Gruppenleiter des Elektronik-Labors, prüft die frisch gelöteten Stellen auf der Platine. Zwei der Mädchen sind gespannt, ob sie bei ihrem ersten Versuch am LötKolben alles richtig gemacht haben.



NEUBAUERÖFFNUNG



Mehr Raum für angewandte Forschung in den Bereichen Luft- und Raumfahrt, Automobilcrash sowie Verteidigungs- und Sicherheitsforschung

Am 30. November war der große Tag der Eröffnung des EMI-Neubaus. Nach einer Bauzeit von zwei Jahren wurde dies im Beisein von mehr als 100 Gästen gefeiert. Das neue Gebäude beherbergt fünf moderne Labore und fünfzig Arbeitsplätze. Leichtbauzentrum, Laserlabor, Sensorentwicklung und Satellitenforschung befinden sich jetzt unter einem Dach. Verbunden werden die fünf neuen Stockwerke durch das Kunstwerk »Martians Stranded on Earth« des Künstlers Jeronimo Voss. Die Installation greift Gedanken von Ernst Mach auf und thematisiert die Linearität von Zeit.

Finanziert wurden die acht Millionen Euro für das neue Gebäude jeweils hälftig vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. Landesministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut lobte in ihrer Ansprache das Fraunhofer EMI als »weltweit führendes Institut der Sicherheits- und Resilienzforschung«, Dr. Wolf-Hendrik Junker vom Bundesministerium für Bildung und Forschung betonte die Wichtigkeit von attraktiven Arbeitsbedingungen für Forschung und Entwicklung, die dem EMI mit dem Neubau zur Verfügung stehen. Fraunhofer-Präsident Professor Reimund Neugebauer erklärte: »Der Neubau ist eine große Investition in das regionale Innovationsökosystem. Von der Luft- und Raumfahrt über Automotive bis hin zur Sicherheitsforschung: Für

unsere Kunden aus Industrie und öffentlicher Hand stellen wir mit diesen erstklassig eingerichteten Forschungslaboren sicher, unser Angebot an zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien kontinuierlich auszubauen und zu stärken.«

Große Freude äußerte auch Institutsleiter Professor Stefan Hiermaier, dem besonders die Ressourceneffizienz und die Resilienz technischer Systeme am Herzen liegen, beides Themen, die in den neuen Räumen erforscht werden. Sie bilden auch die Brücke zur Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, wo Professor Stefan Hiermaier Direktor des Instituts für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH) ist.



1 Das neue Gebäude in der Ernst-Zermelo-Straße (links) mit Bestandsgebäude (rechts) in Freiburg.

Foto: Der Neubau des Fraunhofer EMI in Freiburg wird feierlich eröffnet. Von links nach rechts: Ministerialrat Dr. Wolf-Hendrik Junker, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Professor Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg, Professor Stefan Hiermaier, Institutsleiter des Fraunhofer EMI.

Spitzenleistungen beim B2Run 2017: zweimal Treppchen fürs EMI

Der diesjährige B2Run war ein voller Erfolg für das Fraunhofer-Team, bestehend aus Mitarbeitenden des EMI und des ISE. Mit den Spitzenzeiten von Max Gulde (18:02), Markus Jung (18:07) und Klaus Hoschke (18:16) erkämpfte sich das Team den zweiten Platz in der 5er-Teamwertung männlich.



So sehen Sieger aus: die EMI-Läuferinnen und -Läufer nach ihrer erfolgreichen Teilnahme am B2Run 2017.

In der Wertung Mixed-Team wurde ebenfalls der zweite Platz belegt. Wir sind stolz auf die 19 Läuferinnen und Läufer, die trotz sommerlicher Temperaturen motiviert an den Start gingen und auf der 5,1 Kilometer langen Strecke eine sportliche Performance ablieferten.

Weitere Informationen finden Sie unter www.b2run.de/freiburg

Industriewoche Baden-Württemberg: Fraunhofer EMI und Daimler präsentieren Tech Center i-protect

Im Rahmen der Industriewoche Baden-Württemberg stellten die fünf Freiburger Fraunhofer-Institute bei zwei Veranstaltungen im Juni 2017 in der Freiburger Meckelhalle Projekte vor, die sie gemeinsam mit der hiesigen Industrie bearbeiten. Auf der Vortragsveranstaltung sprach Dr. Tobias Leismann zusammen mit Jochen Feese von der Daimler AG über die Ergebnisse der Röntgendiagnostik beim Fahrzeugcrash im



Dr. Tobias Leismann bei seinem Vortrag mit Jochen Feese von der Daimler AG über das Tech Center i-protect.

Rahmen des Projekts Tech Center i-protect. Das Modell der Crashanlage des EMI fand auf der interaktiven Ausstellung großen Anklang und begeisterte Jung und Alt. Die beiden Veranstaltungen bewiesen eindrücklich, wie angewandte Forschung in Freiburg zusammen mit der lokalen Industrie umgesetzt wird.

Weitere Informationen finden Sie unter www.industriewoche-bw.de

Das EMI im Europa-Park: Science Days vom 19. bis 21. Oktober 2017

Woran forscht eine Botanikerin? Was leisten Mikrosystemtechniker? Jedes Jahr zeigen Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf den Science Days im Europa-Park Rust Wissenschaft zum Anfassen und Mitmachen. Schülerinnen und Schüler können sich dort beruflich orientieren oder einfach staunen und lernen. Bei den Science Days ist es möglich, Menschen über die Schulter zu



Faszination Technik: begeisterte junge Forscherinnen bei der Versuchsdurchführung an der Modellcrashanlage des Fraunhofer EMI.

schauen, die in der Wissenschaft und Forschung arbeiten. Das EMI stellte dort einem sehr großen Publikum seine Forschungscrashanlage vor. Das Modell der Anlage, die im Original in Efringen-Kirchen steht, ist voll funktionsfähig, es kann einen Crashtest im Miniaturnformat durchführen.

Weitere Informationen finden Sie unter www.science-days.de

Die Kraft von Netzwerken bei der ersten Freiburger Frauenversammlung der Fraunhofer-Institute

Unter dem Motto »Die Kraft von Netzwerken – Karriere kommt nicht durch Leistung allein« fand am 23. Mai 2017 am Fraunhofer IAF die erste gemeinsame Freiburger Frauenversammlung der fünf Institute EMI, IAF, IWM, IPM und ISE statt. Sie wurde von den lokalen Beauftragten für Chancengleichheit organisiert, um gemeinsam Synergien zu nutzen und eine bessere fachliche Vernetzung der Freiburger Fraunhofer-Frauen zu ermöglichen. Nach Vorträgen



Simone Thomas, Frauenbeauftragte der Stadt Freiburg, bei ihrem Vortrag auf der ersten Freiburger Frauenversammlung der Fraunhofer-Institute am Fraunhofer IAF.

der Zentralen Gleichstellungsbeauftragten der Fraunhofer-Gesellschaft Dr. Bärbel Thielicke und der Freiburger Frauenbeauftragten der Stadt Freiburg Simone Thomas ging es in kleineren Gesprächsgruppen um die konkreten Wünsche der Frauen, um das Thema Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben und um die Wichtigkeit von beruflichen Netzwerken.

Die zweite Freiburger Fraunhofer-Frauenversammlung findet am 16. Mai 2018 am Fraunhofer EMI statt.

Fraunhofer EMI auf dem Freiburger Wissenschaftsmarkt 2017

Unter dem Motto »Wissen. Staunen. Mitmachen.« lockten am 14. und 15. Juli 2017 fünf Großzelte, 55 Aussteller und eine Bühne Tausende Besucher auf den Freiburger Wissenschaftsmarkt. Das Fraunhofer EMI war dabei und bot mit seinem Röntgen-crashmodell Wissenschaft zum Anfassen. Schon seit Jahren präsentieren die fünf Frei-



Der Freiburger Wissenschaftsmarkt eröffnet einen weiten Blick auf die bunte Vielfalt der Wissenschaftswelt.

burger Fraunhofer-Institute EMI, IAF, IPM, ISE und IWM per Gemeinschaftsstand erfolgreich aktuelle Forschungsthemen und nutzen die attraktive Kulisse des Münsterplatzes, um Fraunhofer einem breiten Publikum nahezubringen.

Weitere Informationen finden Sie unter www.uni-freiburg.de

Promotion zum Reaktionsablauf energetischer Materialien bei Laserbestrahlung

Im August 2017 schloss Martin Lück seine Doktorarbeit »Beschreibung des Reaktionsablaufs energetischer Materialien bei Laserbestrahlung« ab – ein wichtiges Thema für die Entwicklung neuartiger Verfahren zur sicheren Entschärfung von Sprengsätzen. Die dabei auftretenden Prozesse konnten bisher noch nicht adäquat beschrieben werden. Zur experimentellen Analyse



Jeder ein Unikat: Martin Lück (links) präsentiert seinen Doktorhut gemeinsam mit Nathanaël Durr (rechts) bei der Promotionsfeier.

der Prozesse wurde eine Laborumgebung aufgebaut. Außerdem entwickelte Martin Lück eine Simulationsumgebung, die den gesamten Reaktionsablauf von der Aufheizphase bis zur Initiierung und zum Druckaufbau abbildet. Die Simulationsumgebung wurde durch die Messungen erfolgreich validiert.

Lesen Sie dazu den Beitrag auf Seite 12.

Promotion zur mathematischen Methodik zur Quantifizierung von Resilienz

Im Januar 2018 verteidigte Kai Fischer seine mathematische Methodik zur Quantifizierung von Resilienz, zu der er unter dem Titel »Resilience Quantification of Urban Areas – An Integrated Statistical-Empirical-Physical Approach for Man-Made and Natural Disruptive Events« promoviert hat. Unter Einbindung

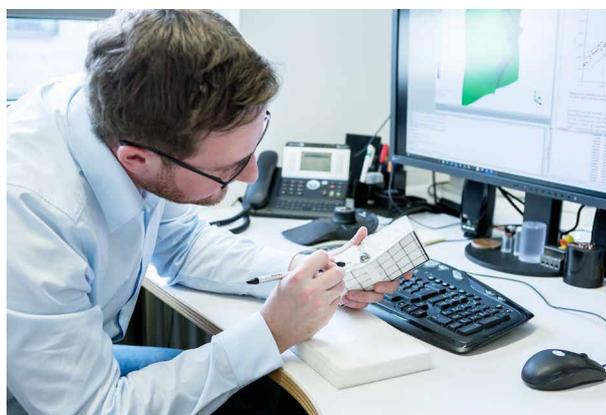


Ehre, wem Ehre gebührt: Professor Stefan Hiermaier (links) und Robin Vomstein (rechts) assistieren Kai Fischer (Mitte) bei der Doktorhutanprobe.

von empirischen Daten und physikalischen Modellen können ganzheitlich städtische Gebiete für beliebige Bedrohungsarten bewertet und Schwachstellen identifiziert werden. Die Effizienz einzelner Resilienzphasen, wie zum Beispiel Vorbereitung, Prävention und Schutz, ist messbar und somit vergleichbar.

Promotion zur Rolle des Pressdrucks bei Impact auf Polyethylenverbundmaterialien

Torsten Lässig schloss im Juni 2017 seine Arbeit »Einfluss des Pressdrucks auf UHMW-PE-Verbundmaterialien unter Impactbelastung« ab. Darin wurde erstmals der Einfluss des Pressdrucks auf das hochdynamische Materialverhalten von UHMWPE-Verbundmaterialien (UHMWPE: ultrahochmolekulargewichtiges Polyethylen)



Konzentrierter Blick in die Materie: Torsten Lässig mit einer seiner Materialproben.

unter Impact experimentell nachgewiesen und mittels analytischer Formulierung beschrieben. Es wurde gezeigt, dass ein höherer Herstellungsdruck die ballistische Resistenz erhöht. Mit dem erstellten numerischen Materialmodell lassen sich UHMWPE-Verbünde künftig in verschiedensten Impact-situationen prognosefähig abbilden.

Promotion zu mesoskaligen Simulationsmodellen für Quarzit und Sandstein

Unter dem Titel »Mesoscale Modeling of Dynamic Fracture and Shock Compression in Quartzite and Sandstone« schloss Nathanaël Durr im Mai 2017 seine Doktorarbeit ab. In ihr wurden mesoskalige Simulationsmodelle für Quarzit und Sandstein entwickelt, mit denen beim Meteoritenimpakt auftretende Stoßwellenbelastungen und



Nathanaël Durr (Mitte) genießt im Schulterschluss mit Martin Lück (links) die Glückwünsche von Professor Stefan Hiermaier (rechts) auf der Promotionsfeier.

Bruchvorgänge analysiert werden können. Aus der Mesoskalensimulation wurden makroskopische Materialeigenschaften mittels Homogenisierung abgeleitet. Die erzielten Ergebnisse bilden die Grundlage für die Entwicklung prognosefähiger, makroskopischer Materialmodelle zur Simulation von Kraterbildungsprozessen.

Promotion zu hybriden Materialsystemen

Im Januar 2018 verteidigte Michael Dlugosch seine Dissertation mit dem Titel »Zur Methodenentwicklung im Entwurf automobilier Strukturkonzepte in FVK-Metall-Hybridbauweise unter Crashbelastung«. Eine multidisziplinäre Gesamtmethodik vereint erstmalig systematische experimentelle Analysen, die Entwick-



Im Schutzzug zur Promotion: Michael Dlugosch mit einer Multimaterialteststruktur nach dem Crashversuch.

lung prognosefähiger Simulationsmethoden und objektive, physikalisch basierte Eignungsbewertungen zur Auswahl eines hybriden Materialsystems für eine automobiler Strukturunterstützung unter Nutzung der entstehenden Synergien. Lesen Sie mehr dazu im Beitrag auf Seite 55 im Geschäftsfeld Automotive.

Ausbildung und duales Studium am Fraunhofer EMI bei der Messe »marktplatz: ARBEIT SÜDBADEN«

Am 17. und 18. November 2017 fand die Ausbildungsmesse »marktplatz: ARBEIT SÜDBADEN« statt. Auf dem Gelände der Messe Freiburg stellten sich neben Hochschulen, Berufsakademien und Berufsfachschulen auch Firmen mit ihren Ausbildungsangeboten vor. Diese Chance nutzte auch das Fraunhofer EMI und präsentierte seine Ausbildungs-



Das Messteam stellte die verschiedenen Ausbildungsmöglichkeiten am Fraunhofer EMI vor.

berufe und dualen Studiengänge. Zusammen mit der Personalabteilung stellten die Auszubildenden ihren Alltag im Elektronik-Labor, der Feinmechanischen Werkstatt und in der Wissenschaftskommunikation vor.

Weitere Informationen über unsere Ausbildungsberufe finden Sie unter www.emi.fraunhofer.de

Erster Gesundheitstag am EMI – wir sind mit Sicherheit dynamisch!

Am 15. September 2017 fand zum ersten Mal der EMI-Gesundheitstag in Efringen-Kirchen statt. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hatten an diesem Tag die Gelegenheit, aus einem vielseitigen Programm an Sportangeboten, Vorträgen und Gesundheitschecks zu wählen.



Starke Frauen: Der Schnupperkurs »Selbstverteidigung für Frauen« war nur eines der zahlreichen Angebote beim ersten Gesundheitstag des Fraunhofer EMI.

Und auch der gesunde Genuss kam nicht zu kurz: Frisches, regionales Essen sorgte für die Energieversorgung der Sportlerinnen und Sportler. Der Gesundheitstag ist Teil der betrieblichen Gesundheitsvorsorge am EMI und ist für den 22. Juni 2018 geplant.

DAS INSTITUT
IM PROFIL

ANSPRECHPERSONEN



Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Hiermaier

Institutsleiter
Telefon 0761 2714-101
stefan.hiermaier@emi.fraunhofer.de



Dr. Tobias Leismann

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



Prof. Dr. Frank Schäfer

Stellvertretender Institutsleiter | Geschäftsfeldleiter Raumfahrt
Telefon 0761 2714-421
frank.schaefer@emi.fraunhofer.de



Petra Groß

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



Sarah Gnädinger

Referentin des Institutsleiters | Veranstaltungsorganisation
Telefon 0761 2714-100
sarah.gnaedinger@emi.fraunhofer.de



Daniel Hiller

Strategisches Management
Telefon 0761 2714-488
daniel.hiller@emi.fraunhofer.de



Dr. Matthias Wickert

Geschäftsfeldleiter Verteidigung
Telefon 0761 2714-384
matthias.wickert@emi.fraunhofer.de



Dr. Alexander Stolz

Geschäftsfeldleiter Sicherheit
Telefon 07628 9050-646
alexander.stolz@emi.fraunhofer.de



Dr. Jens Fritsch

Geschäftsfeldleiter Automotive
Telefon 0761 2714-472
jens.fritsch@emi.fraunhofer.de



Dr. Michael May

Geschäftsfeldleiter Luftfahrt
Telefon 0761 2714-337
michael.may@emi.fraunhofer.de



Birgit Bindnagel

Presse und Öffentlichkeitsarbeit
Telefon 0761 2714-366
birgit.bindnagel@emi.fraunhofer.de

ZAHLEN UND FAKTEN

Finanzen

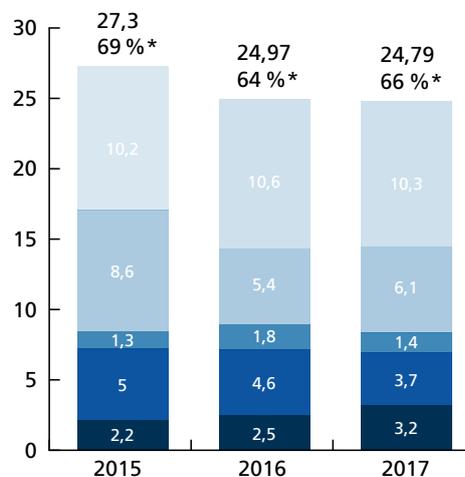
Der Gesamthaushalt des Fraunhofer EMI ist im Vergleich zum vergangenen Jahr auf 24,79 Millionen Euro leicht gesunken. Davon entfallen 22,93 Millionen Euro auf den Betriebshaushalt (Personal- und Sachaufwendungen) und 1,86 Millionen Euro auf laufende Investitionen. Der Haushalt wird finanziert durch externe 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). Der größte Teil des Betriebs- und des Investitionshaushalts wurde auch in 2017 vom BMVg (inklusive nachgeordneter Einrichtungen) mit einem Anteil von 66 Prozent finanziert. Der Industrieertragsanteil erreichte in diesem Jahr ein Rekordhoch von insgesamt 40,8 Prozent.

Finanzierung Gesamthaushalt in Millionen Euro



Finanzierung Gesamthaushalt in Millionen Euro

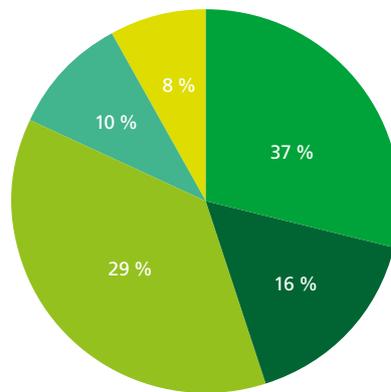
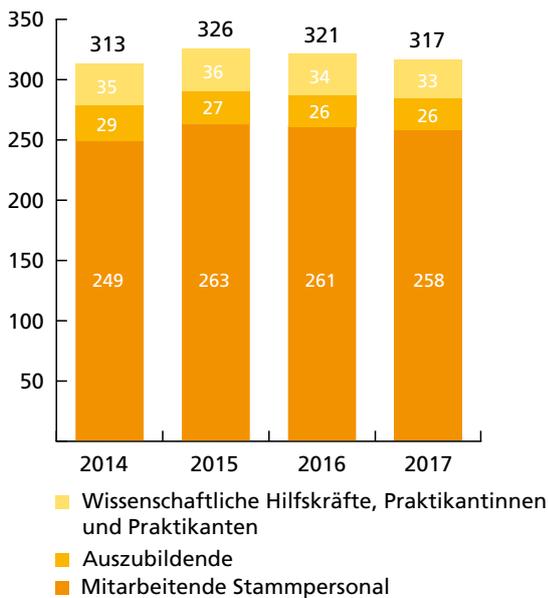


- *BMVg-Anteil (inklusive nachgeordneter Einrichtungen)
- BMVg-Grundfinanzierung
- BMVg-Projektfinanzierung (inklusive nachgeordneter Einrichtungen)
- Zivile Grundfinanzierung
- BMBF, EU, sonstige
- Industrie

Personal

Ende 2017 waren am Fraunhofer EMI insgesamt 317 Personen beschäftigt: 258 Mitarbeitende als Stammpersonal, 26 Auszubildende und 33 wissenschaftliche Hilfskräfte, Praktikantinnen und Praktikanten. Der Anteil der weiblichen Beschäftigten stieg auf 25 Prozent.

Von den 317 Beschäftigten am Fraunhofer EMI waren Ende 2017 224 direkt in der Forschung und 93 Mitarbeitende im Bereich Infrastruktur und Leitung tätig. Von den insgesamt 26 Auszubildenden waren zehn im Bereich Feinwerkmechanik, acht im Bereich Elektronik und drei im Bereich Mediengestaltung tätig. Fünf Mitarbeitende waren zum Zweck ihrer Berufsausbildung beziehungsweise im Rahmen ihres Studiums an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg am Fraunhofer EMI beschäftigt.



- Nichtwissenschaftliche Mitarbeitende in Fachabteilungen
- Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Fachabteilungen
- Infrastruktur und Leitung
- Wissenschaftliche Hilfskräfte, Praktikantinnen und Praktikanten
- Auszubildende



Ansprechpartnerin

Petra Groß

petra.gross@emi.fraunhofer.de

KURATORIUM

Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik
43. Sitzung des Kuratoriums

Freiburg, 21. Juli 2017



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

Prof. Dr. rer. nat. Frank Gauterin
Leiter des Instituts für Fahrzeugsystemtechnik,
Karlsruher Institut für Technologie, KIT,
Karlsruhe

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gebbeken
Leiter des Instituts für Mechanik und Statik,
Universität der Bundeswehr München, Neubiberg

Dipl.-Ing. Thomas Gottschild (Vorsitz)
Geschäftsführer MBDA Deutschland GmbH,
Schrobenhausen

MinR'in Dr. rer. pol. Ehrentraud Graw
Leiterin Referat 33: Automobil- und Produktionsindustrie,
Logistik, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und
Wohnungsbau, Baden-Württemberg, Stuttgart

Rainer Hoffmann
Geschäftsführer carhs.training GmbH, Alzenau

MinR Dr. Wolf-Hendrik Junker
Referatsleiter 522: Sicherheitsforschung,
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn

Prof. Dr. Gunther Neuhaus
Vizerektor/Prorektor für Forschung,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

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

Prof. Dr. Wolf Uwe Reimold
Professor für Mineralogie und Petrografie am Museum für
Naturkunde und an der Humboldt-Universität zu Berlin,
Leiter des Forschungsbereichs Evolution und Geoprosesse,
Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung,
Museum für Naturkunde, Berlin

Dr. Tobias Schmidt
Abteilungsleiter und Leiter Entwicklung am Standort
Unterlüß, Rheinmetall Waffe und Munition, Unterlüß

Prof. Dr.-Ing. Rodolfo Schöneburg
Leiter Fahrzeugsicherheit, Betriebsfestigkeit und Korrosi-
onsschutz Mercedes-Benz Cars, Daimler AG, Sindelfingen

Dr. Isabel Thielen
Geschäftsführerin, THIELEN Business Coaching GmbH,
München

MinR Dipl.-Ing. Norbert Michael Weber
Referatsleiter A II 6, Bundesministerium der Verteidigung,
Bonn

Dr. Rolf Wirtz
Vorsitzender der Geschäftsführung, ThyssenKrupp Marine
Systems GmbH, Kiel

*Foto: Teilnehmende der
Kuratoriumssitzung am
21. Juli 2017 in Freiburg.*

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT



Die Fraunhofer-Gesellschaft

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Milliarden Euro. Davon fallen knapp 2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.



PUBLIKATIONEN,
WISSENSCHAFTLICHER
AUSTAUSCH, VORTRÄGE
2017/2018

PUBLIKATIONEN

Veröffentlichungen in Monografien, Fachzeitschriften und Proceedings mit Peer Review

Behner, T.; Heine, A.; Wickert, M. (2017): Extended investigation of the dwell effect for an unconfined silicon carbide ceramic against tungsten-heavy-alloy rods. In: S. Chocron und J. Walker (Hg.): Proceedings, Vol. 2. 30th International Symposium on Ballistics. Long Beach, CA, USA, 11.–15.9.2017. Lancaster, PA, USA: DEStech Publications, S. 2138–2147.

Cola, F. de; Pellegrino, A.; Glöbner, C.; Penumadu, D.; Petrinic, N. (2018): Effect of particle morphology, compaction, and confinement on the high strain rate behavior of sand. In: *Experimental Mechanics* 58 (2), S. 223–242. DOI: 10.1007/s11340-017-0331-x.

Denefeld, V.; Heider, N.; Holzwarth, A. (2017): Measurement of the spatial specific impulse distribution due to buried high explosive charge detonation. In: S. Chocron und J. Walker (Hg.): Proceedings, Vol. 2. 30th International Symposium on Ballistics. Long Beach, CA, USA, 11.–15.9.2017. Lancaster, PA, USA: DEStech Publications, S. 1547–1551.

Denefeld, V.; Heider, N.; Holzwarth, A. (2017): Measurement of the spatial specific impulse distribution due to buried high explosive charge detonation. In: *Defence Technology* 13 (3), S. 219–227. DOI: 10.1016/j.dt.2017.03.002.

Dlugosch, M.; Fritsch, J.; Lukaszewicz, D.; Hiermaier, S. (2017): Experimental investigation and evaluation of numerical modeling approaches for hybrid-FRP-steel sections under impact loading for the application in automotive crash-structures. In: *Composite Structures* 174, S. 338–347. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.04.077.

Dlugosch, M.; Spiegelhalter, B.; Soot, T.; Lukaszewicz, D.; Fritsch, J.; Hiermaier, S. (2017): Potentials of optical damage assessment techniques in automotive crash-concepts composed of FRP-steel hybrid material systems. In: *Journal of Physics: Conference Series* 842 (1), S. 12044. Online verfügbar unter <http://stacks.iop.org/1742-6596/842/i=1/a=012044>.

Dlugosch, M.; Volk, M.; Lukaszewicz, D.; Fritsch, J.; Hiermaier, S. (2017): Suitability assessments for advanced composite-metal hybrid material systems in automotive crash structural applications. In: *International Journal of Automotive Composites* 3 (1), S. 14. DOI: 10.1504/IJAU-TOC.2017.10007651.

Durr, N.; Sauer, M.; Hiermaier, S. (2017): A numerical study on mesoscale simulation of quartzite and sandstone under shock loading. In: *International Journal of Impact Engineering* 108, S. 73–88. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2017.04.008.

Früh, P.; Heine, A.; Riedel, W. (2017): Assessment of the protective properties of two different UHA steels based on material testing and numerical simulation. In: *Procedia Engineering* 197, S. 119–129. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.088.

Früh, P.; Heine, A.; Riedel, W.; Wickert, M. (2017): Protection capabilities of HHA and UHA steels against long-rod kinetic energy penetrators. In: S. Chocron und J. Walker (Hg.): Proceedings, Vol. 2. 30th International Symposium on Ballistics. Long Beach, CA, USA, 11.–15.9.2017. Lancaster, PA, USA: DEStech Publications, S. 2357–2367.

Genzenmüller, G. C.; Blaum, E.; Mohrmann, D.; Langhof, T.; Plappert, D.; Ledford, N.; Paul, H.; Hiermaier, S. (2017): A simplified design for a Split-Hopkinson Tension Bar with long pulse duration. In: *Procedia Engineering* 197, S. 109–118. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.087.

Glöbner, C.; Moser, S.; Külls, R.; Heß, S.; Nau, S.; Salk, M.; Penumadu, D.; Petrinic, N. (2017): Instrumented projectile penetration testing of granular materials. In: *Experimental Mechanics* 57 (2), S. 261–272. DOI: 10.1007/s11340-016-0228-0.

Grunwald, C.; Schaufelberger, B.; Stolz, A.; Riedel, W.; Borrvall, T. (2017): A general concrete model in hydrocodes. Verification and validation of the Riedel-Hiermaier-Thoma model in LS-DYNA. In: *International Journal of Protective Structures* 8 (1), S. 58–85. DOI: 10.1177/2041419617695977.

Gulde, M.; Berger, H.; Putzar, R. (2017): Stereoscopic imaging determines space debris impact crater distribution and morphology. In: *Aeronautics and Aerospace Open Access Journal* 1 (4), S. 1–5. DOI: 10.15406/aaaj.2017.01.00021.

Gulde, M.; Kortmann, L.; Ebert, M.; Watson, E.; Wilk, J.; Schäfer, F. (2017): Robust optical tracking of individual ejecta particles in hypervelocity impact experiments. In: *Meteoritics & Planetary Science* 108. DOI: 10.1111/maps.12958.

Häring, I.; Sansavini, G.; Bellini, E.; Martyn, N.; Kovalenko, T.; Kitsak, M.; Vogelbacher, G.; Ross, K.; Bergerhausen, U.; Barker, K.; Linkov, I. (2017): Towards a generic resilience management, quantification and development process: General definitions, requirements, methods, techniques and measures, and case studies. In: I. Linkov und J. Palma-Oliveira (Hg.): *Resilience and Risk*. Dordrecht: Springer (NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security), S. 21–80.

Heider, N.; Steinbrenner, A.; Aurich, H. (2017): A method for the determination of the viscoelastic relaxation modulus of PBX by confined SHPB measurements. In: *Journal of Dynamic Behavior of Materials* 3 (1), S. 133–150. DOI: 10.1007/s40870-017-0100-z.

Heimbs, S.; Jürgens, M.; Breu, C.; Ganzenmüller, G. C.; Wolfrum, J. (2017): Investigation and improvement of composite T-joints with metallic ar-row-pin reinforcement. In: G. L. Cloud, E. Patterson und D. Backman (Hg.): *Joining Technologies for Composites and Dissimilar Materials, Volume 10: Proceedings of the 2016 Annual Conference on Experimental and Applied Mechanics*. Cham: Springer International Publishing, S. 33–40.

Hoerth, T.; Bagusat, F.; Hiermaier, S. (2017): Hugoniot data of Seeberger sandstone up to 7 GPa. In: *International Journal of Impact Engineering* 99, S. 122–130. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2016.08.003.

Isakov, M.; Matikainen, V.; Koivuluoto, H.; May, M. (2017): Systematic analysis of coating-substrate interactions in the presence of flow localization. In: *Surface and Coatings Technology* 324, S. 264–280. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2017.05.040.

Kisters, T.; Sahraei, E.; Wierzbicki, T. (2017): Dynamic impact tests on lithium-ion cells. In: *International Journal of Impact Engineering* 108, S. 205–216. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2017.04.025.

Krag, H.; Serrano, M.; Braun, V.; Kuchynka, P.; Catania, M.; Siminski, J.; Schimmerohn, M.; Marc, X.; Kuijper, D.; Shurmer, I.; O'Connell, A.; Otten, M.; Muñoz, I.; Morales, J.; Wermuth, M.; McKissock, D. (2017): A 1 cm space debris impact onto the Sentinel-1A solar array. In: *Acta Astronautica* 137, S. 434–443. DOI: 10.1016/j.actaastro.2017.05.010.

Lässig, T.; Bagusat, F.; Pfändler, S.; Gulde, M.; Heunoske, D.; Osterholz, J.; Stein, W.; Nahme, H.; May, M. (2017): Investigations on the spall and delamination behavior of UHMWPE composites. In: *Composite Structures* 182, S. 590–597. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.09.031.

May, M.; Lässig, T. (2017): Rate-dependent mode I delamination in ballistic composites – Experiment and simulation. In: *Composite Structures* 180, S. 596–605. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.08.045.

Mühlstädt, M.; Seifert, W.; Arras, M. M. L.; Maenz, S.; Jandt, K. D.; Bossert, J. (2017): 3D model of intra-yarn fiber volume fraction gradients of woven fabrics. In: *Composite Structures* 180, S. 944–954. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.08.049.

- Osterholz, J.; Heunoske, D.; Horak, J.; Lexow, B.; Lück, M.; Schäffer, S.; Wickert, M. (2017): Experimental characterization of energy transfer from large-diameter kilowatt continuous-wave laser beams to metal samples. In: *Journal of Laser Applications* 29 (1), S. 12011. DOI: 10.2351/1.4972099.
- Pfaff, A.; Jäcklein, M.; Hoschke, K.; Wickert, M. (2017): Designed Materials by Additive Manufacturing – impact of exposure strategies and -parameters on material characteristics of AISi10Mg processed by Selective Laser Melting. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Light Materials – Science and Technology (LightMAT 2017)*. Bremen, Germany, 8.–10.11.2017.
- Ramin, M. von; Stolz, A. (2017): Klassifizierung von Gebäudeschäden infolge seismischer Beanspruchung. In: V. Zabel und S. Beinersdorf (Hg.): *Tagungsband 15. D-A-C-H-Tagung Bauhaus Universität Weimar: Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik*, 21.–22.9.2017, S. 146–155.
- Sauer, C.; Heine, A.; Riedel, W. (2017): Developing a validated hydrocode model for adobe under impact loading. In: *International Journal of Impact Engineering* 104, S. 164–176. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2017.01.019.
- Sauer, C.; Heine, A.; Riedel, W.; Wickert, M. (2017): Application of the RHT concrete model for predictive simulations of the penetration into adobe targets. In: S. Chocron und J. Walker (Hg.): *Proceedings, Vol. 2. 30th International Symposium on Ballistics*. Long Beach, CA, USA, 11.–15.9.2017. Lancaster, PA, USA: DEStech Publications, S. 2093–2104.
- Sauer, C.; Heine, A.; Weber, K. E.; Riedel, W. (2017): Stability of tungsten projectiles penetrating adobe masonry - Combined experimental and numerical analysis. In: *International Journal of Impact Engineering* 109, S. 67–77. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2017.06.001.
- Schimmerohn, M.; Watson, E.; Gulde, M.; Kortmann, L.; Schäfer, F. (2018): Measuring ejecta characteristics and momentum transfer in experimental simulation of kinetic impact. In: *Acta Astronautica*. DOI: 10.1016/j.actaastro.2018.01.046.
- Spagnuolo, M.; Barcz, K.; Pfaff, A.; dell’Isola, F.; Franciosi, P. (2017): Qualitative pivot damage analysis in aluminum printed pantographic sheets – Numerics and experiments. In: *Mechanics Research Communications* 83, S. 47–52. DOI: 10.1016/j.mechrescom.2017.05.005.
- Steinhauser, M.; Schindler, T. (2017): Particle-based simulations of bilayer membranes. Self-assembly, structural analysis, and shock-wave damage. In: *Computational Particle Mechanics* 4 (1), S. 69–86. DOI: 10.1007/s40571-016-0126-3.
- Steinhauser, M.; Watson, E. (2017): Discrete particle methods for simulating quasi-static load and hypervelocity impact phenomena. In: *International Journal of Computational Methods* 86, S. 1740009. DOI: 10.1142/S0219876217400096.
- Stolz, A.; Ramin, M. von; Schmitt, D. (2018): Protection of buildings and infrastructure against explosion. In: K. Tsuji (Hg.): *The Micro-World Observed by Ultra High-Speed Cameras. We See What You Don’t See*. Cham: Springer, S. 279–302.
- Straßburger, E.; Bauer, S. (2017): Analysis of the interaction of projectiles with ceramic targets by means of flash X-ray cinematography and optical methods. In: *Proceedings of the 41st International Conference on Advanced Ceramics and Composites: Ceramic Engineering and Science Proceedings*. Daytona Beach, FL, USA, 22.–27.1.2017.
- Van der Werff, H.; Heisserer, U.; Coussens, B.; Stepanyan, R.; Riedel, W.; Laessig, T. (2017): On the ultimate potential of high strength polymeric fibers to reduce armor weight. In: S. Chocron und J. Walker (Hg.): *Proceedings, Vol. 2. 30th International Symposium on Ballistics*. Long Beach, CA, USA, 11.–15.9.2017. Lancaster, PA, USA: DEStech Publications, S. 1863–1875.
- Vincke, J.; Kempf, S.; Schnelle, N.; Horch, C.; Schäfer, F. (2017): A concept for an ultra-low power sensor network – Detecting and monitoring disaster events in underground metro systems. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Sensor Networks (SENSORNETS)*. Porto, Portugal, 19.–21.2.2017, S. 150–155.
- Vincke, J.; Kempf, S.; Schnelle, N.; Horch, C.; Schäfer, F. (2017): Ultra-low power sensor system for disaster event detection in metro tunnel systems. In: *Sensors & Transducers* 212 (5), S. 15–22. Online verfügbar unter http://www.sensorsportal.com/HTML/DIGEST/may_2017/Vol_212/P_2923.pdf.
- Watson, E.; Gulde, M.; Hiermaier, S. (2017): Fragment tracking in hypervelocity impact experiments. In: *Procedia Engineering* 204, S. 170–177. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.09.770.
- Watson, E.; Steinhauser, M. (2017): Discrete particle method for simulating hypervelocity impact phenomena. In: *Materials* 10 (4), S. Art. 379. DOI: 10.3390/ma10040379.
- Watson, E.; Steinhauser, M. (2017): Simulating hypervelocity impact phenomena with discrete elements. In: *Procedia Engineering* 204, S. 75–82. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.09.728.
- Wolf, S.; Kiessling, J.; Kunz, M.; Popko, G.; Buse, K.; Kühnemann, F. (2017): Upconversion-enabled array spectrometer for the mid-infrared, featuring kilohertz spectra acquisition rates. In: *Optics Express* 25 (13), S. 14504–14515. DOI: 10.1364/OE.25.014504.
- Zwiessler, R.; Kenkmann, T.; Poelchau, M. H.; Nau, S.; Hess, S. (2017): On the use of a split Hopkinson pressure bar in structural geology. High strain rate deformation of Seeberger sandstone and Carrara marble under uniaxial compression. In: *Journal of Structural Geology* 97, S. 225–236. DOI: 10.1016/j.jsg.2017.03.007.

Veröffentlichungen in Monografien, Fachzeitschriften und Proceedings ohne Peer Review

- Bierdel, M.; Hoschke, K.; Pfaff, A.; Jäcklein, M.; Schimmerohn, M.; Wickert, M. (2017): Multidisciplinary design optimization of a satellite structure by additive manufacturing. In: Proceedings of the 68th International Astronautical Congress (IAC). Adelaide, Australia, 25.–29.9.2017.
- D'Haen, J. A.; Kilchert, S.; Knoll, O.; May, M.; Hiermaier, S. (2017): Progressive failure strain measurement of a compression loaded carbon fiber laminate. In: Proceedings of the 21st International Conference on Composite Materials (ICCM-21). Xi'an, China, 20.–25.8.2017.
- Finger, J.; Faist, K.; Hasenstein, S.; Leismann, T. (2017): Analyse von Kaskadeneffekten in Versorgungsnetzen. Softwaretool CAESAR (Cascading Effect Simulation in Urban Areas to Assess and Increase Resilience). In: Transforming Cities 2 (4), S. 58–60.
- Grunwald, C.; Lässig, T.; van der Werff, H.; Heisserer, U.; Nguyen, L.; Riedel, W. (2017): Numerical sensitivity study of ballistic impact on UHMWPE composites. In: Proceedings of the 6th International Conference on Design and Analysis of Protective Structures (DAPS) 2017. Melbourne, Australia, 29.11.–1.12.2017.
- Grunwald, C.; Schaufelberger, B.; Riedel, W. (2017): Numerical modeling of the shock response and failure of concrete – Comparing the RHT model in ANSYS Autodyn and LS-DYNA. In: Proceedings of the 17th International Symposium on the Interaction of the Effects of Munitions with Structures (17th ISIEMS). Bad Neuenahr, 16.–20.10.2017.
- Gulde, M.; Kortmann, L.; Watson, E.; Ebert, M.; Schäfer, F. (2017): High-speed optical tracking of individual ejecta particles from hypervelocity impacts. In: Proceedings of the 48th Lunar and Planetary Science Conference. The Woodlands, TX, USA, 20.–24.3.2017. Online verfügbar unter <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2017/pdf/1925.pdf>.
- Gulde, M.; Sido, A.; Pielok, M.; Hoschke, K.; Schäfer, F.; Schimmerohn, M. (2017): Managing high thermal loads in small satellites – Analysis, design, and verification of a 3D-printed radiator. In: Proceedings of the 68th International Astronautical Congress (IAC). Adelaide, Australia, 25.–29.9.2017.
- Hiermaier, S.; Gebbeken, N.; Klaus, M.; Stolz, A. (Hg.) (2017): 7. Workshop BAU-PROTECT. Gefährdung, dynamische Analyse und Schutzkonzepte für bauliche Strukturen. Tagungsband. Freiburg, 15.–16.11.2016. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Higashide, M.; Schimmerohn, M.; Schäfer, F. (2017): Initial study on non-catastrophic damage risk for all-electric satellite transferring to GEO. In: Proceedings of the 68th International Astronautical Congress (IAC). Adelaide, Australia, 25.–29.9.2017.
- Horch, C.; Schnelle, N.; Gulde, M.; Watson, E.; Schimmerohn, M.; Schäfer, F. (2017): An MWIR payload with FPGA-based data processing for a 12U nanosatellite. In: Proceedings of the 11th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation. Berlin, 24.–28.4.2017.
- Hoschke, K.; Bierdel, M. (2017): Topology and shape optimization with hybrid CAD design for additive manufacturing. In: NAFEMS Benchmark Magazine (7).
- Hoschke, K.; Pfaff, A. (2017): Bionic wheel carrier of electric vehicle. In: Design for Additive Manufacturing. Guidelines and Case Studies for Metal Applications, S. 29–44. Online verfügbar unter http://canadamakes.ca/wp-content/uploads/2017/05/2017-05-15_Industry-Canada_Design4AM_141283.pdf.
- Léost, Y.; Sonntag, A.; Haase, T. (2017): Modeling of a cast aluminum wheel for crash application. In: Proceedings of the 11th European LS-DYNA Conference. Salzburg, Austria, 9.–11.5.2017, S. 1–10.
- May, M.; Harper, P.; Hallet, S. (2017): A study on the influence of fatigue damage initiation laws for cohesive zone models in propagation-driven load cases. In: Proceedings of the 58th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, AIAA SciTech Forum. Grapevine, TX, USA, 9.–13.1.2017.
- Pope, D.; Dirlwanger, H.; Russell, D.; Landmann, F.; Habacker, C.; Barr, A.; Tyas, A.; Stolz, A. (2017): Enhancement of HESCO-bastion wall models to better predict magnitudes of response under far-field loading conditions. In: Proceedings of the 17th International Symposium on the Effects of Munitions with Structures (ISIEMS). Bad Neuenahr, 16.–20.10.2017.
- Ramin, M. von; Stolz, A. (2017): Damage classification for buildings subjected to extreme loading. In: Proceedings of the 17th International Symposium on the Effects of Munitions with Structures (ISIEMS). Bad Neuenahr, 16.–20.10.2017.
- Riedel, W.; Klomfass, A.; Rüdiger, L.; Gündisch, R. (2017): Effiziente Methoden zur Auslegung und Bewertung baulicher Strukturen in der Vorplanung. In: S. Hiermaier, N. Gebbeken, M. Klaus und A. Stolz (Hg.): 7. Workshop BAU-PROTECT. Gefährdung, dynamische Analyse und Schutzkonzepte für bauliche Strukturen. Tagungsband. Freiburg, 15.–16.11.2016. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 175–192.
- Sandoval Murillo, J. L.; Ganzenmüller, G. C. (2017): Convergence analysis of the Affine Particle-In-Cell method and its application to the simulation of extrusion processes. In: Proceedings of the V. International Conference on Particle-Based Methods: Fundamentals and Applications. Hannover, 26.–28.9.2017, S. 397–408.
- Sauer, C.; Heine, A.; Riedel, W. (2017): Numerical simulation of adobe targets perforated by WHA-projectiles. In: Proceedings of the 17th International Symposium on the Interaction of the Effects of Munitions with Structures (17th ISIEMS). Bad Neuenahr, 16.–20.10.2017.
- Schaukelberger, B.; Roller, C.; Riedel, W. (2017): Scaling rules for the analysis of blast loaded concrete structures – a critical literature review. In: Proceedings of the 6th International Conference on Design and Analysis of Protective Structures (DAPS) 2017. Melbourne, Australia, 29.11.–1.12.2017.
- Schimmerohn, M.; Watson, E.; Hupfer, J.; Pfaff, A.; Falke, A.; Schäfer, F. (2017): The D-MEN sampling device – Extracting and collecting asteroid material for sample return. In: Proceedings of the 68th International Astronautical Congress (IAC). Adelaide, Australia, 25.–29.9.2017.
- Sinn, T.; Reichenbach, N.; Schimmerohn, M.; Horch, C.; Seefeldt, P. (2017): The development of a passive de-orbit subsystem for small and micro satellites. In: Proceedings of the 68th International Astronautical Congress (IAC). Adelaide, Australia, 25.–29.9.2017.
- Watson, E.; Gulde, M.; Schäfer, F.; Hiermaier, S. (2017): Optical fragment tracking in hypervelocity impact experiments. In: Proceedings of the 68th International Astronautical Congress (IAC). Adelaide, Australia, 25.–29.9.2017.
- Weerheijm, J.; Grunwald, C.; Ramin, M. von; Slobbe, A. T. (2017): An integral modelling approach for the loading and break-up of RC structures due to internal explosion of fragmenting shells. In: Proceedings of the 17th International Symposium on the Effects of Munitions with Structures (ISIEMS). Bad Neuenahr, 16.–20.10.2017.

WISSENSCHAFTLICHER AUSTAUSCH, VORTRÄGE

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

- Behner, T.; Heine, A.; Wickert, M. (2017): Extended investigation of the dwell effect for an unconfined silicon carbide ceramic against tungsten-heavy-alloy rods. 30th International Symposium on Ballistics. Long Beach, CA, USA, 12.9.2017.
- Bierdel, M. (2017): Ressourceneffizienz wie in der Natur durch intelligentes Leichtbaudesign für den Herstellungsprozess der Additiven Fertigung. 4. Technologietag Hybrider Leichtbau. Stuttgart, 30.5.2017.
- Bierdel, M.; Hoschke, K. (2017): Multidisciplinary design optimization of a satellite structure by Additive Manufacturing. 12th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimisation. Braunschweig, 7.6.2017.
- Denefeld, V. (2017): Measurement of the spatial specific impulse distribution due to buried high explosive charge detonation. 30th International Symposium on Ballistics. Long Beach, CA, USA, 13.9.2017.
- Denefeld, V.; Heider, N. (2017): Einfluss der Verlegebedingungen auf die Impulsverteilung bei IED-Ansprengungen. 21. Tagung »Schutz gegen IED und ballistische Bedrohung«. Meppen, 14.11.2017.
- Denefeld, V.; Heider, N.; Holzwarth, A. (2017): Bestimmung der Impulsverteilung bei IED-Ansprengungen in Sandy Gravel. 20. Tagung »Schutz gegen IED und ballistische Bedrohung«. Meppen, 30.5.2017.
- D'Haen, J. A.; Kerscher, S.; May, M.; Hiermaier, S. (2017): Analysis of failure modes of multi directional carbon fiber composites loaded in compression. 6th Thematic Conference on the Mechanical Response of Composites (COMPOSITES 2017). Eindhoven, The Netherlands, 20.9.2017.
- Durr, N.; Isakov, M.; Sauer, M. (2017): Mechanical characterization of HTPB – Current status and material models update. CMME-Treffen. Washington DC, USA, 28.11.2017.
- Durr, N.; Sauer, M. (2017): Mesoscale material models update. CMME-Treffen. Fraunhofer ICT. Pfinztal, 16.5.2017.
- Durr, N.; Sauer, M.; Hiermaier, S. (2017): Mesoscale modeling of dynamic fracture in quartzite and sandstone and homogenization to macroscale. CFRAC 2017. Nantes, France, 14.6.2017.
- Ebenhöch, S.; Kanat, B.; Häring, I.; Stolz, A. (2017): Erstellung von symptom-basierten Fehlersuchanleitungen für Elektrofahrzeuge mittels Fehlerbaumanalyse. Praxisforum Fehlerbaumanalyse & Co. München, 17.10.2017.
- Ebenhöch, S.; Kanat, B.; Scheidereiter, J.; Grumber, C.; Stolz, A. (2017): Sicherheitsnachweise von »Smart Systems« – Herausforderungen und neue Konzepte. microTEC Südwest Clusterkonferenz. Freiburg, 27.3.2017.
- Ebenhöch, S.; Scheidereiter, J.; Lang, B.; Nau, S.; Stolz, A. (2017): Challenges for the use of logic devices in the implementation of safety features for fuzing systems. 60th Fuze Conference. Cincinnati, OH, USA, 9.5.2017.
- Ebenhöch, S.; Siebold, U.; Grumber, C.; Scheidereiter, J.; Stolz, A. (2017): Sicherheitsnachweise für vernetzte intelligente Systeme – Neue Methoden und Forschungsansätze. safe.tech. München, 25.4.2017.
- Früh, P.; Heine, A.; Riedel, W.; Wickert, M. (2017): Protection capabilities of HHA and UHA steels against long-rod kinetic energy penetrators. 30th International Symposium on Ballistics. Long Beach, CA, USA, 14.9.2017.
- Grunwald, C.; Lässig, T.; van der Werff, H.; Heisserer, U.; Nguyen, L.; Riedel, W. (2017): Numerical sensitivity study of ballistic impact on UHMWPE composites. 6th International Conference on Design and Analysis of Protective Structures (DAPS). Melbourne, Australia, 30.11.2017.
- Grunwald, C.; Schaufelberger, B.; Riedel, W. (2017): Numerical modeling of the shock response and failure of concrete – Comparing the RHT model in ANSYS Autodyn and LS-DYNA. 17th International Symposium on the Effects of Munitions with Structures (ISIEMS). Bad Neuenahr, 16.10.2017.
- Gulde, M. (2017): High-speed optical tracking of individual ejecta particles from hypervelocity impacts. 48th Lunar and Planetary Science Conference. The Woodlands, TX, USA, 23.3.2017.
- Gulde, M. (2017): Time-resolved investigation of hypervelocity impacts. Museum für Naturkunde. Berlin, 18.5.2017.
- Gulde, M. (2017): Managing high thermal loads in small satellites – Analysis, design, and verification of a 3D-printed radiator. 68th International Astronautical Congress (IAC). Adelaide, Australia, 28.9.2017.
- Heine, A. (2017): Current results obtained within work package 3b of the IABG subcontract. DEU-NLD-USA Workshop on Weapon Effects with Respect to MOU. Ottobrunn, 19.6.2017.
- Heine, A.; Früh, P.; Riedel, W. (2017): Assessment of the protective properties of two different UHA steels based on material testing and numerical simulation. DYMAT 23rd Technical Meeting: Dynamic Fracture of Ductile Materials. Trondheim, Norway, 12.9.2017.
- Hiermaier, S. (2017): Experten-Statement: Naturkatastrophen – Terrorismus – Cybersicherheit: Keynote: »Resilience Engineering: Ein neues Konzept für mehr Sicherheit«. Morgenradar. Bundestag Berlin, 15.2.2017.
- Hiermaier, S. (2017): Keynote: »Resiliente Systeme in der Wehrtechnik – ein neuer Ingenieur-Ansatz«. Symposium Ergebnisse der grundfinanzierten Forschung. Bildungszentrum der Bundeswehr (BIZBw). Mannheim, 20.2.2017.
- Hiermaier, S. (2017): Resilience Engineering – From Concepts to Applications. Risk Center Seminar Series. ETH Zürich, 16.5.2017.
- Hiermaier, S. (2017): Resilienz als neuen Ansatz für Sicherheit. Workshop »Forum Spezial: Cyberintervention«. Zukunftsforum Öffentliche Sicherheit e.V. Berlin, 18.5.2017.
- Hiermaier, S. (2017): Applying engineering methods for resilient design. Resilience Symposium. Lüttich, Belgien, 28.6.2017.
- Hiermaier, S. (2017): Keynote: »Resilience quantification for developing socio cyber technical systems«. Acatech – Themennetzwerk Sicherheit IOSB. Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, 20.7.2017.
- Hiermaier, S.; Neuhaus, G. (2017): Keynote: »Resilienz für Industrie 4.0 – eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen der vierten industriellen Revolution«. Parlamentarisches Frühstück. Alte Kanzlei, Stuttgart, 5.4.2017.
- Hoschke, K. (2017): Additives Materialdesign für Leichtbau. Fraunhofer-Alumni-Summit 2017. Stuttgart, 24.11.2017.
- Hoschke, K.; Bierdel, M. (2017): Robust design optimization with metamaterial by Additive Manufacturing. 12th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimisation. Braunschweig, 8.6.2017.

- Leismann, T. (2017): Industrie 4.0 – Vision, Chancen und Herausforderungen. Workshop Hannover Re, Hannover, 21.2.2017.
- Leismann, T. (2017): Sichere Gesellschaften: Gestaltung des zukünftigen Europäischen Sicherheitsprogramms. Moderation Panel und Vortrag zu »Perspective of academic and institutional research on shaping the future Security Research Programme«. BMBF Workshop. Brüssel, 21.11.2017.
- Leismann, T. (2017): Resilienzmanagement der vernetzten Infrastruktur. 2. Jahrestagung Business Continuity & Resilience Management. Berlin, 26.9.2017.
- Leismann, T.; Feese, J. (2017): Tech Center i-protect – Nachhaltige Lösungen für die integrale Sicherheit der Mobilität der Zukunft. Industriewoche Sparkasse Kajo. Freiburg, 21.6.2017.
- Lück, M. (2017): Grundlagen eines Hydrocodes – Kontinuumsmechanik, Materialtheorie und numerische Implementierung. Doktorandenseminar von Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang H. Müller, Fachgebiet Kontinuumsmechanik und Materialtheorie, Institut für Mechanik, TU Berlin. Berlin, 20.1.2017.
- May, M.; Lässig, T. (2017): Modeling of delamination in UHMW-PE composites. 6th Thematic Conference on the Mechanical Response of Composites (COMPOSITES 2017). Eindhoven, The Netherlands, 21.9.2017.
- Moser, S.; Hofstätter, M. (2017): DURCHBLICK – Detektion unterschiedlicher unkonventioneller Spreng- und Brandvorrichtungen mittels intelligenter analytischer Sensorik. Auftaktveranstaltung »Aspekte und Maßnahmen der Terrorismusbekämpfung« des BMBF. Berlin, 2.5.2017.
- Nickl, S.; Gulde, M. (2017): Zeitaufgelöste Messung von Kraterwachstum bei Hypervelocity Impacts. 66. Deutscher Luft- und Raumfahrt Kongress. München, 6.9.2017.
- Paul, H.; Ledford, N.; Sauer, M.; May, M.; Okamura, M. (2017): Assessment of test methods for thick and thin layer adhesive joints under high rates of loading. 4th International Conference on Structural Adhesive Bonding (AB 2017). Porto, Portugal, 6.7.2017.
- Pfaff, A. (2017): Manufacturing strategy and heat treatment of a slender, second gradient material structure in AlSi10Mg by Selective Laser Melting. Euromech Colloquium 579. Arpino, Italy, 6.4.2017.
- Pfaff, A. (2017): Innovative materials by Additive Manufacturing – Design and characterization of AlSi10Mg processed by Selective Laser Melting. Werkstoffwoche. Dresden, 26.9.2017.
- Pfaff, A.; Jäcklein, M.; Hoschke, K.; Wickert, M. (2017): Designed Materials by Additive Manufacturing – impact of exposure-strategies and -parameters on material characteristics of AlSi10Mg processed by Selective Laser Melting. LightMAT 2017. Bremen, 9.11.2017.
- Pfaff, A.; Wickert, M. (2017): Additive Manufacturing – Praxis des 3D-Drucks großer Metallbauteile. WVIB-Akademie: Infoveranstaltung – Schnelle Teile aus der 3D-Fabrik. Baden-Baden, 25.7.2017.
- Ramin, M. von; Stolz, A. (2017): Structural robustness and its implications for resilient designs. 7th REA Symposium. Resilience Engineering Association. Liège, Belgium, 26.6.2017.
- Ramin, M. von; Stottmeister, A. (2017): On lung injury models for risk analyses of complex blast scenarios. 19th International Physical Security Forum IPSF. Stockholm, Sweden, 7.5.2017.
- Sandoval Murillo, J. L. (2017): Accuracy and convergence behavior of the Affine-Particle-In-Cell-Method. 9th International Workshop Meshfree Methods for Partial Differential Equations. Bonn, 18.9.2017.
- Sättler, A.; Aurich, H.; Holzwarth, A. (2017): HL-Beschuss von Treibladungspulvern. 18. Arbeitskreis Innenballistik. Fraunhofer ICT. Pfinztal, 18.10.2017.
- Sauer, C.; Heine, A.; Riedel, W.; Wickert, M. (2017): Development and application of a hydrocode model for the penetration into adobe masonry. DEU-NLD-USA Workshop on Weapon Effects with Respect to MOUT. Ottobrunn, 19.6.2017.
- Sauer, C.; Heine, A.; Riedel, W.; Wickert, M. (2017): Application of the RHT concrete model for predictive simulations of the penetration into adobe targets. 30th International Symposium on Ballistics. Long Beach, CA, USA, 13.9.2017.
- Sauer, C.; Heine, A.; Wickert, M. (2017): Numerical simulations of adobe targets perforated by WHA-projectiles. 17th International Symposium on the Effects of Munitions with Structures (SIEMS). Bad Neuenahr, Germany, 16.10.2017.
- Sauer, M.; Durr, N. (2017): Current status of meso-mechanical simulation methods and application to PBX. CMME-Treffen. Fraunhofer ICT. Pfinztal, 16.5.2017.
- Sauer, M.; Durr, N. (2017): Current status of meso-mechanical simulation methods in SOPHIA and application to PBX. CMME-Treffen. Washington DC, USA, 28.11.2017.
- Sauer, M.; Köhle, F.; Mattiasson, K.; Carlberger, T.; Pipkorn, B.; Ottosen, P.; Ericsson, J.; Sjögren, T.; Karlsson, J.; Schmidt, L.; Wenig, S.; Jergeus, J.; Buckley, M. (2017): Validation tests and simulations for laminated safety glass. European LS-DYNA Conference. Salzburg, Austria, 11.5.2017.
- Sauer, M.; Köhle, F.; Mattiasson, K.; Carlberger, T.; Pipkorn, B.; Ottosen, P.; Ericsson, J.; Sjögren, T.; Karlsson, J.; Schmidt, L.; Wenig, S.; Jergeus, J.; Buckley, M. (2017): Validation tests and simulations for laminated safety glass. LS-DYNA and JSTAMP Forum. Tokyo, Japan, 31.10.2017.
- Schauflberger, B.; Matura, P. (2017): Modellierung von Schmelbränden mittels Pyrolyse mit FDS. 11. Anwendertreffen der FDS Usergroup. Berlin, 9.11.2017.
- Schauflberger, B.; Roller, C.; Riedel, W. (2017): Scaling rules for the analysis of blast loaded concrete structures – a critical literature review. 6th International Conference on Design and Analysis of Protective Structures (DAPS). Melbourne, Australia, 29.11.2017.
- Schmitt, D.; Dirlwanger, H.; Stolz, A.; Schopferer, S.; Nau, S. (2017): Investigations on reinforced concrete slabs under impact of mortar tail units. 17th International Symposium on the Effects of Munitions with Structures (SIEMS). Bad Neuenahr, 16.10.2017.
- Sido, A.; Gulde, M. (2017): Eine für Kleinstsatelliten angepasste Methode zur Thermalanalyse. 66. Deutscher Luft- und Raumfahrt-Kongress. München, 6.9.2017.
- Straßburger, E.; Bauer, S. (2017): Analysis of the interaction of projectiles with ceramic targets by means of flash X-ray cinematography and optical methods. 41st International Conference on Advanced Ceramics and Composites. Daytona Beach, FL, USA, 22.1.2017.
- Straßburger, E.; Bauer, S. (2017): Untersuchungen zur Effizienz von Spinell-Keramik gegen AP-Munition. 20. Tagung »Schutz gegen IED und ballistische Bedrohung«. Meppen, 30.5.2017.

Straßburger, E.; Bauer, S. (2017): Vergleich der Effizienz transparenter Keramiken gegen AP-Munition. 21. Tagung »Schutz gegen IED und ballistische Bedrohung«. Meppen, 14.11.2017.

Van der Werff, H.; Heisserer, U.; Coussens, B.; Stepanyan, R.; Riedel, W.; Lässig, T. (2017): On the ultimate potential of high strength polymeric fibers to reduce armor weight, Keynote contribution. 30th International Symposium on Ballistics. Long Beach, CA, USA, 11.9.2017.

Weerheijm, J.; Grunwald, C.; Riedel, W.; Ramin, M. von; Slobbe, A. T. (2017): An integral modelling approach for the loading and breakup of RC structures due to internal explosion of fragmenting shells. 17th International Symposium on the Effects of Munitions with Structures (ISIEMS). Bad Neuenahr, 16.10.2017.

Seminarvorträge im EMI

Durr, N. (2017): Mesoscale modeling of dynamic fracture in quartzite and sandstone. EMI-Doktorandenseminar. EMI Freiburg, 24.2.2017.

Durr, N. (2017): Mesoscale modeling of dynamic fracture and shock compression in quartzite and sandstone. Disputationsvortrag. Freiburg, 22.5.2017.

Ebenhöch, S.; Niklas, W.; Osterholz, J. (2017): Probabilistic laser safety risk evaluation and modeling. Workshop AFRL – German MoD. EMI Freiburg, 19.9.2017.

Hoschke, K. (2017): Additive Design and Manufacturing – 3D-Druck von Strukturmaterialien und intelligentes Design für Leichtbau und Kurzzzeit-dynamik. 43. Kuratoriumssitzung. EMI Freiburg, 21.7.2017.

Hoschke, K. (2017): 3D-Druckzentrum Metall- und Strukturwerkstoffe. EMI-Symposium. EMI Freiburg, 6.12.2017.

Lück, M. (2017): Beschreibung des Reaktionsablaufs energetischer Materialien bei Laserbestrahlung. Probevortrag für Disputation. EMI-Doktorandenseminar. EMI Freiburg, 28.7.2017.

Lück, M. (2017): Time-to-Explosion: Simulationsmodell für die Laserwirkung auf Ziele mit energetischen Materialien. EMI-Symposium. EMI Freiburg, 6.12.2017.

Osterholz, J. (2017): Wirken mit Licht: Das neue Labor für Hochenergielaser und Lasertechnologie. EMI-Jahressymposium. EMI Freiburg, 6.12.2017.

Pfaff, A. (2017): Designed Materials by Additive Manufacturing – Approaches towards functionally designed microstructures. EMI-Doktorandenseminar. EMI Freiburg, 21.1.2017.

Sättler, A.; van Keuk, J.; Thoma, O.; Dutschke, B.; Dolak, M. (2017): Herausforderungen der Innen- und Abgangsballistik bei Großkaliber-Systemen. EMI-Symposium. EMI Freiburg, 6.12.2017.

Straßburger, E. (2017): Quo Vadis Leichter Schutz? EMI-Symposium, 6.12.2017.

Lehrgänge der Carl-Cranz-Gesellschaft

Ebenhöch, S. (2017): Funktionaler Sicherheitsnachweis für vernetzte wehrtechnische Systeme unter Berücksichtigung der Datensicherheit. CCG-Seminar VS 1.53 »Funktionaler Sicherheitsnachweis für wehrtechnische Systeme«. EMI Efringen-Kirchen, 4.4.2017.

Ebenhöch, S. (2017): Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung und den Sicherheitsnachweis von modernen wehrtechnischen Systemen. CCG-Seminar VS 1.53 »Funktionaler Sicherheitsnachweis für wehrtechnische Systeme«. EMI Efringen-Kirchen, 4.4.2017.

Niklas, W.; Ebenhöch, S.; Engelmann, F. (2017): Anwendungsbeispiele zur quantitativen Gefährdungs- und Risikoanalyse zur Festlegung von Gesamtsicherheitsanforderungen. CCG-Seminar VS 1.53 »Funktionaler Sicherheitsnachweis für wehrtechnische Systeme«. EMI Freiburg, 4.4.2017.

Straßburger, E. (2017): Röntgenblitzkinematografie in der Endballistik. CCG-Seminar VS 3.02 »Ballistische Messtechnik und experimentelle Verfahren«. ISL. Saint-Louis, 8.3.2017.

Straßburger, E. (2017): Endballistik kleinkalibriger Geschosse – Keramik für den ballistischen Schutz. CCG-Seminar VS 1.43 »Endballistik – Grundlagen und Anwendungen«. ISL. Saint-Louis, 27.6.2017.

Lehrgänge des Bildungszentrums der Bundeswehr, Mannheim

Aurich, H.; Sättler, A. (2017): Initiierung von insensitiver Munition durch IED-EFP-Beschuss. Symposium Ergebnisse der grundfinanzierten Forschung: »Explosivstoffe, Energiespeicher, Lenkflugkörper, Wirkung und Schutz«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 20.2.2017.

Bagusat, F.; Harwick, W. (2017): Probenminiaturisierung zur Erweiterung hochdynamischer Untersuchungsmöglichkeiten von Schweißnähten. Symposium Ergebnisse der grundfinanzierten Forschung: »Explosivstoffe, Energiespeicher, Lenkflugkörper, Wirkung und Schutz«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 20.2.2017.

Ebenhöch, S.; Niklas, W.; Engelmann, F.; Schäfer, J.; Ramin, M. von; Häring, I.; Stolz, A. (2017): Quantitative Risikoanalyse – Methodik und Anwendungsbeispiele. Kurzlehrgang: Besonderheiten im Projektmanagement bei der Beschaffung von Waffensystemen und Munition. BAANBw Koblenz, 28.9.2017.

Ebenhöch, S.; Niklas, W.; Engelmann, F.; Schäfer, J.; Ramin, M. von; Siebold, U.; Häring, I.; Stolz, A. (2017): Quantitative Risikoanalyse – Methodik und Anwendungsbeispiele. Kurzlehrgang: Besonderheiten im Projektmanagement bei der Beschaffung von Waffensystemen und Munition. BAANBw Koblenz, 30.3.2017.

Ebenhöch, S.; Niklas, W.; Engelmann, F.; Siebold, U.; Häring, I.; Stolz, A. (2017): Risiko- und Sicherheitsanalysen für vernetzte Waffensysteme – Herausforderungen und neue Forschungsansätze. Symposium Ergebnisse der grundfinanzierten Forschung: »Explosivstoffe, Energiespeicher, Lenkflugkörper, Wirkung und Schutz«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 20.2.2017.

Hoschke, K.; Wickert, M. (2017): Additive Design and Manufacturing. Symposium Ergebnisse der grundfinanzierten Forschung: »Explosivstoffe, Energiespeicher, Lenkflugkörper, Wirkung und Schutz«. Mannheim, 21.2.2017.

Ramin, M. von (2017): Gesamtschadensklassifizierung von Gebäuden nach Explosionsereignissen. Symposium Ergebnisse der grundfinanzierten Forschung: »Explosivstoffe, Energiespeicher, Lenkflugkörper, Wirkung und Schutz«, 20.2.2017.

Sauer, C.; Heine, A.; Riedel, W.; Wickert, M. (2017): Materialmodell für die numerische Simulation der Geschosswirkung bei Lehmziegelwänden. Symposium Ergebnisse der grundfinanzierten Forschung: »Explosivstoffe, Energiespeicher, Lenkflugkörper, Wirkung und Schutz«, 20.2.2017.

Lehrveranstaltungen

Gulde, M.: »Shock Waves in Rocks« – Assistenz bei Blockveranstaltung von Frank Schäfer an der Uni Freiburg.

Gulde, M.: »Shocked Materials« – Assistenz bei Blockveranstaltung von Frank Schäfer an der Uni Freiburg.

Häring, I. (Sommersemester 2017): Functional Safety: Active Resilience. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Häring, I. (Sommersemester 2017): Risk Analysis. Certificate of Advanced Studies (CAS), Blended-Learning Kurs von Fraunhofer EMI in Zusammenarbeit mit Universität Freiburg und Fraunhofer Academy; zertifiziert durch ACQUIN. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Häring, I. (Sommersemester 2017): Technical Safety. Certificate of Advanced Studies (CAS), Blended-Learning Kurs von Fraunhofer EMI in Zusammenarbeit mit Universität Freiburg und Fraunhofer Academy; zertifiziert durch ACQUIN. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Häring, I.; Gelhausen, P. (Sommersemester 2017): Resilience Analysis. Certificate of Advanced Studies (CAS), Blended-Learning Kurs von Fraunhofer EMI in Zusammenarbeit mit Universität Freiburg und Fraunhofer Academy; zertifiziert durch ACQUIN. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Harwick, W. (Sommersemester 2017): Werkstoffkunde I. Vorlesung. DHBW Lörrach.

Harwick, W. (Wintersemester 2017/2018): Werkstoffkunde II. Vorlesung. DHBW Lörrach.

Hiermaier, S. (Sommersemester 2017): Dynamics of Materials. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Hiermaier, S. (Wintersemester 2017/2018): Keynote: »Resilient Infrastructures – From Concepts to Application«. Gastvorlesung. Stevens Institute of Technology, Hoboken, New York, 23.10.2017.

Hiermaier, S. (Wintersemester 2017/2018): Keynote: »The Resilient City – Managing Stocks and Disruption«. Gastvorlesung. German Center for Research and Innovation, New York, 24.10.2017.

Hiermaier, S. (Wintersemester 2017/2018): Resilient Infrastructures – From Concepts to Application. Gastvorlesung. GRI Seminar Space. NEU, Boston, 26.10.2017.

Hiermaier, S.; Ganzenmüller, G. C. (Sommersemester 2017): Particle Methods in Engineering. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Hiermaier, S.; Ganzenmüller, G. C. (Wintersemester 2017/2018): Physics of Failure. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Hiermaier, S.; Kilchert, S. (Wintersemester 2017/2018): Material Life Cycles. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Hiermaier, S.; May, M. (Sommersemester 2017): Dynamics of Materials. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Hiermaier, S.; Scharke, B. (Wintersemester 2017/2018): Fundamentals of Resilience. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Matura, P. (Wintersemester 2017/2018): Numerische Methoden in der Mathematik. Vorlesung. DHBW Lörrach.

Osterholz, J. (Wintersemester 2017/2018): High Energy Density Physics. Vorlesung. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Riedel, W. (Sommersemester 2017): Dynamic Material Behaviour – Part I: Testing at Highest Rates and Theory. Übung an der Nanyang Technological University, School of Civil and Environmental Engineering, Protection Technology and Research Center, Singapore.

Riedel, W. (Sommersemester 2017): Dynamic Material Behaviour – Part II: Simulation of Metals, Concrete and Composites. Übung an der Nanyang Technological University, School of Civil and Environmental Engineering, Protection Technology and Research Center, Singapore.

Riedel, W. (Sommersemester 2017): From Protection of Built Infrastructure to Urban Security and Resilience. Vorlesung an der Nanyang Technological University, School of Civil and Environmental Engineering, Protection Technology and Research Center, Singapore.

Riedel, W. (Wintersemester 2017/2018): Schutz kritischer Infrastrukturen. Vorlesung im Mastermodul »Quantitative Risikoanalyse« im Studiengang »Security and Safety Engineering«. HFU Furtwangen University.

Riedel, W.; Häring, I.; Gelhausen, P. (Sommersemester 2017): Structural Security. Certificate of Advanced Studies (CAS), Blended-Learning Kurs von Fraunhofer EMI in Zusammenarbeit mit Universität Freiburg und Fraunhofer Academy; zertifiziert durch ACQUIN. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Sauer, M. (Wintersemester 2017/2018): Finite Methoden und Stoffgesetze Hochdynamik. Universität der Bundeswehr München.

Schäfer, F. (Sommersemester 2017): Characterization of Geomaterials under Shock Loads I. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Schäfer, F. (Sommersemester 2017): Characterization of Geomaterials under Shock Loads II. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Schäfer, F. (Wintersemester 2017/2018): Shock Waves in Rocks I. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Steinhauser, M. (Sommersemester 2017): Advanced Methods in Computational Sciences: Monte Carlo Simulations. Vorlesung. Universität Basel.

Steinhauser, M. (Sommersemester 2017): Molecular Dynamics Simulations with Applications in Soft Matter. Vorlesung. Universität Basel.

Stolz, A. (Sommersemester 2017): Baudynamik. Vorlesung. Hochschule Koblenz.

Stolz, A. (Sommersemester 2017): Design and Monitoring of Large Urban Infrastructures. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Stolz, A. (Wintersemester 2017/2018): Structural Robustness: Resilient Designs. Vorlesung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Weidemaier, P. (Wintersemester 2017/2018): Differentialgleichungen für Studierende der Mikrosystemtechnik. Vorlesung und Übung. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Gastwissenschaftlerinnen und Gastwissenschaftler im EMI

Gary Goh Wen Xian, Defence Science & Technology Agency – DSTA Singapore, 9.–27.10.2017.

Kok Wei Kang, Defence Science & Technology Agency – DSTA Singapore, 9.–27.10.2017.

Lai Liyue, Defence Science & Technology Agency – DSTA Singapore, 9.–27.10.2017.

Masumi Higashide, Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA, 1.11.2016–31.10.2017.

Promotionen

Andricevic, N. (2016): Robustheitsbewertung crashbelasteter Fahrzeugstrukturen. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Dlugosch, M. (2018): Zur Methodenentwicklung im Entwurf automobilier Strukturkonzepte in FVK-Metall-Hybridbauweise unter Crashbelastung. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Durr, N. (2017): Mesoscale Modeling of Dynamic Fracture and Shock Compression in Quartzite and Sandstone. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Fischer, K. (2018): Resilience quantification of urban areas – An integrated statistical-empirical-physical approach for man-made and natural disruptive events. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Lässig, T. (2017): Einfluss des Pressdrucks auf UHMW-PE-Verbundmaterialien unter Impaktbelastung. Dissertation. Universität der Bundeswehr München.

Lück, M. (2017): Beschreibung des Reaktionsablaufs energetischer Materialien bei Laserbestrahlung. Dissertation. TU Berlin. DOI: 10.14279/depositonce-6407.

Wagner, P. (2017): A Methodology for Numerical Fatigue Analysis of Carbon Fiber Reinforced Plastics. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten

Becher, T. (2017): Historical data-driven risk and resilience analysis for selected natural threats. Masterarbeit. EMI-Bericht E 26/17. HFU Furtwangen.

Berger, H. (2018): Stereoskopische Analyse von Raumfahrzeugoberflächen zur Kraterdetektion. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 09/18. HFU Furtwangen.

Fulari, G. S. (2017): Complexity and sensitivity studies for modeling FRP-metal hybrid material systems under crash loading in generic automotive structures. Masterarbeit. TU Braunschweig.

Greiner, J. (2017): Konzeption und Implementierung einer 3D-Rendering-Engine und einer 3D-Anwendungsbibliothek mit C# unter .NET als Ersatz für eine bestehende Programmbibliothek. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 15/17. DHBW Lörrach.

Grittmann, J. (2018): Modellbasierte Entwicklung und Aufbau eines Vibrations-Piezo-Harvesters im Gleisbett. Masterarbeit. EMI-Bericht A 10/18. FH Aachen.

Huber, C. (2017): Periodische Homogenisierung einer linear-elastischen Platte am Beispiel eines mehrschichtigen Akkus. Masterarbeit. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Kopitzka, N. (2017): Design einer Rezeptur und experimentelle Untersuchungen zum dynamischen Widerstandsverhalten von »Engineered Cementitious Composites (ECC)«. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 43/16. HFU Furtwangen.

Lange, J. (2018): Numerische Modellierung von Hagelschlag auf Flugzeugstrukturen. Masterarbeit. EMI-Bericht A 17/18. TU Braunschweig.

Mäder, G. (2018): Nichtlineare Analyse und Designoptimierung von Mesostrukturen für die Additive Fertigung. Masterarbeit. EMI-Bericht A 05/18. Universität Stuttgart.

Mahlke, M. (2017): Bewertung von Optimierungsmöglichkeiten einer Treibkäfugauslegung zur Beschleunigung von Laborpenetratoren mit einem Leichtgas-Experimentalbeschleuniger. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 24/17. Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mannheim.

Moser, D. (2017): Bestimmung von Werkstoffkennwerten und Charakterisierung der Materialzonen einer Stahl-Schweißverbindung. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 19/17. DHBW Lörrach.

Nickl, S. (2017): Zeitaufgelöste Messung von Kraterwachstum bei Hypervelocity Impacts. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 22/17. Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft.

Nothdurft, S. (2018): Entwurf und Realisierung eines Steuerungskonzepts für ein quasistatisches Materialprüfungssystem mit in-situ-Computertomographie. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 08/18. Hochschule Esslingen.

Pielok, M. (2017): Auslegung passiver Thermalkontrollkomponenten für Kleinstsatelliten mit Hilfe additiver Fertigung – Multidisziplinäre Topologieoptimierung und makroskopische Oberflächenstrukturierung. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 17/17. Westfälische Hochschule.

Reichenbach, N. (2018): Development of a De-Orbit Subsystem for the 12U-CubeSat ERNST. Masterarbeit. EMI-Bericht A 01/18. TU München.

Roth, S. (2017): Entwicklung eines kompakten Mechanismus zum Wechsel optischer Filter für die Anwendung in Nanosatelliten. Masterarbeit. EMI-Bericht A 16/17. Hochschule Offenburg.

Schramm, M. (2017): Konzipierung und Anwendungsbewertung strukturierter SLM-Materialien. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 30/17. Westfälische Hochschule.

Sido, A. (2017): Eine für Kleinstsatelliten angepasste Methode zur Thermalanalyse. Masterarbeit. EMI-Bericht A 06/17. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Sikora, G. (2017): Erweiterung einer Prüfvorrichtung für Mikrozugversuche. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 20/17. DHBW Lörrach.

Socha, F. (2017): Quantification of the resilience of socio-technical systems: graph, probabilistic and Markov models. Masterarbeit. EMI-Bericht A 25/17. HFU Furtwangen.

Soot, T. (2017): Mechanismen der Energieabsorption in FVK-Metall-Hybridstrukturen unter Biegebelastung. Masterarbeit. EMI-Bericht A 07/17. Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Spiegelhalter, B. (2017): Experimentelle Untersuchungen des Crashverhaltens von generischen Fahrzeugstrukturen in FVK-Metall-Hybridbauweise. Masterarbeit. EMI-Bericht A 11/17. HFU Furtwangen.

Sterk, F. (2017): Methodik zur computergestützten Entwicklung eines Flugzeugbauteils für die Herstellung durch Additive Fertigung. Bachelorarbeit. EMI-Bericht A 23/17. Technische Hochschule Nürnberg.

Patente

Heine, A.; Wickert, M.; Thoma, K.: Hohlladung, EP 2 053 341 B1, Europäische Patentschrift, 18. Januar 2017.

Schriftenreihe des Ernst-Mach-Instituts: Epsilon-Punkt

Andricevic, N. (2017): Robustheitsbewertung crashbelasteter Fahrzeugstrukturen. Stuttgart: Fraunhofer Verlag (Schriftenreihe des Ernst-Mach-Instituts (Epsilon-Punkt), Heft Nr. 31).

Bach, A. (2017): Stahlbetonbauteile unter kombinierten statischen und detonativen Belastungen in Experiment, Simulation und Bemessung. Stuttgart: Fraunhofer Verlag (Schriftenreihe des Ernst-Mach-Instituts (Epsilon-Punkt), Heft Nr. 29).

Moser, S. (2017): Computertomographie mit stark unterbestimmten Datensätzen für komplexe Anwendungen. Stuttgart: Fraunhofer Verlag (Schriftenreihe des Ernst-Mach-Instituts (Epsilon-Punkt), Heft Nr. 30).

Workshops und Veranstaltungen

Seminar der Carl-Cranz-Gesellschaft »Funktionaler Sicherheitsnachweis für wehrtechnische Systeme«, CCG-Seminar VS 1.53, 4.–5.4.2017. EMI Efringen-Kirchen.

International Workshop on Metamaterial and Realization by 3D-Printing (2017). Freiburg, 26.1.2017.

Mitwirkung in Fachgremien, Fachverbänden und Programmkomitees

Gulde, M.: Dworkin Judge auf der LPSC 2017.

Gulde, M.: Review für ACS Applied Nano Materials.

Gulde, M.: Review für Acta Astronautica.

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

Günther, S.: Mitglied im Technischen Rat 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.: Steering Committee Clean Sky 2 Airframe für die Fraunhofer-Gesellschaft.

Heine, A.: Paper Selection Committee, 30th International Symposium on Ballistics.

Matura, P.: Mitglied im Educational Outreach Committee der Hypervelocity Impact Society (HVIS).

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

May, M.: Mitglied im Scientific Committee der Fachtagung »6th ECCOMAS Thematic Conference on the Mechanical Response of Composites – Composites 2017« in Eindhoven, NL.

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

May, M.: Stellvertretender Fraunhofer-VVS-Vertreter im Bereich Future Combat Aircraft System.

Paul, H.: Mitglied in der Arbeitsgruppe Composite Engineer der Fraunhofer-Personenzertifizierungsstelle.

Pilous, N.; Ebenhöch, S.: DIN-Normenausschuss: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV); EMV von Anzünd- und Zündmitteln (NA 140-00-20-06 UA).

Putzar, R.: Chairman der Aeroballistics Range Association.

Putzar, R.: Mitglied des Committee on the Review of Planetary Protection Requirements for Sample Return from Phobos and Deimos des Space Studies Board der The National Academies of Sciences Engineering Medicine.

Putzar, R.: Repräsentant des EMI bei der Aeroballistics Range Association.

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

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

Sättler, A.: CapTech Non-Governmental Expert im CapTech Ammunition der EDA.

Sättler, A.: Leitung der Taskforce Innenballistik-Simulation.

Sättler, A.: Mitglied im Arbeitskreis Außenballistik.

Sättler, A.: Mitglied im Arbeitskreis Innenballistik.

Stolz, A.: International member ABR10 Committee on Critical Infrastructure Protection im Transport Research Board TRB.

Stolz, A.: Koordinator »Resistance of structures to explosion effects« im Rahmen des ERNCIP (European Reference network for Critical Infrastructure protection) framework.

Evaluierte Exzellenzforschung – Projekte, die vom DFG, BMBF oder European Research Council gefördert werden

DURCHBLICK: Detektion unterschiedlicher unkonventioneller Spreng- und Brandvorrichtungen mittels intelligenter analytischer Sensorik. BMBF-gefördertes Projekt. Online verfügbar unter <http://www.durchblick-projekt.de/>.

GAS-O-CHROM Gasochrome Sensoren – Optische Gassensoren für den Einsatz in Brandmeldern zur Brandgasfrüherkennung. BMBF-gefördertes Projekt. Online verfügbar unter https://www.sifo.de/files/Projektumriss_GAS-O-CHROM.pdf.

MEMIN II: Multidisciplinary Experimental and Modeling Impact Research Network, Projekt 1, »Investigation of the transient early-stage physical processes of hypervelocity impacts into solid target rocks«. DFG-gefördertes Projekt. Online verfügbar unter http://www.memin.de/project_II.html.

PROMPT: Programmatische Auswahl von Sofortmaßnahmen für die Einsatzdisposition bei Großschadensereignissen. BMBF-gefördertes Projekt. Online verfügbar unter https://www.sifo.de/files/Projektumriss_PROMPT.pdf.

SenSE4Metro: Sicherheitsmanagement- und Notfalleinsatzsystem für U-Bahn-Systeme. BMBF-gefördertes Projekt. Online verfügbar unter <http://www.sense4metro.org/>.

TAURUS: Transatlantic initiative to increase the visibility of German system solutions for urban resilience and security. BMBF-gefördertes Projekt. Online verfügbar unter <https://www.research-in-germany.org/shaping-the-future/research-networks/taurus.html>.

IMPRESSUM



Ernst-Zermelo-Straße

Prof. Dr. Ernst Zermelo, 1871-1953, Mathematiker,
1926-1935 und 1946-1953 Honorarprofessor an der Universität Freiburg.
Er hat die Mengenlehre, eine Grundlagendisziplin der Mathematik, geprägt.

Diese Straße war von 1889-2017 nach Alexander Ecker benannt
- einem federführenden Vordenker des Sozialdarwinismus.
Die Umbenennung erfolgte aufgrund seiner problematischen
Vorreiterrolle als völkischer Rassenideologe.

Redaktion

Birgit Bindnagel (verantwortlich), Heide Haasdonk

Redaktionelle Mitarbeit

Raffaella Grimm, Johanna Holz

Layout und grafische Bearbeitung

Sonja Weber, Deborah Kabel

Bildredaktion

Birgit Bindnagel, Heide Haasdonk

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 2018

*Foto: Das neue Straßenschild
der Ernst-Zermelo-Straße vor
dem EMI-Neubau.*

DER EMI-NEUBAU

» Ich bin total begeistert von den Glaswänden, weil es die Kommunikation und die Zusammenarbeit stärkt. Man sieht sich einfach und kommt dadurch auch leichter ins Gespräch. «

Tobias Leismann,
stellvertretender Institutsleiter

» Mir gefällt mein neuer Arbeitsplatz, auch aus pragmatischen Gründen. Wir sind aus dem Embex-Gebäude hierhergezogen und sind nun viel näher an den Anlagen. «

Robin Putzar, Raumfahrttechnologie

» Für uns bedeutet der Neubau Platzgewinn. Gerade wird noch an unserer Lehrwerkstatt gebaut, die toll werden wird. «

Ulrike Clausen, Elektronik-Labor

» Die Glaswände sind gewöhnungsbedürftig. Man geht durch die Flure, und alle gucken. Außerdem gibt es sehr viel Staub. Es ist ganz anders als im Altbau. Aber bis jetzt hat alles gut geklappt. «

Irina Grün, Raumpflegerin

» Für uns bedeutet der Neubau vor allem mehr Arbeit. Er ist zwar sehr schick, aber durch die zwei neuen Besprechungsräume dort, haben wir jetzt sechs Räume, die wir oft parallel bespielen müssen. «

Asunción Dilger, Empfang und Catering

» Der Neubau bietet uns ein effizientes Labor, das auch nach außen sehr beeindruckt. Die Nähe zu den anderen Laboren führt außerdem zu Synergieeffekten. «

Aron Pfaff, Additive Design
and Manufacturing

» Ich bin nun viel näher an den Abteilungen, mit denen ich viel zu tun habe, und kann persönlich mit den Menschen reden – ohne Telefon oder Hauspost. Das erleichtert mir die Arbeit enorm und ist einfach schön. «

Sandra Huber, Personal- und
Bewerbungsmanagement

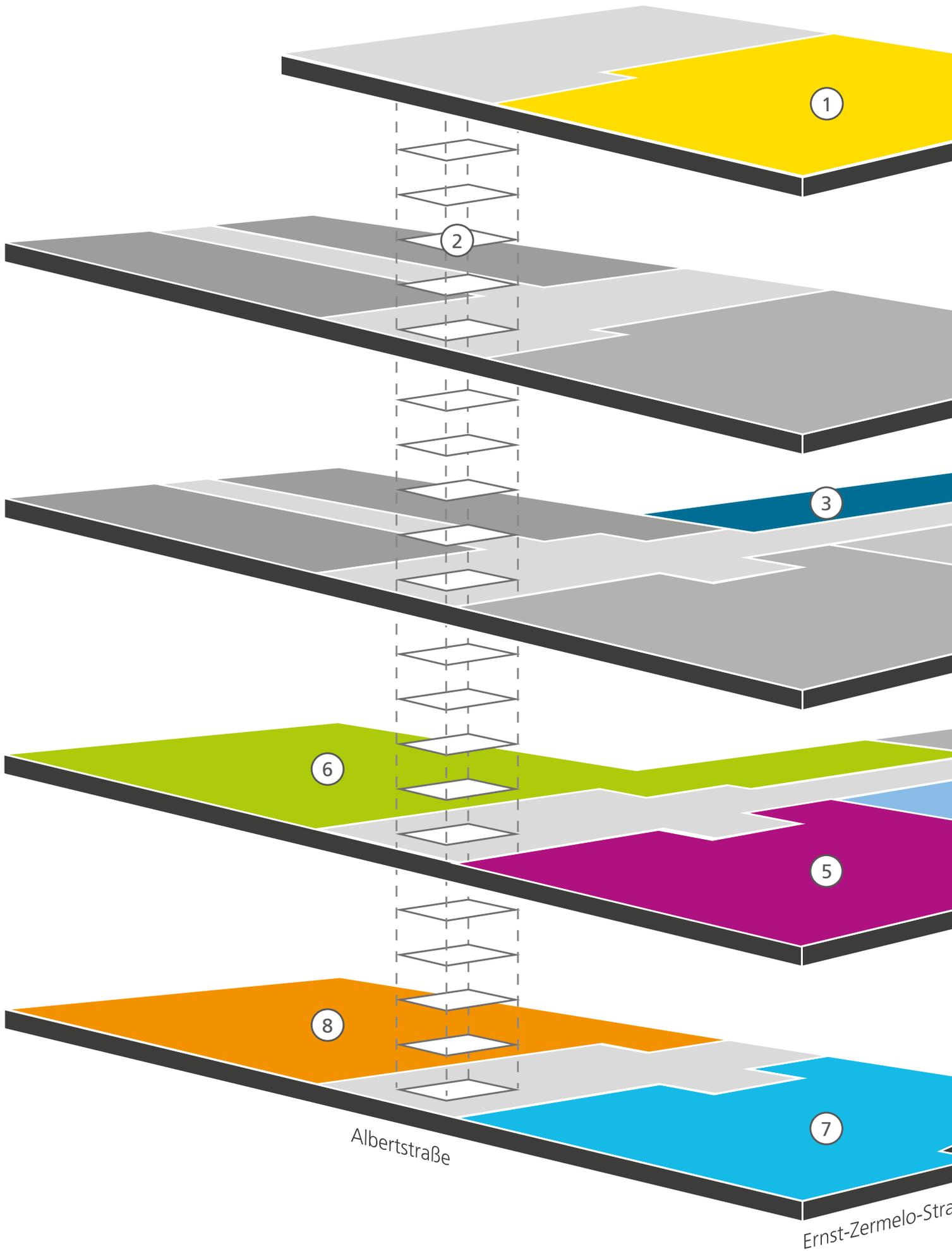
» Der Neubau bedeutet für mich drei Jahre anstrengende Arbeit. Gleichzeitig freue ich mich jedes Mal an den verwendeten Materialien. Es ist uns gelungen, ein Stück Baukultur im Institutsviertel zu platzieren, das man in Freiburg nicht an jeder Ecke sieht. «

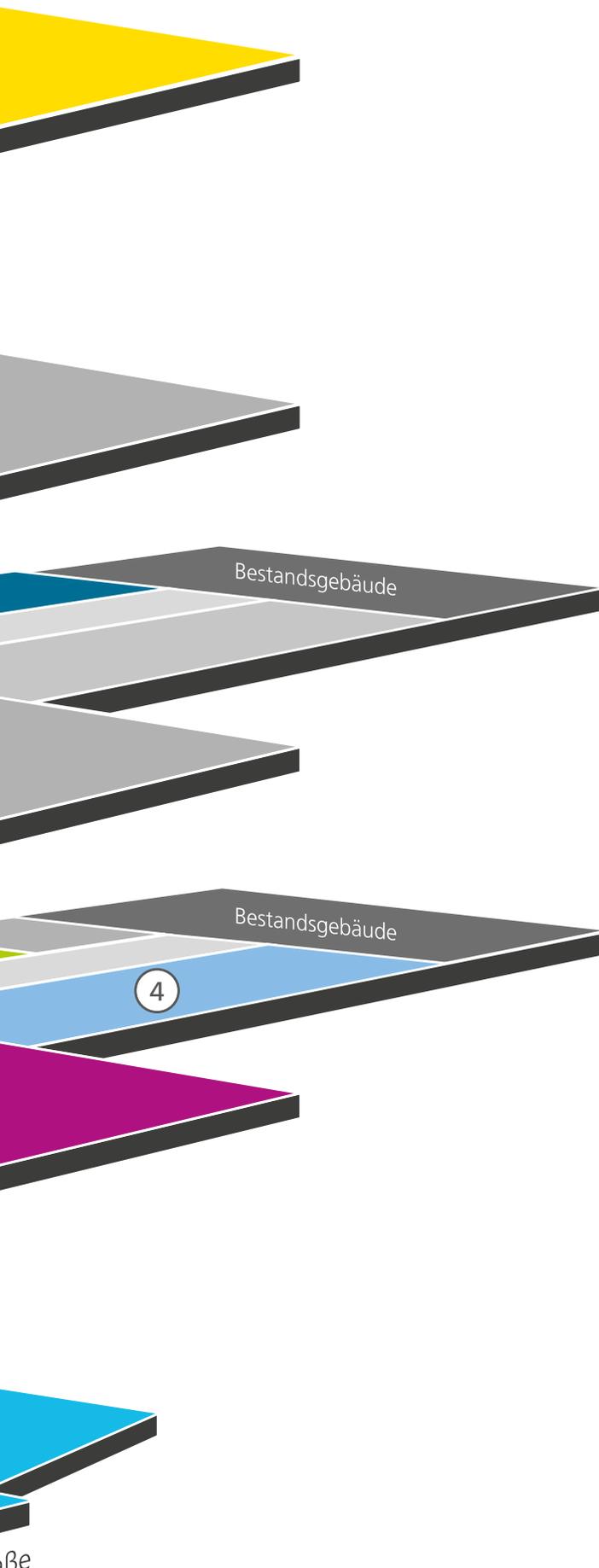
Christoph Reuthner, Baubeauftragter

» Die Bibliothek ist viel mehr als nur Bücherregale, sie ist ein Meeting Point und eine Art Multitaskingraum. Das kommt gut an. «

Johanna Holz, Bibliothek







① Institutsleitung

② Kunst am Bau

③ Bibliothek

④ Satellite Lab

⑤ Sensor Lab

⑥ Lasertechnologielabor

⑦ 3D-Drucklabor Metall
und Strukturwerkstoffe

⑧ Labor für
Multi-Material Design

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