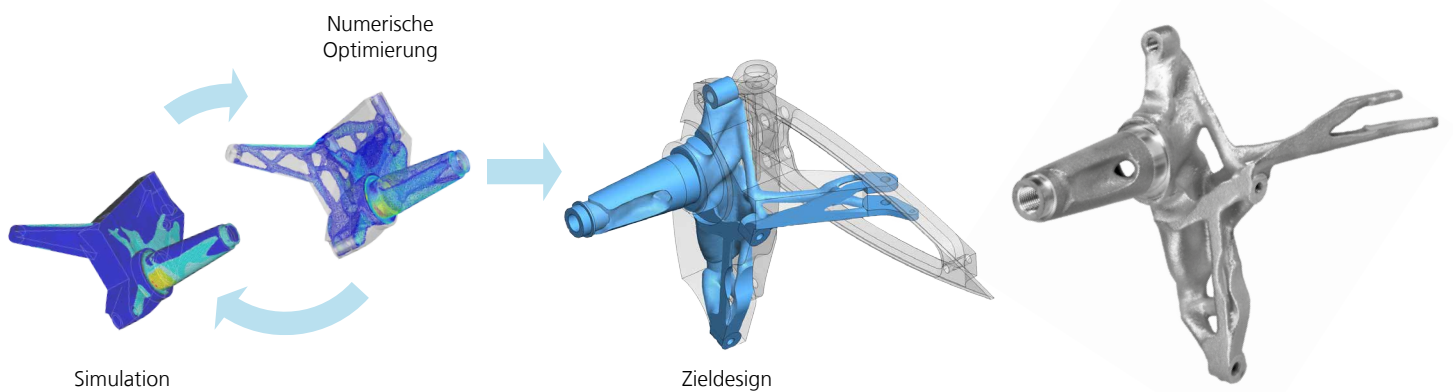




JAHRESBERICHT

2016/2017



*Strukturoptimierter Radträger: Design für Additive Manufacturing – Herstellung im 3D-Drucklaborzentrum Metall.
Mehr zu diesem Thema lesen Sie im Interview auf Seite 64.*

JAHRESBERICHT
2016/2017

»DIE KATASTROPHE BEHERRSCHBAR MACHEN«



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

Liebe Leserinnen und Leser,

mit dem Begriff Kurzzeitdynamik wurde vor Jahrzehnten eine Bezeichnung aus der Taufe gehoben, die den Aktivitäten des Fraunhofer EMI in einem einzelnen Ausdruck gerecht werden sollte. Schon damals sollten darunter militärischer Schutz und Wirkung verstanden werden, die Physik von Sprengstoffen und die Detonationswirkung genauso wie die Innen-, Außen- und Endballistik. Ein ganzes Spektrum physikalischer Phänomene, deren maßgebliche Prozesse sich irgendwo zwischen der Nanosekunde und der Millisekunde abspielen.

Schutz und Wirkung sind geblieben und werden am Fraunhofer EMI kontinuierlich weiter erforscht. Neue Aspekte sind hinzugekommen. Zum einen neue Untersuchungsmethoden. Die virtuelle Welt der numerischen Simulation zum Beispiel. Vertiefte Einblicke in hochdynamische Prozesse mittels Röntgenverfahren. Sowie ein weltweit einzigartiges Spektrum an Möglichkeiten zur dynamischen Materialprüfung.

Mit den neuen Methoden, unseren Kernkompetenzen und den sich verändernden Anforderungen in der Gesellschaft und der Welt der dynamischen Prozesse kamen neue Forschungsgebiete hinzu. Neue Geschäftsfelder mit Industriepartnern und Kunden, die für den Fraunhofer-Charakter des Instituts von existenzieller Bedeutung sind. Das Schutzbedürfnis der Raumfahrt mit und ohne Besatzung wie auch die Crashesicherheit im Straßenverkehr. Vogelschlag, Hagel und Blitzwirkung in der Luftfahrt. Und spätestens seit dem 11. September 2001 auch die zivile Sicherheitsforschung.

Aus der klassischen Sicherheitsforschung entwickelte sich ein Theoriegebäude, das mit Fug und Recht als neues Leitthema für das Fraunhofer EMI bezeichnet werden darf. Die Resilienz komplexer technischer Systeme. Es greift zurück auf die Definition der Psychologie, nach der ein

Mensch dann als resilient bezeichnet werden darf, wenn ihm nach widrigen Erfahrungen in frühen Lebensphasen trotzdem ein gelungenes Leben möglich wird. Aus gutem Grund greifen seither auch andere Disziplinen auf diesen Ansatz zurück, wenn es darum geht, den Fortbestand, die Überlebensfähigkeit oder die Zukunftsfähigkeit von Systemen zu bewerten. Dass sich in der Sicherheitsforschung nun auch Naturwissenschaftler und Ingenieure dieser Theorie bedienen, ist nur konsequent.

Wenn wir unsere hoch technisierte Umwelt betrachten, stellen wir zunehmende Komplexität und Anfälligkeit fest. Einhergehend mit einer steigenden Anzahl an Bedrohungen aus Natur, Terror sowie technischen und menschlichen Fehlern ist die Sicherheit der Gesellschaft somit einem wachsenden Risiko ausgesetzt. Klassische Ansätze versuchen, diesem Risiko mit Prävention und Schutzmauern zu begegnen, um das katastrophale Ereignis zu vermeiden. Resilienzforschung geht davon aus, dass das disruptive Ereignis, ein anderes Wort für Katastrophe, trotzdem eintritt. Allzu oft auf unerwartete Art und Weise. Deshalb sucht sie nach Möglichkeiten, so schnell und so gut wie möglich darauf reagieren zu können. Kaskadeneffekte vermeiden, Rettungskräfte zum Einsatz bringen, Versorgung und Kommunikation ermöglichen und den ursprünglichen Zustand wiederherstellen. Mit einem Satz: die Katastrophe beherrschbar machen.

Die Erforschung technischer Resilienz ist somit klassische Ingenieuraufgabe. Sie ist eine Erweiterung, kein Ersatz für die bekannte Sicherheitsforschung. Und im Fraunhofer EMI zielt sie ab auf das allen Geschäftsfeldern gemeinsame Ziel, dynamische Prozesse zu verstehen und sie beherrschbar zu machen. Deshalb »Resilient Dynamics«.

Im vorliegenden Jahresbericht versuchen wir, Ihnen unsere Themen, sortiert nach den Geschäftsfeldern Verteidigung, Sicherheit, Automotive, Raumfahrt und Luftfahrt, in Aus-

zügen näherzubringen. Mein herzlicher Dank gilt unseren Auftraggebern und Partnern. Besonders danke ich dem Bundesministerium der Verteidigung, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Land Baden-Württemberg.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!

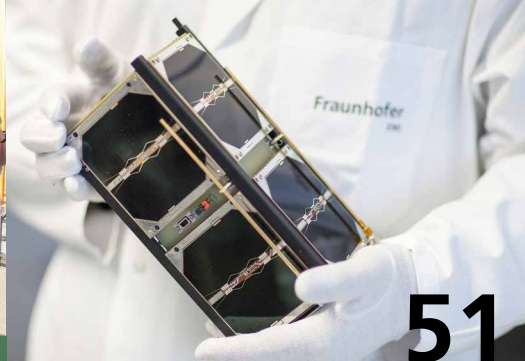
Ihr



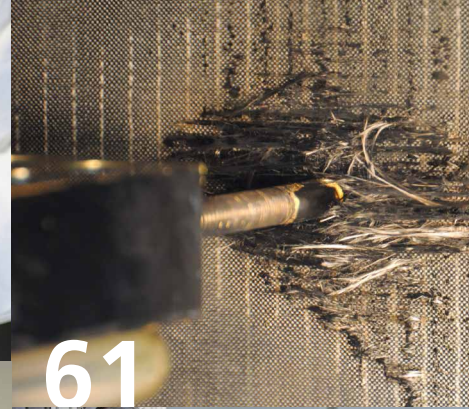
Stefan Hiermaier



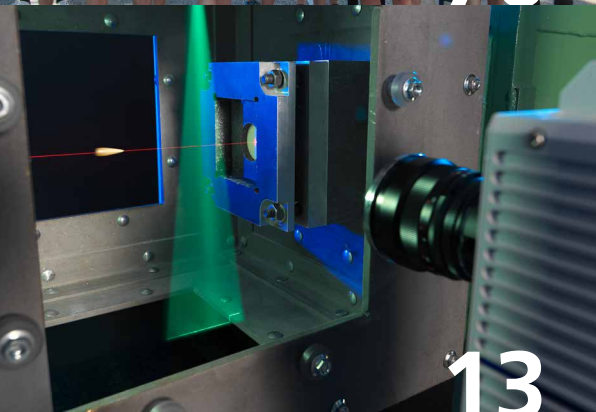
76



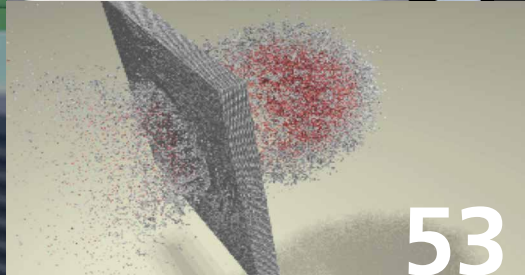
51



61



13



53



39

6 Im Gespräch mit Petra Groß, Verwaltungsleiterin am EMI

11 Geschäftsfeld Verteidigung

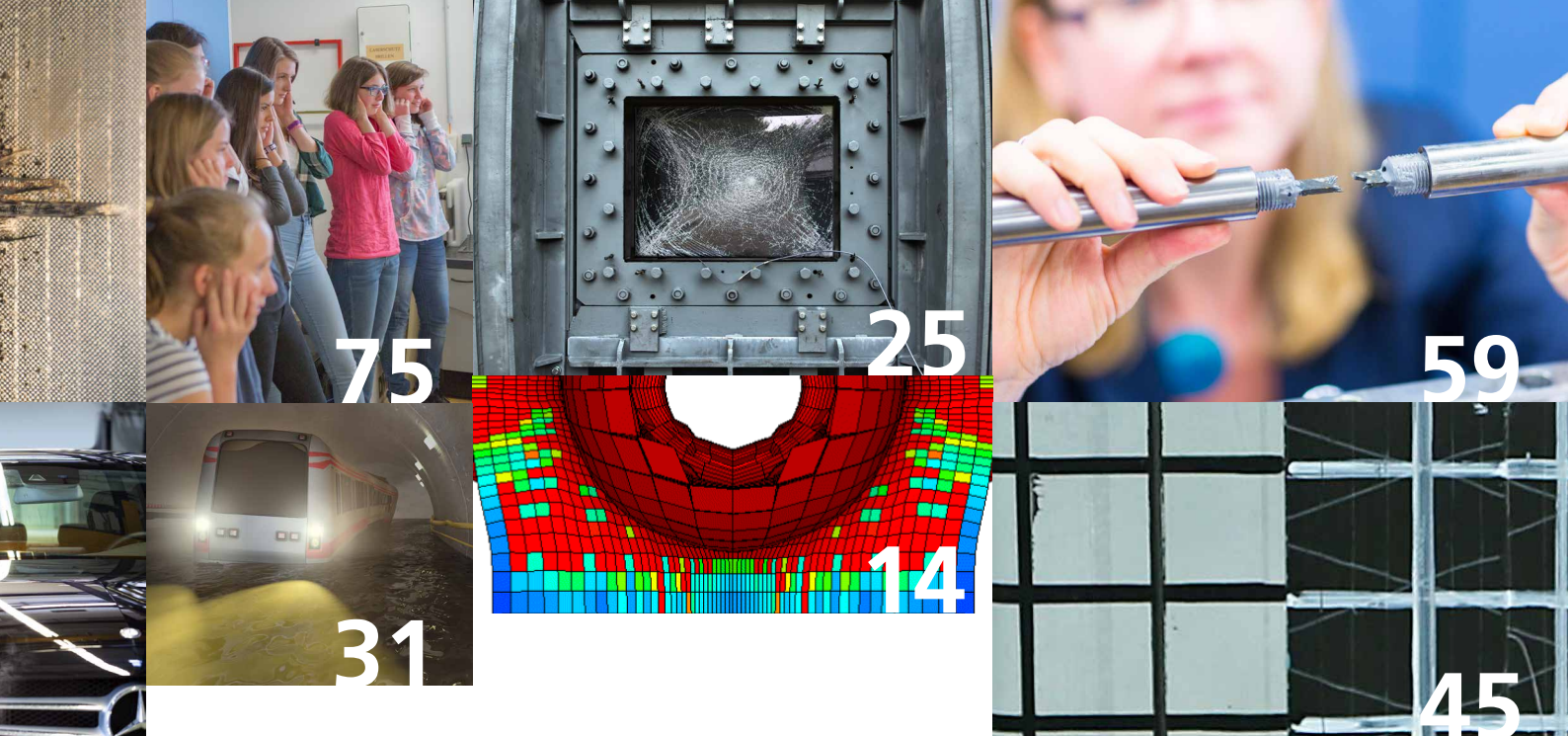
- 14 Validiertes und prognosefähiges Simulationsmodell für Penetrationsvorgänge in Lehmsteinwänden
- 16 Laser und Impact: neues Labor für Hochleistungslaseranwendungen
- 18 Invited Paper: »High-Speed Imaging of Impact Processes«
- 20 Forschung und Technologie für die Landstreitkräfte mit Zeithorizont 2030+
- 21 Das EMI ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Verteidigungs- und Sicherheitsforschung VVS
- 21 Fertigstellung des Freiflugkanals Ballistik am EMI-Standort Kandern
- 21 EMI-Softwaretool zur Planung sicherer Munitionslager

23 Geschäftsfeld Sicherheit

- 26 Analyse von Kaskadeneffekten in Versorgungsnetzen – Softwaretool CAESAR
- 28 Handgepäckscan am Flughafen: mehr Sicherheit und mehr Komfort
- 29 Mehr Sicherheit in der Stadt – Software VITRUV analysiert Risiken vorab
- 30 Neue Methode zur dreidimensionalen Verformungsmessung von Bauwerken bei Explosionsbelastung
- 31 Überwachung kritischer Infrastrukturen in Tunneln
- 32 EMI implementiert eine Scorecard zur Einschätzung der Resilienz kritischer Infrastrukturen
- 33 Gesamtschadensklassifizierung von Gebäuden nach Explosionsereignissen
- 34 11. Future Security – Sensorsysteme für Schutz und Sicherheit
- 34 Workshop Bau-Protect 2016 – Gefährdung, dynamische Analyse und Schutzkonzepte für Gebäude
- 34 Beiträge zur Anlagensicherheit auf der Loss Prevention 2016 in Freiburg
- 35 BAU 2017: Fraunhofer StadtLabor – mit Forschung und Entwicklung Lebensräume gestalten

37 Geschäftsfeld Automotive

- 40 Der Crashtest im Röntgenblick – Fraunhofer EMI röntgt Fahrzeuge beim Crash
- 42 Das Fraunhofer EMI prüft Batterien für Elektrofahrzeuge
- 43 EMI leistet Beiträge zur Sicherheit zukünftiger Fahrzeuge: Tech Center i-protect erfolgreich gestartet
- 44 Airbags – das EMI hält alle Fäden in der Hand
- 45 Hybride Materialsysteme: maßgeschneiderte Eigenschaften im kosteneffizienten Fahrzeugleichtbau
- 46 Charakterisierung und Modellierung einer Fahrzeugfelge unter crashrelevanten Bedingungen
- 47 EMI beim EARPA FORM Forum in Brüssel
- 47 Erfolgreicher Abschluss der Fraunhofer-WISA HORUS
- 47 Das EMI ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS



49 Geschäftsfeld Raumfahrt

- 52 Laser Light Sheet: Verfolgung von Kraterauswurf nach Hochgeschwindigkeitseinschlägen
- 53 Simulation von Fragmentierungsereignissen im Orbit
- 54 Missionsanalyse für eine Nanosatellitenmission
- 55 Das EMI ist Mitglied in der Fraunhofer-Allianz Space
- 55 Projektabschluss MEMIN
- 55 1. bis 4. Juni 2016: Erfolg auf der ILA Berlin Air Show
- 55 Software für optische Nutzlasten in Kleinsatelliten

57 Geschäftsfeld Luftfahrt

- 60 Gefahren für die Luftfahrt durch Hagelschlag – neue Untersuchungsmethoden am EMI
- 61 Blitzschlag auf CFK-Strukturen
- 62 Clean Sky 2: erste Ergebnisse der Fraunhofer-EMI-Projekte

63 Im Gespräch mit Dr. Matthias Wickert und Klaus Hoschke

- 64 Additive Design and Manufacturing – 3D-Druck als revolutionäre Fertigungstechnologie
- 67 Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

69 EMI-Mosaik

- 70 Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg
- 72 Institut für Nachhaltige Technische Systeme – INATECH
- 74 Girls' Day am Fraunhofer EMI
- 76 Besuch des Kiwanis-Clubs Badenweiler-Müllheim in Efringen-Kirchen
- 76 Sonne und Hitze schreckten nicht ab – beim B2Run errangen die EMI-Läufer Spitzenpositionen
- 77 Erster Azubi-Tag am Fraunhofer EMI – wertschätzend und interessant
- 77 Martin Schimmerohn hat seine Doktorarbeit über impaktinduzierte Effekte auf Solargeneratoren abgeschlossen

79 Das Institut im Profil

- 80 Ansprechpersonen
- 82 Zahlen und Fakten
- 83 Kuratorium
- 84 Die Fraunhofer-Gesellschaft

87 Publikationen, Wissenschaftlicher Austausch, Vorträge 2016/2017

»STÄRKUNG DES WIRGEFÜHLS DURCH IMPLEMENTIERUNG STANDORTÜBERGREIFENDER PROZESSE«

Sie sind jetzt seit 1. Oktober 2016 Verwaltungsleiterin des Fraunhofer EMI. Was hat Sie an der Stelle gereizt?

Groß: Gereizt haben mich vor allem die Vielfältigkeit des Aufgabenbereichs, die Verantwortung, sowohl kaufmännisch als auch organisatorisch, und die Gestaltungsmöglichkeiten, die diese Stelle bietet.

Was war Ihr erster Eindruck, als Sie hier anfangen?

Groß: Ich wurde sehr offen empfangen. Obwohl ich auf sehr viele Experten getroffen bin, hatte ich das Gefühl, dass alle froh waren, dass es wieder eine Verwaltungsleitung gibt, die die Fäden zusammenhält, einen Gesamtüberblick über die Verwaltung hat und sowohl die einzelnen Verwaltungsbereiche als auch die Standorte miteinander vernetzt.



1 Petra Groß, Verwaltungsleiterin am EMI, im Gespräch mit Birgit Bindnagel, EMI-Pressesprecherin.

Gab es etwas, womit Sie so nicht gerechnet hätten?

Groß: (Lacht) Ja! Die Masse der Aufgaben. Ich kannte das Gebiet der Verwaltungsdirektorin bereits von meiner früheren Funktion, aber das Themenfeld der Verwaltungs-

leitung bei Fraunhofer ist nochmal um einiges umfangreicher. Viele Gebiete laufen dank der erfahrenen Gruppenleitungen sehr gut, was auch daran liegt, dass viele Mitarbeitende schon Jahrzehnte bei Fraunhofer tätig sind. Dennoch muss ich mich mit vielen neuen Themen beschäftigen. Zudem ist die »Fraunhofer-Welt« neu für mich. Hier bedarf es einer intensiven Einarbeitung, um zu wissen, welche Erwartungen an die Verwaltungsleitung gestellt werden und welche Vorgaben, aber auch welche Gestaltungsspielräume gegeben sind.

Was unterscheidet die Tätigkeit am Fraunhofer EMI von Ihren bisherigen Tätigkeiten?

Groß: Verwaltungsleitung bei Fraunhofer zu sein bedeutet zum einen, in vielen Bereichen einiges selbst planen und organisieren zu können, zum anderen aber auch, auf die wertvolle Unterstützung der Zentrale und der Kolleginnen und Kollegen von anderen Instituten zurückgreifen zu können. Dies empfinde ich als sehr hilfreich.

Wie würden Sie die Tätigkeit als Verwaltungsleiterin in einem wissenschaftlichen Institut beschreiben?

Was gibt es für Unterschiede im Vergleich zu einem anderen Betrieb?

Groß: Die Position der Verwaltungsleitung in einem wissenschaftlichen Betrieb benötigt sehr viel Fingerspitzengefühl. Mein Ziel ist es, Verwaltung und Wissenschaft bestmöglich zu verzahnen und günstige Rahmenbedingungen für die Forschung zu bieten. Hierbei ist abzuwägen, welche Vorgaben zwingend gemacht werden müssen, aber auch welche Freiräume gegeben werden können, um den Spaß am Forschen nicht zu kurz kommen zu lassen. Man muss die Waage halten zwischen dem Druck, der auf der Wissenschaft lastet, sich zu finanzieren, und der nötigen Freiheit, Dinge auszuprobieren und in der Forschung neue Wege gehen zu können.

Die Stelle der Verwaltungsleiterin setzt voraus, dass man gut mit Zahlen umgehen kann. Waren Sie gut in Mathe?

Groß: Ja, ich war eigentlich sehr gut in Mathe. Das Matheabitur habe ich zwar in den Sand gesetzt (lacht), aber beim mündlichen Abitur konnte ich das wieder ausgleichen.

Wie sieht ein typischer Tagesablauf für Sie aus, oder gibt es diesen nach so kurzer Zeit noch gar nicht?

Groß: An wenigen Tagen in der Woche habe ich einen geregelten Tagesablauf: Am Morgen ist offene Tür für meine Mitarbeitenden, und am Nachmittag kann ich mich intensiv verschiedenen Themen widmen. Ich bin ein sehr strukturierter Mensch. Ich mache mir überall Listen; sei es privat, für meine Kinder und mich, oder sei es beruflich. Jeden Abend nehme ich mir zehn Minuten Zeit und halte fest, was ich am nächsten Tag erledigen möchte. Ich lege mir meine A-Ziele genau fest und versuche, diese zu schaffen. Außerdem habe ich noch einen Stapel mit Aufgaben, die ich machen kann, wenn ich noch ein bisschen Luft habe. Meistens gelingt mir das im Moment nicht. Aber gerade diese untypischen Tage reizen mich an dieser Funktion. Immer wieder neue Herausforderungen zu haben und diese auch oft kreativ meistern zu müssen.

Gibt es schon Bereiche, die Ihnen besonders am Herzen liegen oder Ihnen besonders wichtig sind?

Groß: Generell kann ich das noch nicht sagen, das verändert sich mit der Zeit. Am Anfang habe ich den Schwerpunkt darauf gelegt, die Strukturen kennenzulernen: Welche Bereiche gibt es am EMI, welcher Mitarbeitende ist wofür zuständig, was ist jetzt momentan ganz dringlich ... Erst wenn man analysiert hat, was es bereits gibt, was gut läuft und was vielleicht auch nicht so gut läuft, kann man darauf aufbauen und planen, was die nächsten Schritte wären. Die Schwerpunkte sind schon von der Funktion



2 »Mein Ziel ist es, Verwaltung und Wissenschaft bestmöglich zu verzahnen.«

als Verwaltungsleitung vorgegeben und beinhalten Personal, Finanzen und die allgemeine Organisation.

Alle reden vom Fachkräftemangel – haben Sie eine Strategie, wie es Ihnen gelingen kann, trotzdem die klugen Köpfe ans EMI zu bringen?

Groß: Ja, das macht sich bei uns stark bemerkbar, sowohl in Freiburg als auch nochmals stärker in den Außenstandorten Efringen-Kirchen und Kandern. Wir können immer nur betonen, was für gute Arbeit wir am EMI machen. Work-Life-Balance und Familienfreundlichkeit werden auch in Zukunft wichtige Themen bleiben, welche nicht nur für jüngere Mitarbeitende immer interessanter werden. Hier gibt es am EMI auch schon einige gute Angebote. Dennoch müssen wir an diesen Themen dranbleiben. Davon kann das EMI nur profitieren. Zum Beispiel ist die

Betreuung der Kinder während der Arbeitszeit ein wichtiger Aspekt. Das habe ich bei meinem vorherigen Arbeitgeber, dem Zentrum für Psychiatrie Emmendingen, ebenfalls festgestellt. Dort hatten wir aber noch keine Lösung gefunden, denn dieser Bereich ist zum einen sehr kostenintensiv, und zum anderen unterscheiden sich die Wünsche der Mitarbeitenden stark. Dennoch wird das Thema immer wichtiger und verlagert sich mittlerweile von den Müttern auch auf die Väter, was ich gut finde. Als Unternehmen muss man entsprechend reagieren. Was erfreulich ist: In Freiburg können wir den Mitarbeitenden diesen Service schon bieten. Für die Standorte Efringen-Kirchen und Kandern müssen wir noch an einem Angebot arbeiten.

Worin sehen Sie die großen Herausforderungen im Jahr 2017, für das EMI und auch für Sie selbst und Ihren Bereich?

Groß: Für mich persönlich hoffe ich, dass ich mich sowohl menschlich als auch fachlich weiterhin gut am EMI etabliere. Für das EMI wünsche ich mir, dass wir uns finanziell konsolidieren und dass das Wirgefühl gestärkt wird. Der Slogan »Wir schaffen das!« klingt vielleicht etwas abgenutzt, aber ich denke, das trifft es ganz gut. Wir müssen wieder zusammen mit positiver Einstellung überlegen, was unsere Stärken sind. Wir haben ganz tolle Mitarbeitende, die neue Ideen haben. Darauf müssen wir setzen und uns gegenseitig Schub geben. Außerdem wünsche ich mir, dass die standortübergreifenden Prozesse, die ich in Gang setze, bei den Mitarbeitenden ankommen und die einzelnen Standorte zusammenwachsen lassen.

Der Neubau soll im dritten Quartal bezogen werden, ist das realistisch?

Groß: Momentan schon; es läuft alles nach Zeitplan. Es gibt natürlich immer kleine Hemmnisse, aber es wurden genügend Puffer eingebaut, so dass der Zeitplan doch gut

eingehalten werden sollte. Ab Juli/August 2017 soll mit dem Umzug begonnen werden.

Wir haben aktuell eine Wissenschaftlerinnenquote von nur neun Prozent. Worin sehen Sie eine Chance, diese zu verbessern?

Groß: Hier sind verschiedene Kriterien relevant. Ein großer Wunsch von Wissenschaftlerinnen ist sicherlich die Teilzeitarbeit. Dem kommt man am EMI bereits in vermehrtem Maße nach. Hier wäre die Überlegung, Teilzeitarbeit auch in Führungsrollen zu ermöglichen oder Führungsrollen zu splitten, sinnvoll. Ein anderes großes Thema in diesem Kontext stellt mit Sicherheit auch das Home Office dar.

Sie sind die erste Abteilungsleiterin seit 1959, also überhaupt seit Bestehen des EMI. Wie fühlt sich das an?

Groß: (Erstaunt) Gut! (Lacht) Ich fühle mich wohl damit. Und auch die Männerriege ist für mich kein Problem. Ich glaube, es tut sogar ganz gut, dass eine Frau als Verwaltungsleiterin und somit auch als Abteilungsleiterin eingesetzt wurde. Das bringt nochmal eine andere Gesprächskultur und ein anderes Miteinander mit sich.

Wo sehen Sie das EMI in zehn Jahren? Welche Visionen haben Sie für das EMI?

Groß: Mein Ziel ist, dass ich weiter sehr gute Rahmenbedingungen und den Servicegedanken in der Verwaltung etablieren möchte, damit die Wissenschaftler dem Anspruch des EMI weiter gerecht werden können, den industriellen und öffentlichen Auftraggebern erstklassige Forschungsdienstleistungen und Spitzentechnologie in den Bereichen Verteidigung, Sicherheit, Automotive, Raumfahrt und Luftfahrt anzubieten. Ein immer zukunftsweisender Fokus liegt in diesen Geschäftsfeldern auf Lösungen für Sicherheit, Resilienz und Zuverlässigkeit. Für das Bundes-



3 »Wir schaffen das!«: Petra Groß geht ihre Aufgabe mit Fingerspitzengefühl und neuen Ideen an.

ministerium für Verteidigung soll das EMI weiterhin ein exzellenter und unabhängiger Partner für Analyse und Beratung in Forschung und Technologie sein. Ein Schwerpunkt unserer Personalarbeit wird auch sein, die besten Köpfe am EMI zu halten, neues gutes Personal zu akquirieren und das EMI auf dem Arbeitsmarkt als attraktiven Arbeitgeber mit sehr guter wissenschaftlicher Ausstattung und Forschungsfreiräumen zu etablieren.

Das klingt alles nach sehr viel Arbeit, nach einem sehr verantwortungsvollen und anstrengenden Job. Wo finden Sie den Ausgleich dafür?

Groß: Meinen Ausgleich finde ich bei meinen drei Männern; bei meinen zwei Söhnen und meinem Mann und bei meiner Familie generell. Da ist mein Job nicht von großem Interesse, sondern vielmehr, was es zu essen gibt oder wann die Wäsche gebügelt ist. Zu Hause werde ich wieder auf den Boden der Tatsachen zurückgeholt und kann die Verantwortung, die ich hier trage, für eine Zeit vergessen.

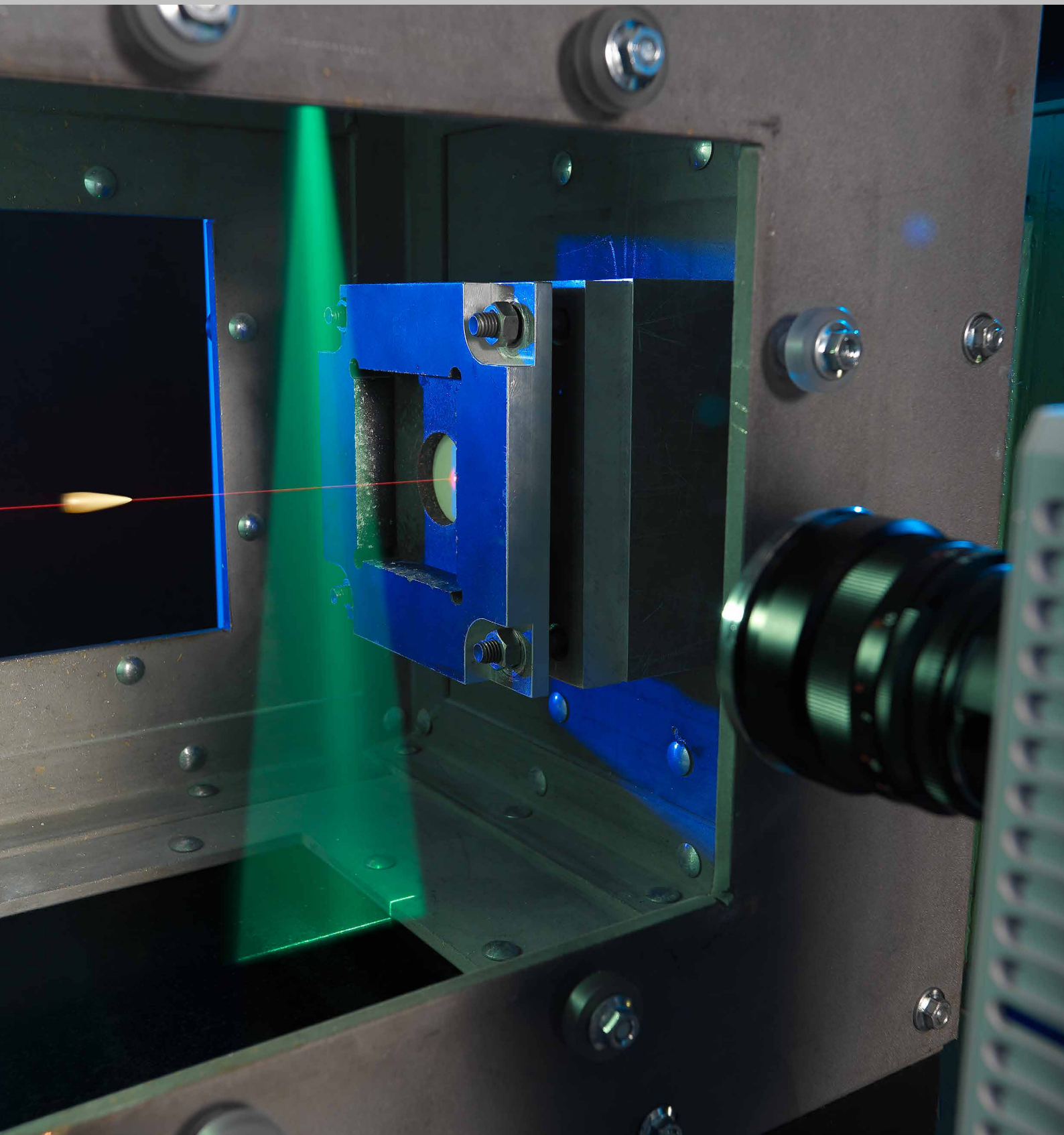
Kontakt

Petra Groß

Verwaltungsleiterin

petra.gross@emi.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD
VERTEIDIGUNG



GESCHÄFTSFELD VERTEIDIGUNG



Im Geschäftsfeld Verteidigung werden im Auftrag des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg), des Bundesamts für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBw), dessen nachgeordneten Dienststellen sowie der wehrtechnischen Industrie wissenschaftliche Fragestellungen beantwortet und anwendungsorientierte Lösungen für Heer, Luftwaffe und Marine entwickelt. Es verbindet heterogene Aufgabenstellungen aus den Themengebieten Schutz, Wirkung und Sicherheitsanalysen miteinander.

Im Hinblick auf aktuelle Einsatzgebiete der Bundeswehr wurde ein prognosefähiges Simulationsmodell für Lehmsteine validiert sowie das Planungstool für temporäre Munitionsfelddepots zur Nutzung bei der Planung und Überprüfung ortsfester Munitionslagereinrichtungen erweitert.

Um den rasanten Leistungssteigerungen auf dem Gebiet der Hochenergielaserentwicklung gerecht zu werden, wird ein Labor zur Untersuchung endballistischer Anwendungen eingerichtet. Weiterhin werden vom Gebrauch der Laser zur Entschärfung von Sprengsätzen in zivilen Umgebungen über den Einsatz bei der Materialbearbeitung bis hin zur Ad-hoc-Herstellung von Bauteilen und Strukturen mittels 3D-Drucks auf einer Lasersinteranlage alle Themengebiete abgedeckt.

Seinem wissenschaftlichen Anspruch kam das Geschäftsfeld durch zahlreiche Berichte, Vorträge und Veröffentlichungen sowie ein gemeinsam mit dem Förderkreis Deutsches Heer (FKH) organisiertes, hochkarätig besetztes Forschungs- und Technologiesymposium für die Landstreitkräfte nach. Weiterhin wurden die zum Teil weltweit einmaligen diagnostischen Möglichkeiten, die Impaktprozesse quantitativ beschreiben können, auf dem 31st International Congress on High-Speed Imaging and Photonics in Japan vorgestellt.



Dr. Manfred Salk

Geschäftsfeldleiter Verteidigung (bis Juni 2017)

Telefon 0761 2714-120

manfred.salk@emi.fraunhofer.de

Foto: Versuchsaufbau aus der Ballistik: Laserwirkung auf Projektile.

Validiertes und prognosefähiges Simulationsmodell für Penetrationsvorgänge in Lehmsteinwänden

Endballistische Forschung untersucht das Penetrationsverhalten von Projektilen in Werkstoffen. Dabei sind im Laufe vieler Jahrzehnte die auftretenden physikalischen Prozesse für unterschiedlichste Versuchsbedingungen und Parameterbereiche mit wissenschaftlichen Methoden untersucht und in der Regel auch in Modellbeschreibungen überführt worden. Im Ergebnis sind Penetrationsvorgänge von Projektilen in vielen Bereichen mit relativ hoher Genauigkeit vorhersagbar, insbesondere dort, wo klassische Schutzwerkstoffe wie etwa Panzerstähle betrachtet werden. Forschungsbedarf bestand in jüngerer Zeit jedoch hinsichtlich des ballistischen Antwortverhaltens von Bauwerkstoffen. Während beispielsweise Beton im Kontext ziviler Anwendungen, wie dem Schutz von Gebäuden oder Industrieanlagen gegen Bombenanschläge, bereits seit Längerem intensiv charakterisiert wird, haben die Einsätze der Bundeswehr ganz neue Fragen hinsichtlich der ballistischen Schutzwirkung von Gebäudeelementen und Bauwerkstoffen aufgeworfen. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise die Bewertung der Schutzwirkung von Mauerwerk von großem Interesse, um in den Einsatzgebieten Schutz von Zivilbevölkerung und eingesetzten Soldaten gewährleisten zu können. Ein Beispiel für einen in möglichen Einsatzgebieten der Bundeswehr verbreiteten Bauwerkstoff sind Lehmsteine (Abbildung 1). Diese zeigen trotz einer geringen Dichte von einem Gramm pro Kubikzentimeter bis zwei Gramm pro Kubikzentimeter und

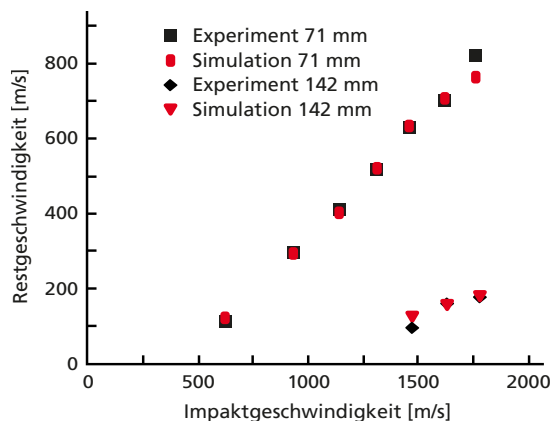
einer ebenfalls geringen Druckfestigkeit von typischerweise einem Megapascal bis fünf Megapascal ein sehr komplexes Verhalten gegenüber auftreffenden Projektilen, insbesondere hinsichtlich des Versagens und der Fragmentierung.

Um das Antwortverhalten von Lehmsteinwänden bei penetrierenden Impaktvorgängen verstehen und bewerten zu können, wird am Fraunhofer EMI ein wissenschaftlich fundierter Ansatz verfolgt. Dieser beruht auf der Entwicklung und Verwendung von Werkstoffmodellen für die Anwendung in numerischen Simulationsrechnungen. Laborversuche dienen dabei der Validierung der Simulationsmodelle, so dass auf deren Basis prognosefähige Simulationen möglich sind. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist auch, dass die für die verwendeten Modelle benötigten Materialparameter am Fraunhofer EMI mit quasistatischen und dynamischen Prüfverfahren gemessen werden können. Für den hier diskutierten Werkstoff hat sich dabei insbesondere gezeigt, dass es von zentraler Bedeutung ist, das Kompaktierungsverhalten, insbesondere den damit verbundenen Porenkollaps, mit hochdynamischen Versuchsmethoden wie Planarplattenimpaktversuchen grundlegend zu erfassen.

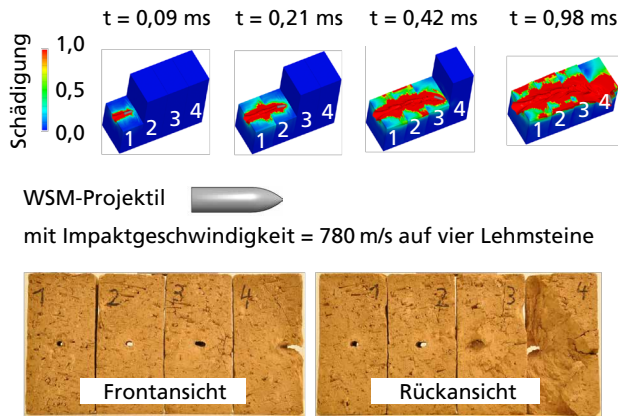
Ausgangspunkt für die Modellierung von Lehmsteinmaterial am Fraunhofer EMI war das RHT-Werkstoffmodell für Beton, das bereits vor etwa 15 Jahren im Rahmen einer Doktorarbeit am Institut entwickelt wurde und sich seitdem



1 Beispiel für Bauweise mit Lehmsteinen.
Foto: iStock.com/bradleyhebdon



2 Beispiel für Validierung der Simulation mittels Versuchsdaten.

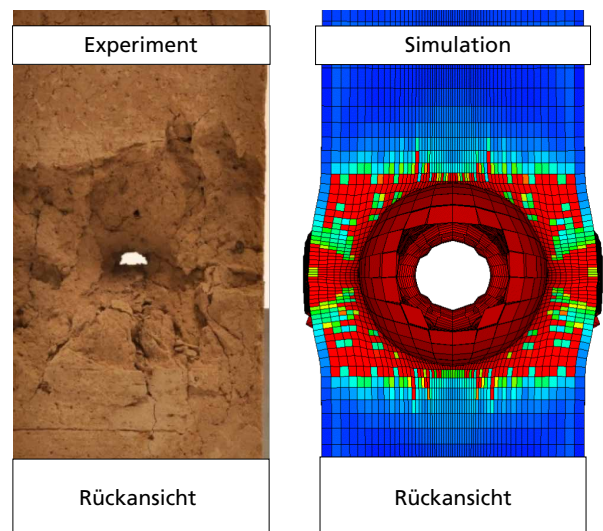


3 Exemplarische Anwendung des validierten Simulationsmodells für die Simulation der Projektilpenetration in einem vierlagigen Lehmsteinziel (oben) im Vergleich mit dem experimentellen Ergebnis. Man erkennt, dass der berechnete Austrittspunkt für das Projektil mit der Schädigung der Steine im Versuch sehr gut übereinstimmt.

als Standard für die Modellierung von Bauwerkstoffen unter großen Deformationsgeschwindigkeiten etabliert hat. Für Lehmstein wurde zunächst aus eigenen und der Literatur entnommenen Werkstoffuntersuchungen ein RHT-Modellparametersatz abgeleitet. Anschließend wurden Penetrationsvorgänge von Stahlkugeln bei unterschiedlichen Auftreffgeschwindigkeiten simuliert und mit dafür vorliegenden experimentellen Daten verglichen, so dass im Ergebnis ein validiertes Simulationsmodell für Lehmsteinmaterial abgeleitet werden konnte. Abbildung 2 zeigt exemplarisch den Vergleich von Experiment und Simulation anhand der Restgeschwindigkeiten von Stahlkugeln mit 13,5 Millimetern Durchmesser nach der Perforation von Lehmsteinzielen mit Dicken von 71 Millimetern und 142 Millimetern. Die beobachtete Übereinstimmung ist hervorragend. Auf Basis des validierten Modells sind nun vorhersagefähige Simulationen für die Penetration unterschiedlichster Projektile in Lehmsteinwände möglich.

Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 3 gezeigt: Aufgrund der speziellen Nasenform ist die Penetration des Projektils nicht stabil, so dass es innerhalb der Wand einer gekrümmten Trajektorie folgt. Man erkennt insbesondere, dass das Projektil, in der Simulation und im Experiment übereinstimmend, im vierten Stein seitlich austritt. Dieses in Experimenten beobachtete, sehr komplexe Penetrationsverhalten wird von der Simulation über einen großen Geschwindigkeitsbereich qualitativ und quantitativ wiedergegeben. Auch die Schädigung penetrierter Steine wird vom Modell passend vorhergesagt (Abbildung 4).

Das Fraunhofer EMI hat somit ein prognosefähiges Hydrocode-Simulationsmodell für Lehmsteinwände erstellt. Dies steht nun für Anwendungen im Rahmen von Forschungsprojekten und für Bewertungsfragen zur Verfügung. Somit kann das Penetrationsverhalten unter konkreten Bedingungen analysiert werden, das in der Gesamtheit empfindlich von Auftreffbedingungen und Werkstoffbeschaffenheit abhängt.



4 Beispiel für Schädigung eines perforierten Lehmsteins.

Ansprechpartner
Dr. Andreas Heine
 andreas.heine@emi.fraunhofer.de

Laser und Impact: neues Labor für Hochleistungs-laseranwendungen

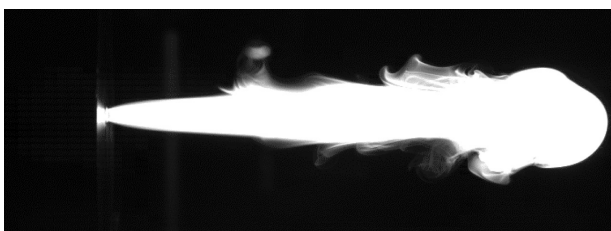
Fraunhofer EMI richtet derzeit ein neues Labor für Anwendungen in der Lasertechnologie mit leistungsstarken Lasern ein. Hier können neuartige Puls laseranwendungen sowie Dauerstrich laseranwendungen entwickelt und getestet werden. Hintergrund ist die dramatische Leistungssteigerung von kommerziell verfügbaren kompakten, diodengepumpten Lasern, insbesondere auch mechanisch sehr robusten und einfach einzusetzenden Faserlasern. So hat das Leistungsvermögen von Faserlasern seit dem Jahr 2000 um Größenordnungen zugenommen und liegt nun bei weit über zehn Kilowatt.

Daher hat sich der Einsatz von Lasern mit neuen Bearbeitungsverfahren, wie Lasercuttern zum Trennen von Werkstoffen oder dem Laserschweißen zum Verbinden von Werkstoffen, massiv ausgeweitet. Bei all diesen etablierten Formen der Materialbearbeitung wird der Laser auf kurze Entfernungen eingesetzt. Es sind jedoch Laserausführungen mit hoher Strahlqualität, insbesondere Single-Mode-Faserlaser, verfügbar, die einen Einsatz fokussierter Laserwirkung über große Entfernungen zulassen und somit neue Anwendungsweisen ermöglichen. So wurde am Fraunhofer EMI bereits im Rahmen des EU-Sicherheitsforschungsprojekts Encouter untersucht, ob auf Abstand eingesetzte Laserstrahlung geeignet ist, improvisierte Sprengsätze in zivilen Umgebungen neutralisieren zu können.

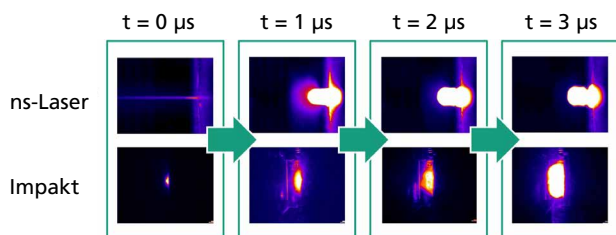
Im Jahr 2012 wurde am Fraunhofer EMI die Gruppe Lasertechnologie gegründet, um Anwendungsmöglichkeiten für solche Laser zu betrachten. Eine Anwendung stellt auch der 3D-Druck von metallischen Bauteilen dar, die mithilfe

sogenannter Lasersinteranlagen hergestellt werden und vom Fraunhofer EMI seit 2013 mitbetrachtet wurden. Dieses Thema hat in der Zwischenzeit eine derart große Nachfrage erfahren, dass zum 1. Januar 2017 aus der Gruppe Lasertechnologie eine zusätzliche Gruppe Additive Design and Manufacturing hervorgegangen ist, die ihre 3D-Druckanlagen in Zukunft in einem als 3D-Druckzentrum konzipierten Labor betreiben wird.

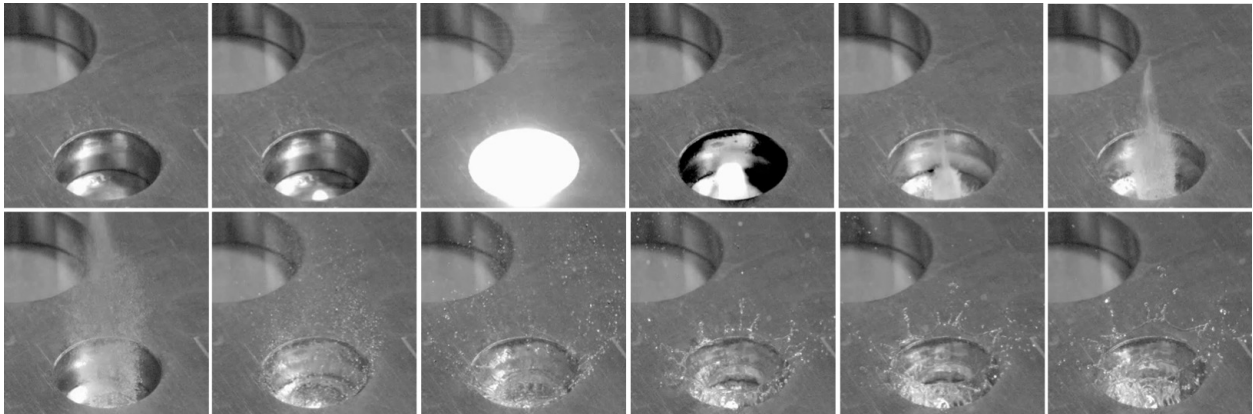
Demgegenüber ermöglicht das neue Hochleistungslaserlabor die Untersuchung zur Wechselwirkung von Laserstrahlung mit Werkstoffen und Materialien. In den Experimenten erfolgt mit dem Laserstrahl ein gerichteter Energieeintrag in das Target. Mit den verfügbaren leistungsstarken Dauerstrichlasern wird bei Bestrahlungsdauern in der Größenordnung von Sekunden ein Energieeintrag erreicht, der mit der kinetischen Energie von Projektilen vergleichbar ist, wie sie von Laborbeschleunigern im Institut bei einem Impact erreicht werden. Um zu verdeutlichen, dass eine derart intensive Einwirkung nicht mehr mit einem Laserpointer vergleichbar ist, der Material nicht verändert, kann stattdessen von einem »Laser-impact« gesprochen werden. Bei dem physikalischen Prozess ist jedoch zu beachten, dass mit Dauerstrichlasern zwar eine hohe Energie in ein Target eingekoppelt wird, jedoch kein Impulseintrag erfolgt, der sonst für die starken mechanischen Kräfte bei einem Projektilimpact verantwortlich ist. Der Laserstrahl trägt lediglich eine vergleichbar hohe Energiemenge als thermische Energie an der Grenzfläche zum Target ein. Je nach Targetmaterial setzen Prozesse wie Ablation, Wärmeleitung, Entfestigung, Aufschmelzen, chemische Reaktionen usw. ein.



1 Entstehung einer Plasmadampf wolke bei der Wirkung eines leistungsstarken Dauerstrichlasers auf eine Metallprobe.



2 Beobachtung der Bildung und Dynamik eines Plasmas durch einen Nanosekundenlaserpuls (oben) und Hypervelocity-Impakt (unten).



3 Wirkung eines Nanosekundenlaserpulses an der Grenzfläche zwischen einer Wasser- und Metallschicht.

Je nach Struktur und Aufbau des Targets kann über relativ lange Einwirkdauern bei Dauerstrichlasern ein komplexer Ablauf der Effekte resultieren. Damit ergeben sich auch qualitativ neue Herausforderungen an Modelle und Simulationen zur Beschreibung derartiger Prozesse.

Im Unterschied zu einem Impaktvorgang ist interessant, dass bei einem Dauerstrichlaserexperiment die Wechselwirkung mit dem Target die Energieeinkopplung bereits während der Bestrahlungsdauer beeinflussen kann. So kann es, wie in Abbildung 1 gezeigt, zur Bildung einer Plasmadampf- wolke an der Oberfläche des Targets kommen, die einen Teil des Laserstrahls absorbiert. Daher ist darauf zu achten, mit welchen Modellen der Energieeintrag zu beschreiben ist.

Bei Pulslasern nutzt man die Bildung einer Plasmadampf- wolke und die resultierenden Effekte bereits seit vielen Jahrzehnten experimentell, um Stoßwellen zu erzeugen. Häufig werden hierfür Laser mit Pulsdauern im Bereich von Nanosekunden eingesetzt. Der Energieeintrag erfolgt an der Oberfläche des Targets. Das Targetmaterial verdampft und wird in den Plasmazustand überführt, bei dem das Material in teilweise ionisiertem Zustand vorliegt. Es zeigt sich ein kurzes Plasmaleuchten, ähnlich wie das Leuchten eines Impaktplasmas, wie man es oft gut beim Hypervelocity-Impakt von Projektilen beobachten kann. In Abbildung 2 wird die Wirkung eines derartigen Laserpulses mit einem Impaktexperiment verglichen.

Ein nützliches Instrument für die wissenschaftliche Analyse dieser Prozesse ist die Messung des Zustands der freien Elektronen im Plasma. Am EMI war bereits für den

Hypervelocity-Impakt ein Beobachtungsansatz zur Messung von Elektronentemperatur und -dichte entwickelt worden. Dieses Experiment konnte erfolgreich auf die Vermessung von laserpuls-generiertem Plasma übertragen werden, wie von Dominic Heunoske beim 11th International High Power Laser Ablation and Directed Energy Symposium, Santa Fe, USA, im April 2016 vorgetragen wurde.

Wie sehr eine Laserpulswirkung einer Impaktwirkung ähneln kann, wird auch in einem Versuch deutlich, in dem die Laserstrahlung in die Grenzschicht zwischen dem Medium Wasser und einem Metall eingekoppelt wurde, (vergleiche Abbildung 3). Allgemein können Puls-laser eingesetzt werden, um in Laserstoßwellenexperimenten das Verhalten von Materialien bei hohen dynamischen Kompressionslasten zu untersuchen. Am Fraunhofer EMI wurden bereits erste Versuche durchgeführt, wie auch Dauerstrichhochleistungslaser in neuen interdisziplinären Forschungsansätzen zur Charakterisierung von transienten und damit nur sehr eingeschränkt zugänglichen Schmelz- vorgängen eingesetzt werden können.



Ansprechpartner
Dr. Jens Osterholz

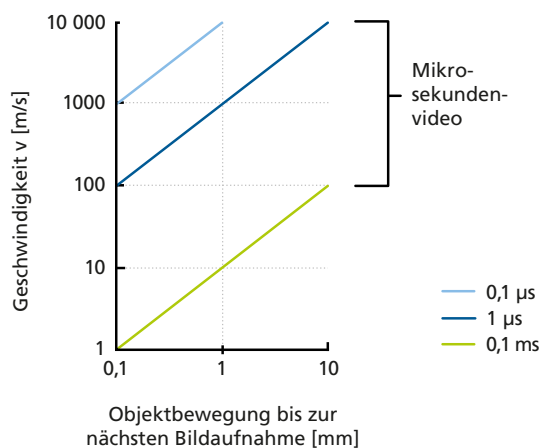
jens.osterholz@emi.fraunhofer.de

Invited Paper: »High-Speed Imaging of Impact Processes«

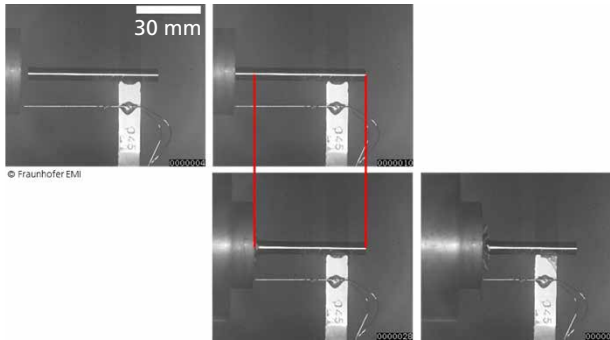
Über den Einsatz von Hochgeschwindigkeitskameras in Kombination mit Röntgendiagnostik für die Untersuchung von Impaktvorgängen wurde im Rahmen eines Invited Paper beim 31st International Congress on High-Speed Imaging and Photonics am 7. November 2016 in Osaka, Japan, ein Review vorgetragen. Die Visualisierung kurzzeitdynamischer Vorgänge auf dem neuesten Stand der Technik ist seit Bestehen des Instituts eine zentrale Kompetenz des Fraunhofer EMI. Viele Forschungsprojekte zeigen die dramatische Weiterentwicklung der digitalen Hochgeschwindigkeitsvideografie seit dem Jahr 2000, insbesondere wird diese in der heute kommerziell verfügbaren Mikrosekundenvideografie deutlich.

Selbst bei einer Impaktgeschwindigkeit von 1000 Metern pro Sekunde ist die Auflösung so hoch, dass sich das beobachtete Objekt im Intervall zum nächsten Bild nur einen Millimeter weit bewegt – bei neuesten Kameraausführungen sogar nur 0,1 Millimeter (Abbildung 1). Wie mit geeigneter Aufnahmetriggerung Konsequenzen von Wellenphänomenen in Festkörpern beobachtet werden können, zeigt Abbildung 2: Der Metallstab scheint nach Impakt eines Metallzylinders noch 18 Mikrosekunden lang zu ruhen. Abbildung 3 verdeutlicht das hohe plastische Wiedergabepotenzial der Kameras. Die Daten aus der Aufnahme werden mit denen aus der Röntgendiagnostik verglichen. Dieser komplementäre röntgendiagnostische

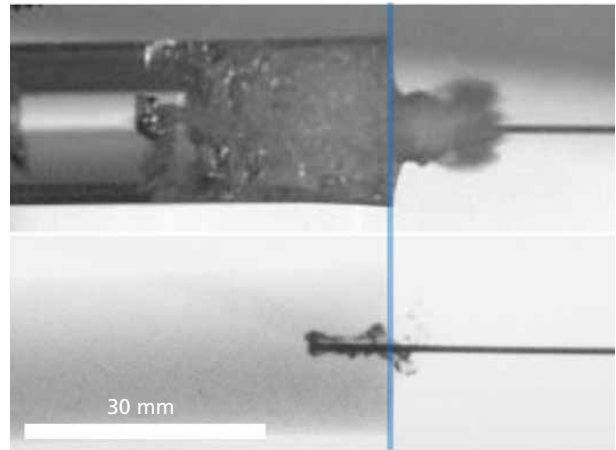
Ansatz soll im Institut weiterentwickelt werden, um das Versagen von Materialien und Strukturen in Zukunft noch genauer charakterisieren zu können. Das Paper wurde in der SPIE Digital Library veröffentlicht (siehe Anhang).



1 Bei einem zeitlichen Abstand von 0,1 Mikrosekunden zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bildern einer Hochgeschwindigkeitsvideoaufnahme bewegt sich ein Objekt selbst bei einer Geschwindigkeit von 10 000 Metern pro Sekunde nur um einen Millimeter von Bild zu Bild weiter. Liegt der kleinstmögliche zeitliche Abstand dagegen bei 0,1 Millisekunden, löst die Videokamera nur Geschwindigkeiten bis zehn Meter pro Sekunde mit so geringen Objektbewegungen auf.



2 Mikrosekundenvideo eines Taylor-Impakttests bei einer Geschwindigkeit von 494 Metern pro Sekunde. Verglichen werden die Position der Übergangsebene zwischen dem zylindrischen Impaktor und dem ruhenden Metallstab bei zehn Mikrosekunden und 28 Mikrosekunden nach dem Start der Videoaufnahme.



3 Einzelbild aus einer Mikrosekundenvideoaufnahme, die die zeitliche Entwicklung der Schädigungszone beim Eindringen eines ruhenden Ein-Millimeter-Goldstabs in einen mit 900 Metern pro Sekunde impaktierenden Glaszylinder zeigt (oben). Der Prozess kann aufgrund hoher Bildschärfe genau aufgelöst und wegen der komplementär eingesetzten Röntgendiagnostik (unten) mit der tatsächlichen Eindringtiefe des Goldstabs im Glas verglichen werden.



Ansprechpartner

Dr. Matthias Wickert

matthias.wickert@emi.fraunhofer.de

Forschung und Technologie für die Landstreitkräfte mit Zeithorizont 2030+

Begeisterte Teilnehmer und zufriedene Veranstalter ließen das gemeinsam mit dem Förderkreis Deutsches Heer e. V. (FKH) veranstaltete Symposium am EMI zu einem echten Event werden. Die mit rund 120 hochrangigen Teilnehmenden aus Ministerium, Amt, Forschung und wehrtechnischer Industrie gut besuchte Veranstaltung fand am 11. und 12. Oktober 2016 unter dem Motto »Forschung und Technologie für die Landstreitkräfte mit Zeithorizont 2030+« statt. Generalleutnant a. D. Roland Kather, Präsident des FKH, führte die Teilnehmer durch ein hochkarätiges Vortragsprogramm mit exzellenten Beiträgen und betonte in seinem Fazit, dass erfolgreiche und innovative wehrtechnische Forschung der Schlüssel für die Zukunftsfähigkeit der Streitkräfte sei und nur durch enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Institutionen sowie durch einen adäquaten finanziellen Einsatz erreicht werden könne.

Die Weichenstellung für die Veranstaltung glückte durch eine vorausgehende Exkursion der Teilnehmer zur Besichtigung der experimentellen Einrichtungen und Labors am Institutsstandort in Efringen-Kirchen.

Der Abteilungsleiter Planung im Bundesministerium der Verteidigung eröffnete danach mit einem Vortrag zu Überlegungen und Forderungen zur »Aufgabenorientierten Ausstattung« der Streitkräfte. Er betonte, dass »durch neue und komplexere Einsatzszenarien die Anforderungen an eine technologisch angemessene und geeignete Ausrüstung heute und zukünftig deutlich über die bisherige Ausstattung hinausgehen«. Die nachfolgenden Beiträge

erweiterten den thematischen Fokus auf die Bündnisebene der Europäischen Verteidigungsagentur (European Defence Agency, EDA) und zeigten auf, dass die Institute und die wehrtechnische Industrie Deutschlands (noch) über die entscheidenden Kompetenzen verfügen, um die unerlässlichen Forschungsleistungen zu erbringen.



1 Hochkarätig besetzter Vortragsteil in Freiburg.



2 Gute Stimmung bei der vorausgehenden Exkursion in Efringen-Kirchen.



Ansprechpartner
Dr. Manfred Salk

manfred.salk@emi.fraunhofer.de

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

In Zeiten gesellschaftlicher und politischer Turbulenzen ist Sicherheit ein Zukunftsmarkt mit enormem Wachstumspotenzial. Moderne Technologien, Produkte und Dienstleistungen sind gefragt wie nie zuvor. Wohlstand und Wachstum unserer Industriegesellschaften sind abhängig von global vernetzten kritischen Infrastrukturen, deren Störung oder Zerstörung unkalkulierbare ökonomische und gesellschaftliche Folgeschäden haben können.

Schwindende Grenzen zwischen innerer und äußerer, zwischen öffentlicher und privater Sicherheit stellen unsere für die Sicherheit verantwortlichen staatlichen Institutionen vor bisher ungekannte Herausforderungen: International agierender Terrorismus, transnational organisierte Kriminalität sowie teils globale Auswirkungen lokaler Naturkatastrophen und Großunfälle sind Beispiele dafür.

Um die Vielzahl an möglichen Gefahren frühzeitig zu erkennen und möglichst zu vermeiden und um die Folgeschäden nach deren Eintritt zu minimieren, werden innerhalb des Fraunhofer-Verbunds Verteidigungs- und Sicherheitsforschung umfassende technologische Sicherheitslösungen und begleitende methodische, prozessuale und taktische Konzepte entwickelt.



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

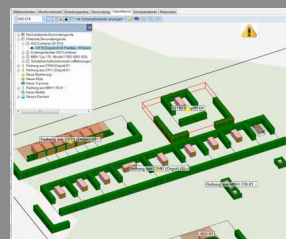
Fertigstellung des Freiflugkanals Ballistik am EMI-Standort Kandern

Im Februar 2016 wurde der Versuchsbetrieb im neu errichteten Freiflugkanal am EMI in Kandern aufgenommen. Hierbei handelt es sich um eine Mehrzweckanlage für hochinstrumentierte Spreng- und Beschussversuche. Es stehen umfangreiche messtechnische Zugänge für Röntgenblitzanlagen, High-Speed-Videokameras und andere Kurzzeitdiagnostik zur Verfügung. Die maximale Sprengstoffmasse beträgt ein Kilogramm TNT. In Kombination mit dem bestehenden »Blastlab« kann eine Schussdistanz von 35 Metern realisiert werden. Einsatzgebiete sind,

EMI-Softwaretool zur Planung sicherer Munitionslager

Einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit von Munitionslagereinrichtungen liefert deren vorschriftsgemäße, stringente und reproduzierbare Planung. Die am EMI entwickelte Anwendersoftware »Ammunition Storage and Site Planning Tool« (ASASP) unterstützt die sichere und effiziente Planung von Munitionslagereinrichtungen der deutschen Bundeswehr durch einen geleiteten Planungsprozess, innerhalb dessen in jedem Planungsschritt die Einhaltung der gültigen Vorschriften und notwendigen Schutzabstände überprüft wird. Aktuell ermöglicht ASASP die Planung von Munitionsfelddepots im Einsatz und wird nun weiterentwickelt zur Nutzung bei der Planung und Überprüfung von ortsfesten Munitionslagereinrichtungen im Inland.

Weitere Informationen erhalten Sie von
Dr. Malte von Ramin
malte.von.ramin@emi.fraunhofer.de



Planung des Depotlay-
outs mit ASASP.

neben Sprengversuchen, Untersuchungen zur Abgangsbal-
listik von klein- und mittelkalibrigen Systemen.



Freiflugkanal am
EMI-Standort Kandern.

GESCHÄFTSFELD
SICHERHEIT



GESCHÄFTSFELD SICHERHEIT



Die Anschläge von Paris, Brüssel und in Deutschland haben auf bedauerliche Weise gezeigt, dass terroristische Angriffe auch in Mitteleuropa eine reale Bedrohung der Bevölkerung darstellen.

Dies unterstreicht die Notwendigkeit von Maßnahmen, die den Schutz unserer Gesellschaft, ihrer Infrastrukturen, Güter und Anlagen und natürlich der Bürgerinnen und Bürger bestmöglich zu gewährleisten suchen.

Der Fokus liegt vor allen Dingen darauf, solche Anschläge durch entsprechende präventive Maßnahmen staatlicher Behörden zu verhindern. Auch wenn dies sicherlich eine der zentralsten Maßnahmen zur Steigerung der Sicherheit darstellt, kann dies dennoch keine vollständige Sicherheit garantieren. Deswegen kann an dieser Stelle die verantwortungsvolle Verwendung einer im Vorfeld durchgeführten quantitativen Risikoanalyse zusammen mit daran abgeleiteten Maßnahmen zum baulichen Schutz signifikant helfen, die Konsequenzen zu reduzieren, um somit Anlagen, Güter und Menschen erfolgreich zu schützen.

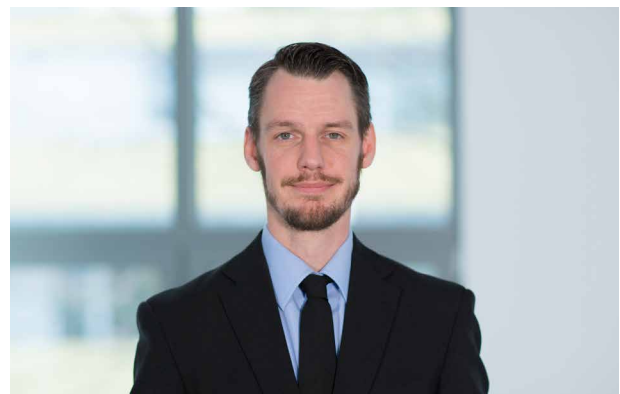
Der moderne bauliche Schutz dient dem Schutz der Bevölkerung und deren Sachwerte sowie dem Schutz kritischer Infrastrukturen und historischer Kulturgüter. Dabei ist der bauliche Schutz nicht als isoliertes Element zu sehen, sondern als Teil einer ganzheitlichen Sicherheitsplanung und Umsetzung. Während bereits technische Lösungen für viele Problemstellungen erzielt werden konnten, stellen die Sensibilisierung gegenüber den Gefährdungen, die Akzeptanz der Lösungen und die Bewertung der Effizienzsteigerung

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

weiterhin eine Herausforderung dar. Zudem wird in den Sicherheitsbetrachtungen immer mehr das Konzept der Resilienz als Leitmotiv verfolgt, welches sich in der Anwendung als Resilience Engineering manifestiert. Als zentrale Aufgabe erforscht das Geschäftsfeld, wie die Implementierung einer physikalischen Resilienz als eine interessante Erweiterung der etablierten Sicherheitsarchitekturen interdisziplinär aufgegriffen werden kann.

Hierdurch sollen die Entscheidungsträger im Bereich der Sicherheit als auch die direkt am Bau Beteiligten umfassend und anwendungsbezogen über die Risiken, die technischen und organisatorischen Möglichkeiten, deren Performanz und die damit verbundenen Kosten-Nutzen-Effekte eines Sicherheitskonzepts und einer baulich-technischen Umsetzung informiert werden.

Die im Folgenden aufgeführten Themenbeispiele geben einen Einblick in die auf den verschiedenen Ebenen erzielbaren Ergebnisse, die in ihrer Gesamtheit einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Sicherheit der Gesellschaft darstellen.

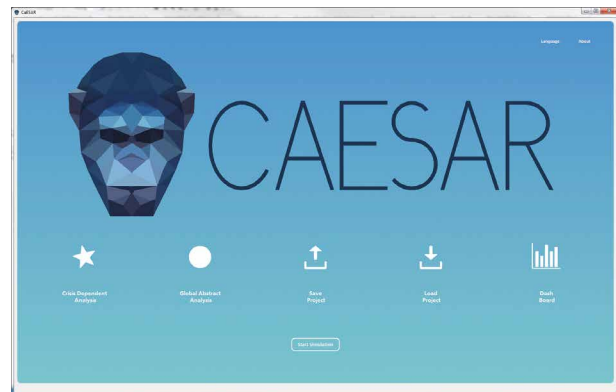


Dr. Alexander Stolz

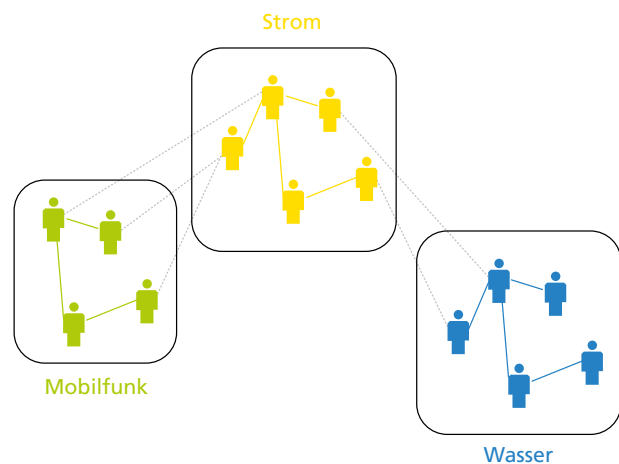
Geschäftsfeldleiter Sicherheit
Telefon 07628 9050-646
alexander.stolz@emi.fraunhofer.de

Analyse von Kaskadeneffekten in Versorgungsnetzen – Softwaretool CAESAR

Moderne Versorgungsnetze sind hochkomplexe Systeme, die starke Abhängigkeiten von anderen (kritischen) Infrastrukturen aufweisen. Störungen in diesen Netzen können vielfältige Auswirkungen nach sich ziehen. Beispielsweise können Stromausfälle zu Problemen im Kommunikationsnetz oder der Wasserversorgung führen. Das Entstehen eines Vorfalls als Folge eines anderen nennt man Kaskadeneffekt. Vor allem bei Naturkatastrophen können Kaskadeneffekte zu verheerenden Folgen für die Bevölkerung führen. Das Verständnis von Kaskadeneffekten in Versorgungsnetzen ist daher essenziell, um deren Folgen bei Naturkatastrophen minimieren zu können. Am Fraunhofer EMI werden Kaskadeneffekte in Versorgungsnetzen und Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Infrastrukturnetzen simulativ analysiert. Im Rahmen des Projekts »Snowball« haben die EMI-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das Softwaretool CAESAR (Cascading Effect Simulation in Urban Areas to Assess and Increase Resilience) entwickelt (Abbildung 1). Ziel von CAESAR ist es, durch ein gesteigertes Verständnis von Kaskadeneffekten Vorschläge für eine robustere, gekoppelte Infrastruktur zu liefern und so die Folgen von Ausfällen zu verringern. CAESAR kann verschiedene, voneinander abhängige Infrastrukturnetze (wie Stromnetz, Wassernetz, Mobilfunknetz) in einer Computersimulation einer fiktiven Naturkatastrophe aussetzen. Die Software CAESAR schätzt dabei den ersten Schaden ab, der durch die Naturkatastrophe verursacht wird (beispielsweise das Umknicken eines Strommasts). Die Simulation propagiert im Anschluss den Schaden durch die Versorgungsnetze. Hierbei werden zwei Arten von Kaskadeneffekten betrachtet: die Weitergabe des Ausfalls innerhalb desselben Netzes (Umknicken eines Strommasts führt zur Unterbrechung der Stromversorgung eines Umspannwerks) und die Weitergabe eines Ausfalls über eine Versorgungsnetzgrenze hinaus (Ausfall der Stromversorgung führt zu Ausfall einer Mobilfunkbasisstation). Basierend auf dieser Simulation werden neu entwickelte Methoden zur Resilienzsteigerung von Versorgungsnetzen angewandt. CAESAR schlägt mit dieser Methodik Strategien vor, um die Auswirkungen von Kaskadeneffekten insbesondere auf abhängige kritische Infrastrukturen zu verringern. Die Ergebnisse werden durch ein Geoinformationssystem (GIS) auf einer Website dargestellt.



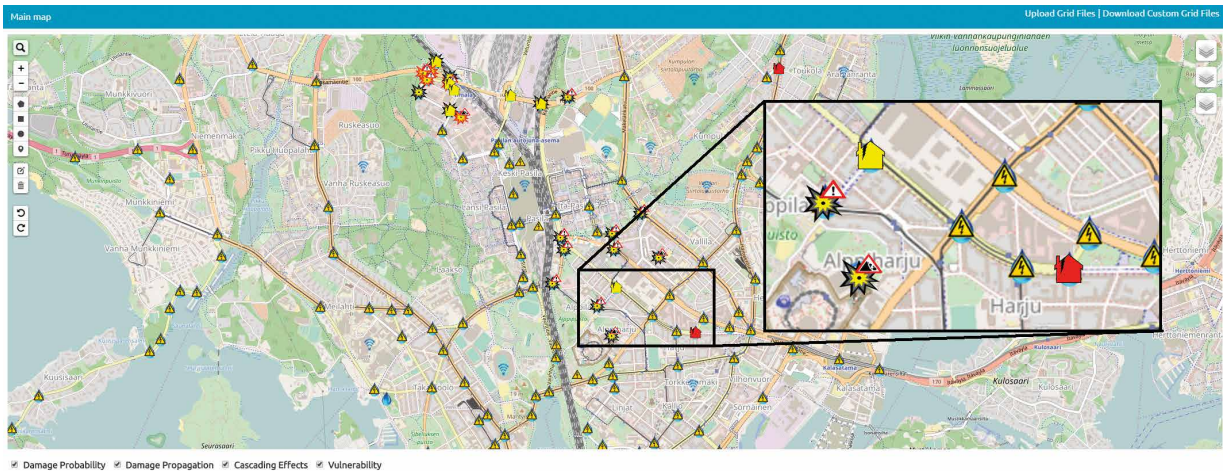
1 Softwaretool CAESAR.



2 Beispiel des Multiagentensystems für voneinander abhängige Infrastrukturen. Jede Infrastruktur wird durch verschiedene Agenten modelliert, die miteinander kommunizieren und Ausfälle weitergeben können. Zwischen den Infrastrukturen können Ausfälle durch wahrscheinlichkeitsbasierte Verbindungen (grau) weitergeleitet werden.

Berechnung der Resilienz

Für die Simulation von Netzabhängigkeiten werden entsprechende Methoden benötigt. Zu nennen ist hier die Modellierung mittels eines Multiagentensystems, welches die verschiedenen Infrastrukturnetze (Strom, Wasser, Mobilfunk) beinhaltet. Physikalischen Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Infrastrukturen werden durch Wahrscheinlichkeiten abgebildet (Abbildung 2). Durch diese Abhängigkeiten kann simulativ errechnet werden, inwiefern beispielsweise Stromausfälle Einfluss auf die Funktionalität des Wasser- und Mobilfunknetzes in konkreten Szenarien haben. Um diese infrastrukturübergreifenden Ausfälle abzumildern beziehungsweise zu verringern,



3 Beispiel für ein Ergebnis des Softwaretools CAESAR, visualisiert auf einer Website durch ein Geoinformationssystem (GIS).

wurden Methoden zur Identifizierung von Schwachstellen entwickelt. Sie basieren zum einen auf einer Analyse der Netzstruktur und zum anderen auf der simulativen Abschätzung des Ausfallausmaßes. Damit bestimmt CAESAR Teile der Infrastrukturen, die entscheidend zu den Kaskadeneffekten beitragen. Basierend auf den zuvor bestimmten kritischen Teilen der Infrastruktur stellt CAESAR dann Strategien zur Steigerung der Robustheit gegen Kaskadeneffekte zur Verfügung. Die Basis hierzu bilden Maße, welche die Resilienz von gekoppelten Infrastrukturen gegenüber Kaskadeneffekten erfassen. Diese Resilienzmaße spiegeln mögliche Auswirkungen von Funktionalitätsverlusten durch Netzausfälle sowie die Möglichkeit zur Wiederherstellung der vollen Funktionsfähigkeit wider. So kann das Softwaretool bestimmen, wie resilient die gekoppelten Infrastrukturen gegenüber Naturkatastrophen sind. Damit werden Strategien angeboten, die zu einer bestmöglichen Steigerung der Resilienz gegenüber Kaskadeneffekten führen.

Ergebnisse der Berechnungen durch CAESAR

CAESAR stellt die ermittelten Berechnungsergebnisse auf einer Website in einem GIS dar (Abbildung 3). Darin ist zu erkennen, welche Teile einer Infrastruktur ausgefallen sind. Darüber hinaus wird über verschiedene Symbole visualisiert, an welchen Infrastrukturteilen ein Ausfall an eine andere Infrastruktur weitergegeben wurde, um welche Art von Ausfall es sich handelt und mit welcher Wahrscheinlichkeit in der Simulation mit einem Ausfall zu rechnen ist. Die Symbole sind in Abbildung 3 jeweils mit einem roten Dreieck gekennzeichnet.

Über die Ausfälle hinaus werden diejenigen Teile der Infrastruktur visualisiert, die entscheidend zu den Kaskadeneffekten beitragen. Diese Teile werden durch ein gelbes beziehungsweise rotes Symbol repräsentiert (siehe Abbildung 3). Gelbe Symbole zeigen kritische, rote sehr kritische Infrastrukturteile. Für diese Teile der Infrastruktur berechnet CAESAR mögliche Strategien zur Resilienzsteigerung, wie zum Beispiel das Hinzufügen von Redundanz oder das Installieren einer unabhängigen Stromversorgung. Mit CAESAR kann ein Benutzer somit analysieren, wie sich eine Naturkatastrophe auf gekoppelte Infrastrukturen auswirkt, in welchen Gebieten besonders viele Ausfälle aufgrund von Kaskadeneffekten zu erwarten sind und an welchen Stellen sich die kritischen Infrastrukturteile befinden. Durch diese Analysen und die vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Benutzer hier feststellen, an welchen Orten eine Steigerung der Robustheit die größten positiven Auswirkungen auf die Infrastrukturstabilität hat.



Ansprechpartnerin

Katja Faist

katja.faist@emi.fraunhofer.de

Handgepäckscan am Flughafen: mehr Sicherheit und mehr Komfort

Computertomografische Methoden (CT) werden am EMI in der Sicherheitsforschung zur Erhöhung der Flughafensicherheit weiterentwickelt. CT bietet einen guten Ansatz, die herausfordernden Richtlinien der ECAC für den Handgepäckscan zu erfüllen. Die am EMI erforschte Rekonstruktionsalgorithmik für »stark unterbestimmte Datensätze« (weniger als 50 Projektionen anstatt mehrerer Hundert bis einigen Tausend, wie bei der klassischen Computertomografie) ist vielversprechend, um Röntgenbilddaten aus herkömmlichen Multi-View-Anlagen mit tomografischen Methoden effizient auszuwerten.

Bei stark unterbestimmten Datensätzen treten die aus der herkömmlichen CT bekannten Bildstörungen (Artefakte) noch deutlicher zutage. Das EMI entwickelt Korrekturmethode, die störende Einflüsse schon während des Rekonstruktionsprozesses stark reduzieren. Dies wird durch die Optimierung der Bildaufnahmegeometrie ergänzt. Hierbei werden alle möglichen Raumrichtungen auf ihre Eignung für die Aufnahme der zweidimensionalen Röntgenbilddaten simulativ getestet. Randbedingungen aus der Flughafenpraxis, wie Fließbandabfertigung und eingeschränktes Platzangebot am Checkpoint, werden dabei berücksichtigt. Zusätzlich kann die Rekonstruktionszeit für den algebraischen Algorithmus auf einige Sekunden reduziert und an die begrenzte Untersuchungszeit angepasst werden.

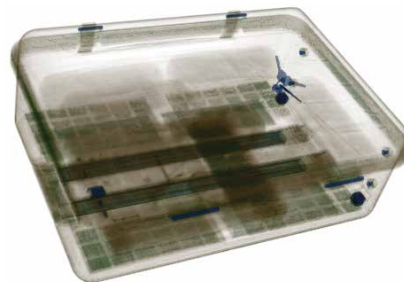
Die erzielten Rekonstruktionsergebnisse kann man verschieden nutzen. Durch die zusätzlichen 3D-Informationen lassen sich Materialklassen räumlich lokalisieren – ein wesentlicher Schritt in Richtung der Automated Threat



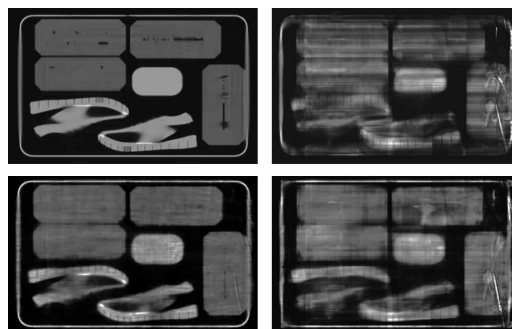
Ansprechpartnerin
Victoria Heusinger
 victoria.heusinger@emi.fraunhofer.de

Recognition (ATR). Die gute Abgrenzung von metallischen Gegenständen in der Rekonstruktion verbessert die 2D-basierte Bildauswertung: Diese Bereiche werden aus dem Rekonstruktionsvolumen entfernt und dieses dann auf die vorhandenen Perspektiven reprojiziert. So können Überlappungen, die die Identifikation von gefährlichen Gegenständen erschweren, aufgelöst werden.

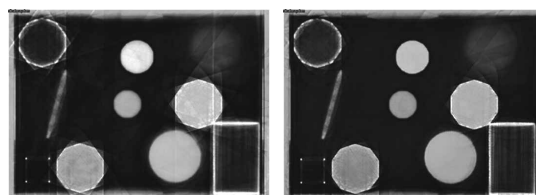
Ziel ist es, das Auspacken von elektronischen Geräten und das manuelle Untersuchen von Koffern in Zukunft zu vermeiden, um den Passagierkomfort zu erhöhen und gleichzeitig für verbesserte Sicherheit zu sorgen.



1 3D-Renderbild einer Rekonstruktion eines simulierten Handgepäckstücks aus 40 Projektionen in Fehlfarbandarstellung.



2 Vergleich von xy-Slice-Images von Rekonstruktionen des simulierten Handgepäckstücks mit verschiedenen Projektionszahlen.



3 Vergleich von xy-Slice-Images zweier Rekonstruktionen ohne und mit Artefaktreduktionsverfahren.

Mehr Sicherheit in der Stadt – Software VITRUV analysiert Risiken vorab

Erstmals werden bei der Stadtplanung Sicherheitsaspekte schon beim Entwurf berücksichtigt. Die Software VITRUV ermittelt und analysiert konkrete Risiken, quantifiziert Schäden und schlägt Maßnahmen vor. Sie unterstützt Städteplaner in allen Phasen ihrer Arbeit und hilft, bestehende Infrastrukturen zu optimieren.

Zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit lebt mehr als die Hälfte der Bevölkerung in Städten. Dennoch ist die zivile Sicherheit der Stadtbewohner aus städtebaulicher Sicht bisher ein Randthema gewesen. Angesichts des Klimawandels, Terrorismus oder sozialer Konflikte müssen sich Städteplaner umfassend und methodisch mit diesem Thema beschäftigen. Mit der Software VITRUV lassen sich erstmals Sicherheitsaspekte in den Prozess der Stadtplanung direkt einbinden. Sie kann bereits in der Entwurfsphase die Struktur eines kompletten urbanen Gebiets auf Sicherheitsaspekte hin analysieren, um darin Schwachstellen zu identifizieren. VITRUV unterstützt Städteplaner in allen drei Phasen ihrer Arbeit. In der Konzeptphase wird eine schnelle Einschätzung der sicherheitsrelevanten Themen vorgenommen. In der Planungsphase liefert das Tool Erkenntnisse über Anfälligkeit, Schwachstellen und konkrete Risikobereiche. In der Detailplanung schließlich erarbeitet es konkrete Maßnahmen, um Risiken zu minimieren. VITRUV betrachtet dabei unterschiedliche Szenarien wie Erdbeben, Explosionen oder Terrorangriffe.

Durch die Maßnahmen lässt sich die urbane Resilienz, die Robustheit der Städte gegenüber Störungen, verbessern. Städteplaner können einerseits Risiken identifizieren und

quantifizieren, andererseits ermitteln, wie effektiv und wie teuer einzelne Verstärkungsmaßnahmen sind, um bestehende Gebäude gezielt zu schützen.



1 Risikoanalyse eines Stadtgebiets in Oslo, die empirische Daten über die Nutzung der Gebäude einbezieht.



Ansprechpartner
Dr. Alexander Stolz

alexander.stolz@emi.fraunhofer.de



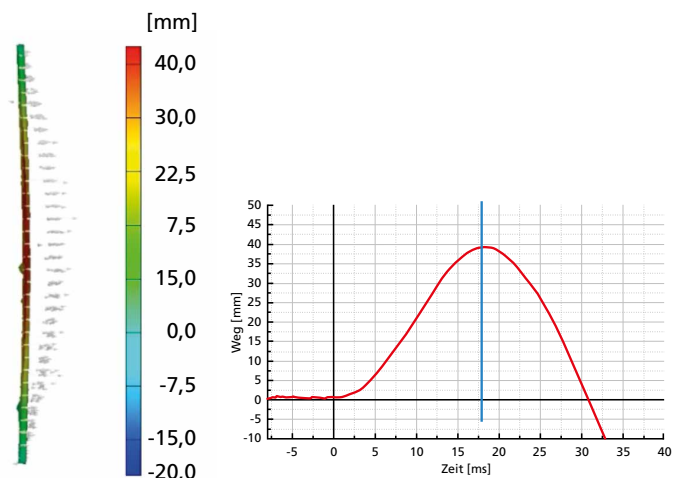
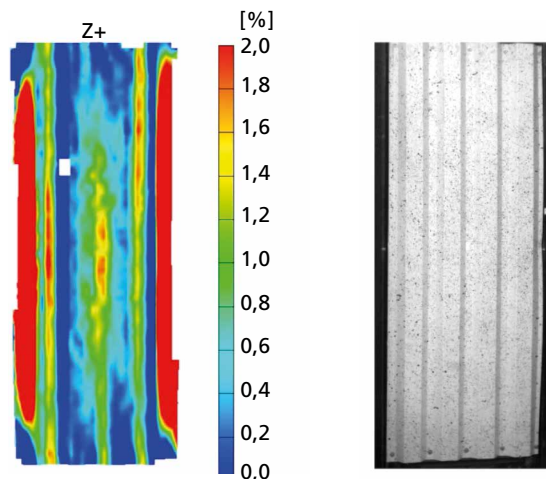
Weitere Informationen finden Sie unter www.vitruv-tool.eu

Neue Methode zur dreidimensionalen Verformungsmessung von Bauwerken bei Explosionsbelastung

Um Gebäude vor Explosionen zu schützen, ist das Verständnis der Strukturreaktion unter der dynamischen Belastung eine wesentliche Komponente. Oft ist es ausreichend, Größen wie die Mittelpunktdurchbiegung eines plattenartigen Bauteils zu erfassen. In einigen Fällen werden die maßgeblichen Reaktionen aber auf diese Weise nur unvollständig erfasst. Ein Beispiel hierfür ist die Reaktion eines Stahltrapezblechs unter Druckwellenbelastung. Hierbei kommt es durch die Profilierung des Blechs zu sekundären Bauteilreaktionen, die auch ein Versagen der Blechanschlüsse an der Unterkonstruktion forcieren. Deshalb wurde für die Stoßrohranlage eine Auswertemethodik entwickelt, die es ermöglicht, diesen Effekt zu quantifizieren. Grundlage dafür ist die Aufnahme des Versuchs mit zwei Hochgeschwindigkeitskameras. Die Aufnahmen können dann mittels Sprenkelmuster und Digital-Image-Correlation-Technik (DIC) ausgewertet werden. Hierbei konnte für die Anwendung am Stoßrohr die Herausforderung gemeistert werden, eine Methode, die für Laborproben etabliert wurde, für eine Außenanlage mit stockwerkshohen Bauteilen anzuwenden. Für die betrachteten stockwerkshohen Stahltrapezbleche konnten die dreidimensionalen Verformungen mit einer Genauigkeit im Submillimeterbereich registriert werden. Mit dieser neuen Methode kann man die Strukturreaktion beliebiger Bauteile wesentlich detaillierter erfassen als zuvor.



1 Versuchsaufbau am Stoßrohr (links) und beobachtetes lokales Beulen am gesprenkelten Blech (rechts).



2 Auswertung eines Versuchs mittels Digital Image Correlation (DIC).
 Oben links: Querdehnungen des Blechs; oben rechts: gesprenkeltes Blech;
 unten links: Durchbiegung des Blechs in der DIC-Auswertung;
 unten rechts: zeitlicher Verlauf der Durchbiegung des Blechs.



Ansprechpartner
Dr. Alexander Stolz
 alexander.stolz@emi.fraunhofer.de

Überwachung kritischer Infrastrukturen in Tunneln

Wegen der zunehmenden globalen Urbanisierung steigt die Bedeutung unterirdischer Massentransportsysteme stetig. Gleichzeitig belegen jüngste Beispiele von Terroranschlägen in Tunneln und Naturkatastrophen eine hohe Vulnerabilität dieser Systeme. Um diesen Verwundbarkeiten entgegenzuwirken, sind intelligente Lageerkennungssysteme und ein besseres Verständnis des Verhaltens von Passagieren und Rettungskräften bei Extremereignissen notwendig.

Im 2011 abgeschlossenen Sicherheitsforschungsprojekt AISIS (Automatisierte Informationsgewinnung und Schutz kritischer Infrastruktur im Katastrophenfall) beschäftigte sich das EMI bereits mit der automatisierten Detektion von Explosionen in Tunneln und der Bewertung des dadurch entstandenen Schadens in der Tunnelstrukturwand. Darauf aufbauend leitet das EMI derzeit das binationale deutsch-indische Sicherheitsforschungsprojekt SenSE4-Metro (Sicherheitsmanagement- und Notfalleinsatzsystem für U-Bahn-Systeme), das mit Mitteln des BMBF gefördert wird. In diesem Vorhaben werden die neuen sicherheitstechnischen Herausforderungen mit verbesserter Sicherheitssensorik beantwortet. Das EMI erforscht unter anderem neue Methoden für die Energieversorgung der Sicherheitssensorik sowie für die Ereignis- und Schadenserkennung und untersucht sichere und zuverlässige Technologien für Funkübertragung im Low-Power-Bereich. Zur Ereigniserkennung wurde eine Messanlage für die Charakterisierung verschiedener Parameter der U-Bahn-umgebung, wie der Zuggeschwindigkeit oder dem Schienenvibrations- und Luftzugsprofil entwickelt. Neben wissenschaftlichen Erkenntnissen fördert das Vorhaben

außerdem den internationalen Austausch, was durch Treffen verschiedener Akteure aus Deutschland und Indien in Delhi bereits umgesetzt wird.



1 Beispieeltunnel im Naturkatastrophenereignis – Überschwemmung.



2 Künstliche Darstellung einer Rettungskraft im Anlauf eines U-Bahneinsatzes.



Ansprechpartner

Scott Kempf

scott.kempf@emi.fraunhofer.de

SenSE4
METRO

Weitere Informationen finden Sie unter
www.sense4metro.org

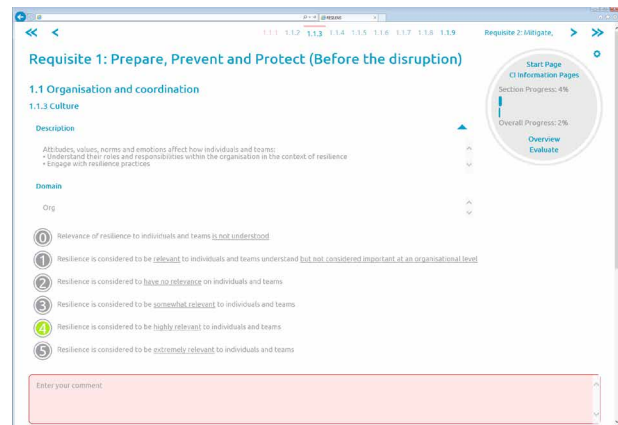
EMI implementiert eine Scorecard zur Einschätzung der Resilienz kritischer Infrastrukturen

Kritische Infrastrukturen stellen per Definition notwendige Funktionen und Dienste für unsere Gesellschaft bereit. Resilienz ist die Eigenschaft, auf widrige Ereignisse vorbereitet zu sein, ihnen zu widerstehen und schnell Funktionsfähigkeit wiederherzustellen. Deshalb ist Kenntnis über die Resilienz kritischer Infrastrukturen entscheidend. Das europäische Forschungsprojekt RESILENS (Realising European Resilience for Critical Infrastructure) hat es sich zum Ziel gesetzt, Konzepte der Resilienz für kritische Infrastrukturen praktisch anwendbar zu machen. Ein wesentlicher Baustein hierbei ist die Einschätzung der Resilienz kritischer Infrastrukturen.

Das Fraunhofer EMI implementierte dazu mit Projektpartnern aus RESILENS eine webbasierte Software. Der Entwicklung lag ein Scorecard-Ansatz zugrunde, ähnlich dem der Disaster Resilience Scorecard for Cities der UN.

Durch Beantworten eines Fragebogens kann der Anwender Eigenschaften seiner kritischen Infrastruktur erfassen, aus denen sich der Grad an Resilienz ableiten lässt. Die Fragen decken organisatorische, technische und soziale Eigenschaften zu allen Phasen ab: vor, während und nach einem widrigen Ereignis. Bei der anschließenden Auswertung lassen sich auf verschiedenen Detailebenen Aussagen über die Resilienz der kritischen Infrastruktur treffen.

Betreiber europäischer kritischer Infrastruktur aus den Bereichen Wasser- und Stromversorgung sowie Transport untersuchen derzeit die Anwendbarkeit des webbasierten Werkzeugs in Pilotstudien innerhalb des Projekts. Aufgrund der positiven Erfahrungen bei der Verwendung einer Scorecard zur Bewertung von Resilienz plant das EMI, diesen Ansatz in einem gemeinsamen Projekt mit der Stadt Freiburg auch für die Bewertung von Nachhaltigkeit einzusetzen.



1 Darstellung einer Frage im Fragebogen zur Resilienz.

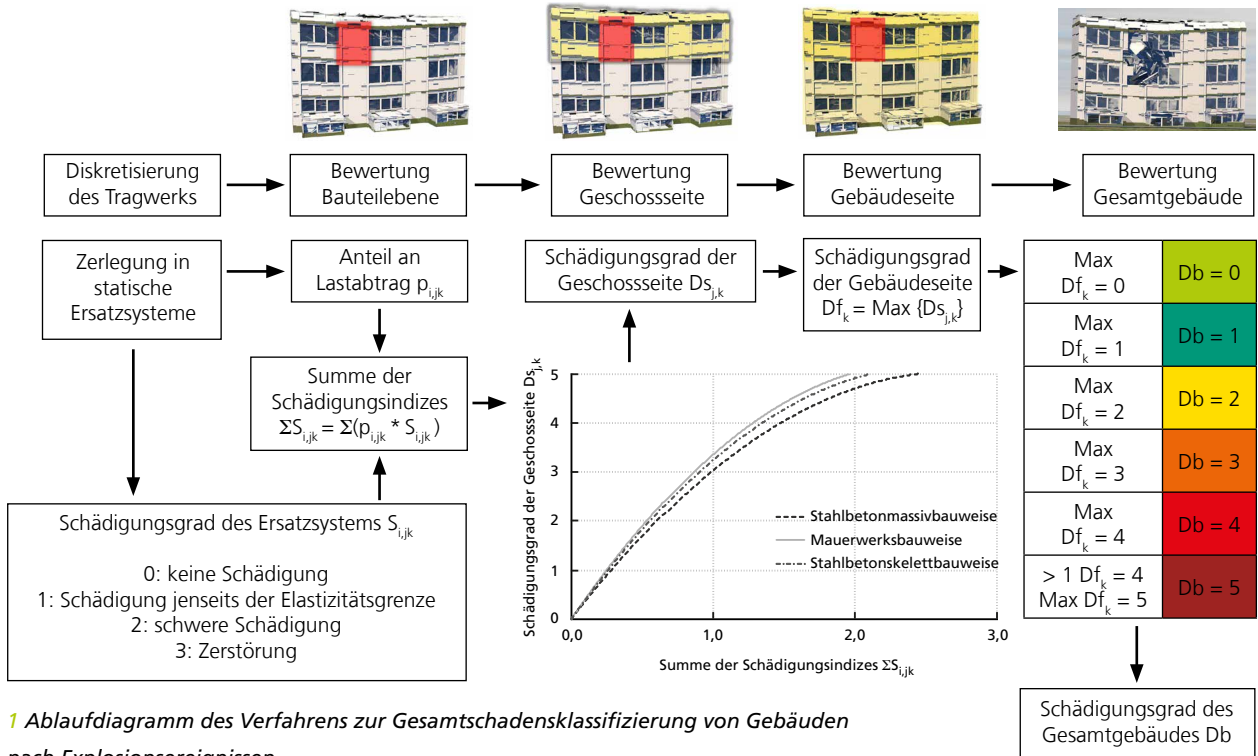


Ansprechpartner

Jörg Finger

joerg.finger@emi.fraunhofer.de

Gesamtschadensklassifizierung von Gebäuden nach Explosionsereignissen



Explosionen stellen eine extreme Beanspruchung für Gebäudestrukturen dar. Die potenziellen Auswirkungen von Explosionsszenarien werden im Rahmen von Risikoanalysen betrachtet, um die mögliche Gefährdung einschätzen zu können und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen einzuleiten. Den möglichen Schaden an einem Gebäude als Folge von Explosionsbelastungen quantitativ klassifizierbar machen zu können ist das Ergebnis von grundfinanzierten Forschungsarbeiten und Projektarbeiten für die verfahrenstechnische Industrie.

Das neu entwickelte Ingenieurverfahren basiert auf physikalischen Modellen sowohl für Belastung als auch für die Strukturantwort im Besonderen und klassifiziert den Gesamtschaden an einem Gebäude auf der Grundlage initialer Einzelbauteilschädigungen. Ausgehend vom Schädigungsgrad der einzelnen Bauteile wurden für verschiedene Bauweisen Schadenskurven für die jeweils übergeordneten Tragwerksebenen (Geschoss, Gebäudeseite, Gesamtgebäude) hergeleitet. Diese Schadenskurven bilden eine graduelle Schädigung in Abhängigkeit von einem Bauteilschädigungsindex ab.



Ansprechpartner
Dr. Malte von Ramin
 malte.von.ramin@emi.fraunhofer.de

Gegenüber bisher üblichen Verfahren, die eine Schadensklassifizierung auf Basis empirisch gewonnener Daten vornehmen, hat das am EMI entwickelte Verfahren den Vorteil, dass die zum Gesamtschaden führenden Einzel-schädigungen nachvollziehbar berechnet und identifiziert werden. So können eventuell durchführbare Verstärkungsmaßnahmen an kritischen Bauteilen gezielt und effizient geplant und ihre Wirksamkeit quantifiziert werden.

11. Future Security – Sensorsysteme für Schutz und Sicherheit

Unter dem Schwerpunktthema Sensorsysteme für Schutz und Sicherheit diskutierte die deutsche und internationale Sicherheitsforschungscommunity 2016 Themen wie autonomes Fahren, Einsatz von Drohnen für Kriseneinsatzkräfte und Sensorik für effizienten Grenzschutz. So wurden sowohl Nutzen und Mehrwert dieser Lösungen diskutiert wie auch mögliche Risiken und Gefahren zum Beispiel durch Missbrauch von Drohnentechnologie im Kontext terroristischer Szenarien besprochen. Die Future Security 2017 wird vom 26. bis 28. September in Nürnberg-Erlangen stattfinden.



Weitere Informationen finden Sie unter www.future-security.org

Beiträge zur Anlagensicherheit auf der Loss Prevention 2016 in Freiburg

Mit drei Fachvorträgen und der Toolsuite BEST präsentierte das EMI auf der Loss Prevention 2016 sein ganzheitliches Leistungsspektrum für den baulichen Schutz prozesstechnischer Anlagen. BEST vereint die Softwarelösungen APOLLO Blastsimulator, ExBends und EQRA. Ziel ist, Auftraggebern eine Entscheidungsgrundlage zur Risikoeinschätzung zu liefern, aber auch durch die Empfehlung von bedarfsgerechten baulichen Schutzmaßnahmen die Sicherheit und Resilienz von petrochemischen und chemischen Anlagen, Raffinerien oder auch Kraftwerken zu erhöhen.

Weitere Informationen finden Sie unter www.dechema.de/en/lossprevention2016.html

Workshop Bau-Protect 2016 – Gefährdung, dynamische Analyse und Schutzkonzepte für Gebäude

Auf der siebten Bau-Protect 2016 widmeten sich an die 100 Teilnehmende der Sicherheitsplanung, -umsetzung und Resilienz von Gebäuden bis hin zu ganzen urbanen Räumen gegen Bedrohungen wie Terrorismus. Das Fraunhofer EMI, die Universität der Bundeswehr München und die Wehrtechnische Dienststelle für Schutz und Sondertechnik gaben einschlägige Erfahrungen weiter an Akteure, wie Ingenieure und Entscheidungsträger, die mit der Einschätzung von Risiken, der Bewertung von Gefährdungen und der Umsetzung von Schutzmaßnahmen für Bauwerke befasst sind.



Weitere Informationen finden Sie unter www.bau-protect-2016.de

BAU 2017: Fraunhofer StadtLabor – mit Forschung und Entwicklung Lebensräume gestalten

Die Fraunhofer-Allianz Bau präsentierte sich mit seinen 14 Instituten auf der Messe BAU 2017 in München. Das »Fraunhofer StadtLabor« zeigte die vier Themenbereiche digitales Planen, Bauen und Betreiben, intelligente Fassade, Ressourceneffizienz und Energiemanagement sowie den Bereich Sicherheit und Komfort, den das Fraunhofer EMI mit vertreten hat. Die Software VITRUV zur Risikoanalyse in urbanen Gebieten fand großes Interesse bei den Besuchern des Fraunhofer-Stands.

Fraunhofer gab mit seinen Forschungsbeispielen Antworten auf die Fragen, wie das Prinzip Nachhaltigkeit beim Bau und im Gebäudebetrieb noch stärker verankert werden kann, um Ressourcen zu schonen, wie die Digitalisierung im Baualltag integriert werden kann und wie Räume gestaltet werden müssen, um Sicherheit ebenso zu gewährleisten wie flexibles und gesundes Wohnen.



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



Der Stand der Fraunhofer-Allianz Bau auf der Weltleitmesse BAU 2017 in München. Copyright: Fraunhofer-Allianz Bau.

GESCHÄFTSFELD
AUTOMOTIVE



GESCHÄFTSFELD AUTOMOTIVE



Weltweit befindet sich die Automobilbranche in rasant voranschreitendem Umbruch: Die Einführung disruptiver technologischer Innovationen im gesamten Mobilitätssektor lassen tief greifende Veränderungen in der gesamten Wertschöpfungskette der Branche erwarten. Themen wie die Digitalisierung und Vernetzung von Fahrzeugen und Verkehrssystemen, Elektromobilität sowie neuartige Sharingkonzepte und das autonome Fahren erzeugen dabei eine Vielzahl interessanter Forschungsfragen, die es auch hier am Fraunhofer EMI zu bearbeiten gilt.

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, was einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt des Fraunhofer EMI darstellt.

Ein Fokus in diesem Jahr – und von strategischer Bedeutung für das gesamte Geschäftsfeld – ist die Entwicklung eines völlig neuartigen dynamischen Röntgenverfahrens, mithilfe dessen man während eines Crashes das Deformationsverhalten von zuvor verborgenen Strukturen beobachten kann. Ein solches System gibt es bisher weltweit 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 der elektrischen 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.



Dr. Jens Fritsch

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

Foto: Röntgencrash (X-CC).

Der Crashtest im Röntgenblick – Fraunhofer EMI röntgt Fahrzeuge beim Crash

Das Fraunhofer EMI erforscht das Potenzial hochdynamischer Röntgendiagnostik erstmals für die Analyse dynamischer Deformationsprozesse im Innern von Fahrzeugen. Dadurch lässt sich zum Beispiel das Verhalten sicherheitskritischer Bauteile, die von außen nicht sichtbar sind, unter Crashbedingungen untersuchen. Das X-ray Car Crash (X-CC) getaufte Projekt ist das neue Vorhaben des Fraunhofer EMI, Röntgendiagnostik mit der Crashforschung zu vereinen. An seiner Forschungscrashanlage im Crashzentrum der Fraunhofer-Gesellschaft wendet das EMI erstmals die Ultrakurzzeit-Röntgentechnologie auf hochdynamische Verformungsprozesse an, wie sie unter Crashbedingungen stattfinden. Dieses Vorgehen ist einzigartig und macht die transienten Prozesse im Innern eines Fahrzeugs auch während des Crashes sichtbar. Die Erkenntnisse können in numerische Simulationen zurückgeführt werden, um den quantitativen Vergleich mit den Crashsimulationsmodellen zu verbessern. Mit der dynamischen Röntgendiagnostik lassen sich zukünftig sicherheitsrelevante Fragen adressieren, die mit den etablierten Analysemethoden nur schwer oder gar nicht zugänglich sind. Das EMI geht aber noch einen Schritt weiter: Um die Röntgencrashforschung voranzutreiben und noch bestehende Beschränkungen im Verfahren zu überwinden, investiert das EMI in eine leistungstärkere Strahlenquelle. Mit dieser können die Anzahl der Pulse und die Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlung weiter erhöht werden. Damit lassen sich die unterschiedlichen Materialien im Innern eines Fahr-

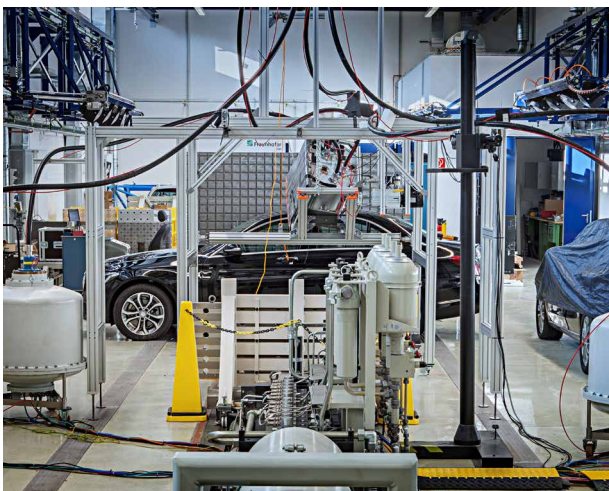
zeugs zukünftig während des Crashes noch besser sichtbar machen.

Innovation durch X-CC: Fusion von Simulation und Röntgencrash

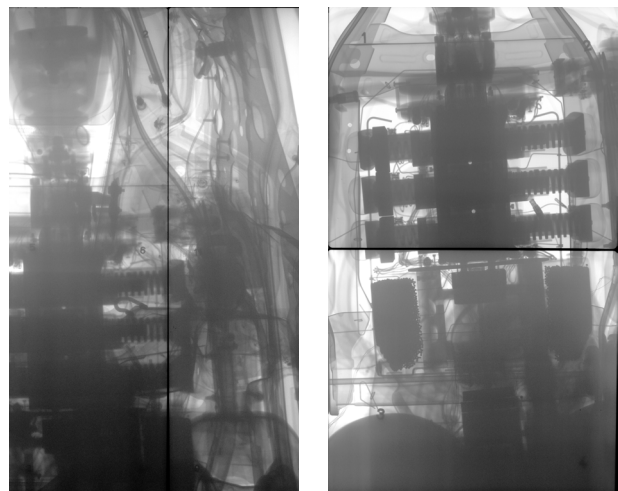
Ein Forschungsschwerpunkt der X-CC-Technologie liegt in der Zusammenführung von Simulation und Experiment: Mit der Röntgenanlage am EMI lässt sich eine Serie von ultrakurzten Blitzaufnahmen – also trotz der schnellen Bewegungen gestochen scharfe Standbilder – zu festgelegten Zeitpunkten von Ausschnitten eines Crashes anfertigen. Die Daten aus dem Röntgencrash können dann mit Finite-Elemente-Simulationen zusammengeführt und qualitativ ausgewertet werden. Diese Synthese liefert zusätzliche Einblicke in das Crashverhalten innenliegender Bauteile und Strukturen und kann dabei helfen, die Prognosegüte von Fahrzeugcrashsimulationen zu verbessern.

Weiterentwicklung der Röntgenanwendung durch Vorversuche am EMI

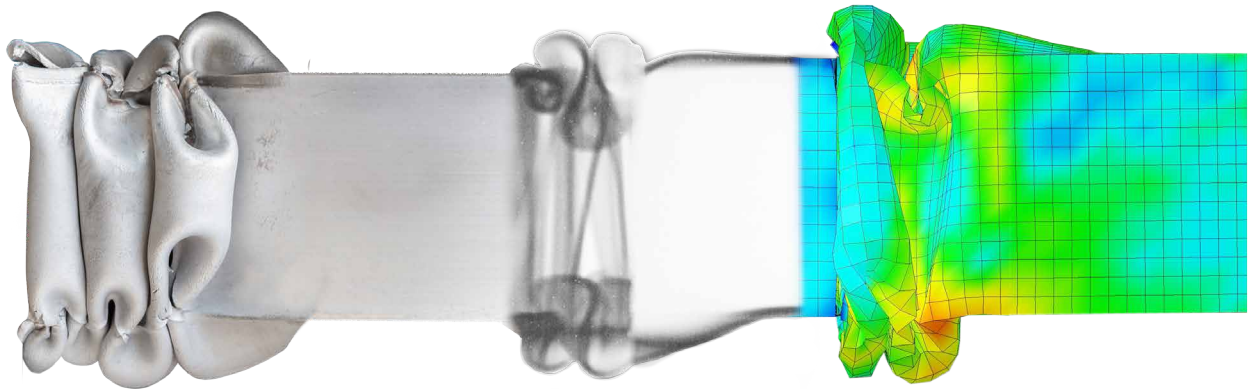
Für den Röntgencrash kann das Fraunhofer EMI nicht nur auf seine Erfahrung und Expertise in der Untersuchung kurzzeitdynamischer Prozesse zurückgreifen. In Vorversuchen an Aluminiumstrukturen konnten EMI-Experten nachweisen, dass sich die Röntgentechnologie zur dynamischen Anwendung für den Crashfall eignet. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben dafür modellhafte Crashboxen, die die Aufprallenergie bei einem Unfall auffangen, wä-



1 Die Forschungscrashanlage des Fraunhofer EMI in Efringen-Kirchen.



2 Röntgenaufnahme eines Crashtest-Dummys, der in einem Smart sitzt.



3 Linkes Bild: gestauchter Bereich der Struktur, Mitte: Röntgenbild des gestauchten Bereichs, rechts: Finite-Elemente-Simulation des gestauchten Bereichs.

rend des Crashes geröntgt. Die Versuche belegten, dass sich aussagekräftige Röntgenbilder von Verformungsprozessen im Millisekundenbereich aufnehmen lassen. Die Forschungen konnten auch zeigen, dass sich die Röntgendaten sehr gut mit den Finite-Elemente-Crashsimulationen abgleichen lassen.

Von der Forschung in die Praxis durch Industriekooperationen

Kooperationsprojekte mit der Automobilindustrie können die Ergebnisse des Röntgencrashes in die Anwendung bringen. Durch Industriekooperationen werden weitere Versuche mit zunehmend komplexeren Aufgaben durchge-

führt werden, um die Möglichkeiten und die Präzision von Simulation und Röntgentechnologie zu verbessern. Anwendungsgebiete der Röntgencrashtechnologie sind Strukturen und Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit, die die Insassen in der Fahrgastzelle schützen. Auch das Verhalten energieabsorbierender Strukturen im Fahrzeuginnern lässt sich durch das X-CC-Verfahren analysieren. Das X-CC-Verfahren liefert somit ein ergänzendes Beobachtungsfenster zusätzlich zu den etablierten Messmethoden und hilft dabei, offene Fragen zum dynamischen Versagen sicherheitsrelevanter Fahrzeugbauteile und -strukturen zu beantworten.



Ansprechpartner Dr. Malte Kurfiß

malte.kurfiss@emi.fraunhofer.de

Das Fraunhofer EMI prüft Batterien für Elektrofahrzeuge

Wo liegen die Belastungsgrenzen von Batterien beim Crash? Das Fraunhofer EMI nutzt seine Expertise in der Untersuchung hochdynamischer Vorgänge, um Batterien für Elektrofahrzeuge sicherer zu machen.

Ohne ein genaues Verständnis der Belastungsfähigkeit und des Verhaltens von Batterien unter extremen Bedingungen kann die Elektromobilität den erforderlichen Sicherheitsstandards nicht genügen. Die Konstruktion von konventionellen Fahrzeugen und Elektrofahrzeugen unterscheidet sich fundamental: Während konventionelle Autos einen Treibstofftank mit sich führen, ist der zentrale Antrieb des Elektroautos die Batterie, die sich an einer anderen Stelle als der Tank befindet.

Der Schwerpunkt der Batterieprüfung am Fraunhofer EMI liegt in der Untersuchung des Crashverhaltens von Batterien. Hier werden in dynamischen Experimenten deren Belastungsgrenzen und die sich hieraus bei einem Unfall ergebenden Risiken analysiert. Dabei werden unterschiedlichste Crashszenarien in Versuchen nachgebildet, um den Einfluss der Belastungsgeschwindigkeit, der Form und Dimension des eindringenden Objekts, des Ladezustands oder der Ausrichtung der Zellen ermitteln zu können.

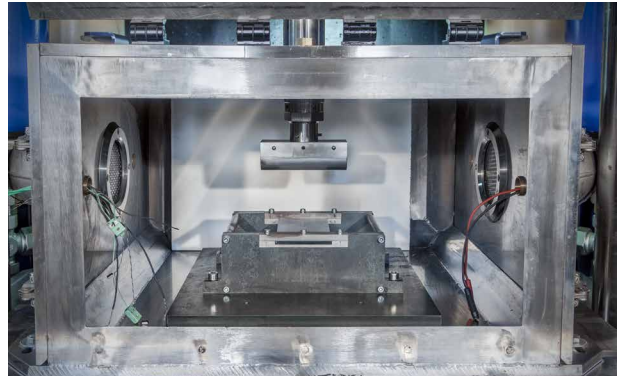
Das Fraunhofer EMI bündelt seine Kompetenzen im Rahmen der Fraunhofer-Allianz Batterien mit 19 weiteren Fraunhofer-Instituten. Die Allianz Batterien entwickelt auf dem Themengebiet der elektrochemischen Energiespeicher geeignete technische und konzeptionelle Lösungen und überführt diese in die Anwendung.



Ansprechpartner

Dr. Thomas Kisters

thomas.kisters@emi.fraunhofer.de



1 In der Messkammer stößt der halbzyllindrische Impaktor auf die Batterie. Hier werden Weg, Kraft, Spannung und Temperatur gemessen, die während des dynamischen Experiments auf die Batterie einwirken.



2 Mit einer Kraft von bis zu 500 Kilonewton und Geschwindigkeiten von bis zu zehn Metern pro Sekunde können Batterien am Batterieprüfstand gequetscht werden.

EMI leistet Beiträge zur Sicherheit zukünftiger Fahrzeuge: Tech Center i-protect erfolgreich gestartet

Die im Januar 2016 als Tech Center i-protect gestartete enge Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie auf dem Gebiet der integralen Fahrzeugsicherheit kann bereits erste Ergebnisse vorweisen. Zusammen mit der Robert Bosch AG wurde am Fraunhofer EMI eine Studie zur Zuverlässigkeit eines prototypischen Fahrerassistenzsystems erfolgreich abgeschlossen.

Assistenzsysteme zur Erhöhung der Sicherheit der Fahrzeuginsassen gewinnen immer mehr an Bedeutung. Systeme zur Kollisionswarnung oder zur Einleitung eines Bremsvorgangs, aber auch Rückhaltemittel (Airbag, Gurtstraffer), die Sekundenbruchteile vor dem Aufprall aktiviert werden, sind nur einige Beispiele hierfür. Eine unnötige Auslösung dieser Systeme darf nicht erfolgen, daher wird von ihnen eine sehr hohe Zuverlässigkeit verlangt. Ziel der genannten Studie war es daher, mittels analytischer Nachweismethoden die Rate der Fehlaktivierungen zu quantifizieren und diese Methodik am Beispiel eines prototypischen Precrash-Systems zu testen.

Das Tech Center i-protect ist eine gemeinsame Forschungsinitiative der Daimler AG, der Robert Bosch GmbH, des SimTech (Uni Stuttgart), des Instituts für Automobiltechnik

(TU Dresden), des Instituts für Fahrzeugsicherheit (TU Graz) sowie des Fraunhofer EMI. Die adressierten Forschungsfragen reichen vom präventiven Insassen- und Partnerschutz über innovative Werkstoffe im Automobilbau bis hin zu zukünftigen Prüftechnologien in der Fahrzeugsicherheit.



1 Workshop des Tech Centers i-protect am EMI im November 2016.



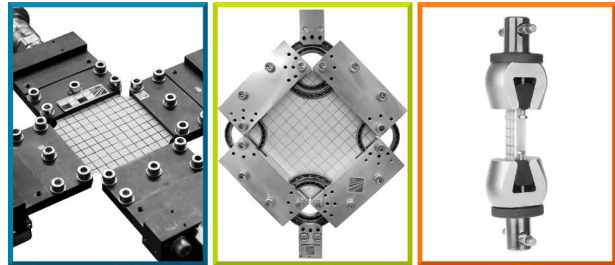
Ansprechpartnerin

Dr. Birgit Drees

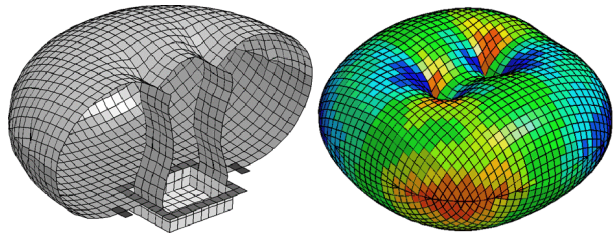
birgit.drees@emi.fraunhofer.de

Airbags – das EMI hält alle Fäden in der Hand

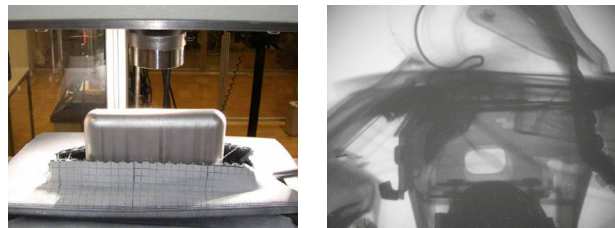
Das Fraunhofer EMI bedient bei der Untersuchung sicherheitskritischer Airbagsysteme unter dynamischen Belastungen abteilungsübergreifend alle thematischen Aufgabenstellungen von der Material- bis zur Systemebene. So wird zur strukturmechanischen Untersuchung der Materialeigenschaften ein effizientes Versuchsprogramm vorgehalten, das speziell auf die Belange für die Charakterisierung von Airbaggeweben zugeschnitten ist. Mithilfe von Kreuzzugmaschinen und Picture-Frame-Apparaturen lassen sich Materialkennwerte bei unterschiedlichen Dehnraten und Temperaturen sowie beliebigen Belastungspfaden präzise bestimmen. Ergänzend lassen sich Durchflussmessungen sowie Naht- und Einzelfadenprüfungen durchführen. Mit den gewonnenen Daten werden Materialkarten kommerzieller Finite-Elemente-Codes kalibriert wie auch eigens entwickelte und implementierte Materialmodelle validiert. Auf der Systemebene bietet das Fraunhofer EMI ebenfalls ein umfangreiches Portfolio an Versuchen, insbesondere um das Öffnungsverhalten von Airbags zu untersuchen und die Simulation mit experimentellen Erkenntnissen zu hinterlegen. Hervorzuheben sind hier Versuche mit Airbaggasgeneratoren, die Untersuchung der Öffnungsmechanismen von Airbagklappen oder die Erfassung des Entfaltungsverhaltens von Airbags mithilfe der Röntgenkinematografie. Als etablierter Partner bei der Auditierung und Durchführung von Sicherheitsnachweisen verfügt das Fraunhofer EMI darüber hinaus über langjährige Erfahrung und Methodenkompetenz bei der Bewertung und Optimierung von Airbagsystemen.



1 Materialuntersuchungsmethoden für Airbaggewebe.



2 Simulation mit kommerziellen und eigenen Materialroutinen.



3 Öffnungsmechanismen einer Airbagklappe (links) und Entfaltungsvorgang mit Röntgenkinematografie (rechts).



Ansprechpartner
Matthias Boljen

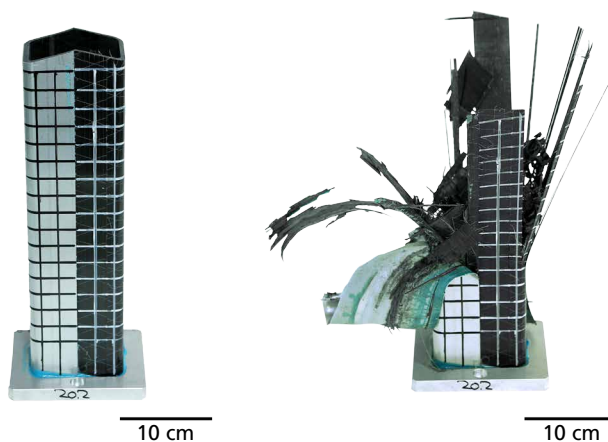
matthias.boljen@emi.fraunhofer.de

Hybride Materialsysteme: maßgeschneiderte Eigenschaften im kosteneffizienten Fahrzeugleichtbau

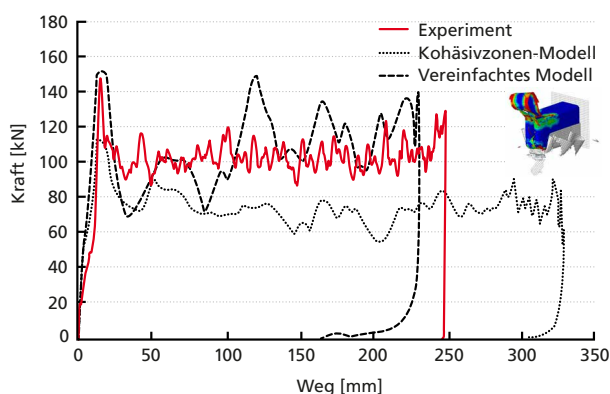
Die Kombination faserverstärkter Kunststoffe mit herkömmlichen Materialien aus dem Karosseriebau ist ein vielversprechender Ansatz im Spannungsfeld zwischen nachhaltiger Mobilität, Kosteneffizienz und steigenden funktionalen Ansprüchen. Die enge Verknüpfung zwischen dem Gewicht und der passiven Sicherheit eines Fahrzeugs macht die Anwendung in crashbelasteten Strukturbereichen besonders interessant. Auf dem Weg zum erfolgreichen Einsatz solcher Materialsysteme steht insbesondere die experimentelle Charakterisierung und die Befähigung numerischer Auslegungsmethoden im Zentrum der Forschungsarbeiten am EMI.

Bisherige Forschungsergebnisse zeigen, dass die Kombination der Materialsysteme ihr Versagensverhalten maßgeblich beeinflusst. Je nach Kombination und Lastfall können sich Formen des synergetischen Zusammenwirkens der beiden Materialphasen (Hybridmechanismen) ausbilden. Neben einer guten spezifischen Energieabsorption qualifiziert vor allem ein stabiles Versagensverhalten hybride Materialsysteme für den Einsatz in crashbelasteten Fahrzeugstrukturen.

Im Bereich der numerischen Simulation hybrider Materialsysteme erwachsen die größten Herausforderungen aus den hohen Effizienzanforderungen an Berechnungsmethoden im Fahrzeugcrash. Je nach Anwendung können jedoch bereits stark reduzierte Modellansätze für die Ausgangsmaterialien und das Klebstoff-Interface zielführend sein.



1 Hybride CFK-Stahlstruktur vor und nach dem Impaktversuch.



2 Kraft-Weg-Kurve aus Experiment und Simulation mit verschiedenen Modellansätzen für die Klebstoffschicht.



Ansprechpartner
Michael Dlugosch

michael.dlugosch@emi.fraunhofer.de

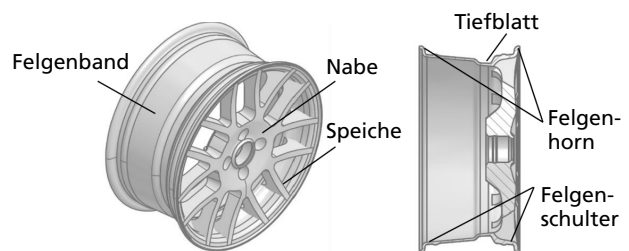
Charakterisierung und Modellierung einer Fahrzeugfelge unter crashrelevanten Bedingungen

Für das Crashverhalten bei einem Frontalcrash spielen die Felgen eine wichtige Rolle, da das Rad beispielsweise bei Impact mit niedrigem Überdeckungsgrad in die Fahrgastzelle hineingedrückt werden kann. Am Fraunhofer EMI wurde in Zusammenarbeit mit dem KIT eine 16-Zoll-Aluminiumguss-Fahrzeugfelge experimentell charakterisiert und numerisch modelliert, um eine zuverlässige Beschreibung des Verformungs- und Versagensverhaltens der Felge unter crashrelevanten Belastungen zu ermöglichen und dieses in einer Crashsimulation anzuwenden.

Das Felgenmaterial reagiert ausgesprochen heterogen, was auf die unterschiedlichen Materialstrukturen und Festigkeiten, die beim Abkühlen und Gießprozess entstehen, zurückzuführen ist. Dabei entstehende Hohlräume (Lunker) wirken sich auf das Versagensverhalten aus. Für die Charakterisierungsversuche wurden deshalb Proben aus Speichen, Band und Nabe entnommen.

Das erstellte Modell ist eine sehr gute Basis für Forschungsarbeiten am Crashverhalten von massiv gegossenen Bauteilen. Die festgestellten Unterschiede im Verformungsverhalten der unterschiedlichen Proben wurden dabei in die Berechnungen aufgenommen. Außerdem wurde eine Regularisationskurve verwendet, um den unterschiedlichen Netzgrößen für die Materialmodellierung (0,5 Millimeter) und für die Bauteilsimulation (fünf Millimeter) gerecht zu werden. Zudem muss der Belastungszustand hinsichtlich der Mehrachsigkeit berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck wurde das Schädigungsmodell GISSMO in LS-DYNA verwendet.

Zur Überprüfung des numerischen Modells wurde ein Bauteilversuch an der Komponentencrashanlage des Fraunhofer EMI durchgeführt. Der Versuch und die Simulation zeigen eine gute Übereinstimmung und lieferten reproduzierbare Versuchsergebnisse.



1 Identifizierung der Bestandteile der Felge.



2 Vergleich der Felge nach dem Crash: Versuch (links), Simulation (rechts).



Ansprechpartner

Yann Léost

yann.leost@emi.fraunhofer.de

EMI beim EARPA FORM Forum in Brüssel

Das EMI präsentierte sich auf dem FORM Forum der European Automotive Research Partners Association (EARPA). Über 30 europäische Forschungseinrichtungen und Universitäten stellten in Brüssel ihre Ergebnisse und laufenden Forschungsprojekte rund um das Thema Automobil vor. Das Fraunhofer EMI brachte interessierten Teilnehmern das Thema Röntgencrash (X-CC) näher.

Das Modell der Komponentencrashanlage war ein gutes Demonstrationsobjekt, um Motivation, Methodik und Anwendung der dynamischen Röntgendiagnostik zu erklären. EARPA ist der Verband europäischer Forschungsinstitute und vereint über 50 Organisationen, die im Bereich der Automobilforschung tätig sind.



Dr. Jens Fritsch und Philipp Dahl auf dem EARPA FORM Forum.

Das EMI ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS bündelt die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Als größter Verbund der Fraunhofer-Gesellschaft erarbeitet er in 15 Mitgliedsinstituten und drei Gastinstituten kontinuierlich marktrelevante Forschungsergebnisse. Fraunhofer-Materialwissenschaft und -Werkstofftechnik umfassen die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Fertigungsverfahren im quasi-industriellen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens.

Die Institute sind in vielfältiger Weise Anlaufstellen für Wissenschaft und Industrieforschung. Seit nunmehr 20 Jahren schaffen sie gemeinsam mit ihren Kooperationspartnern überzeugende Innovationen.

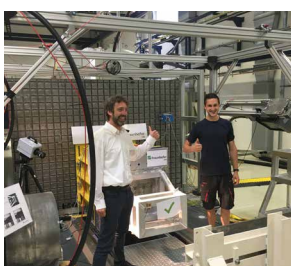


Weiter Informationen finden Sie unter www.materials.fraunhofer.de

Erfolgreicher Abschluss der Fraunhofer-WISA HORUS – Hochgeschwindigkeits-3D-Messsystem für die Crashforschung

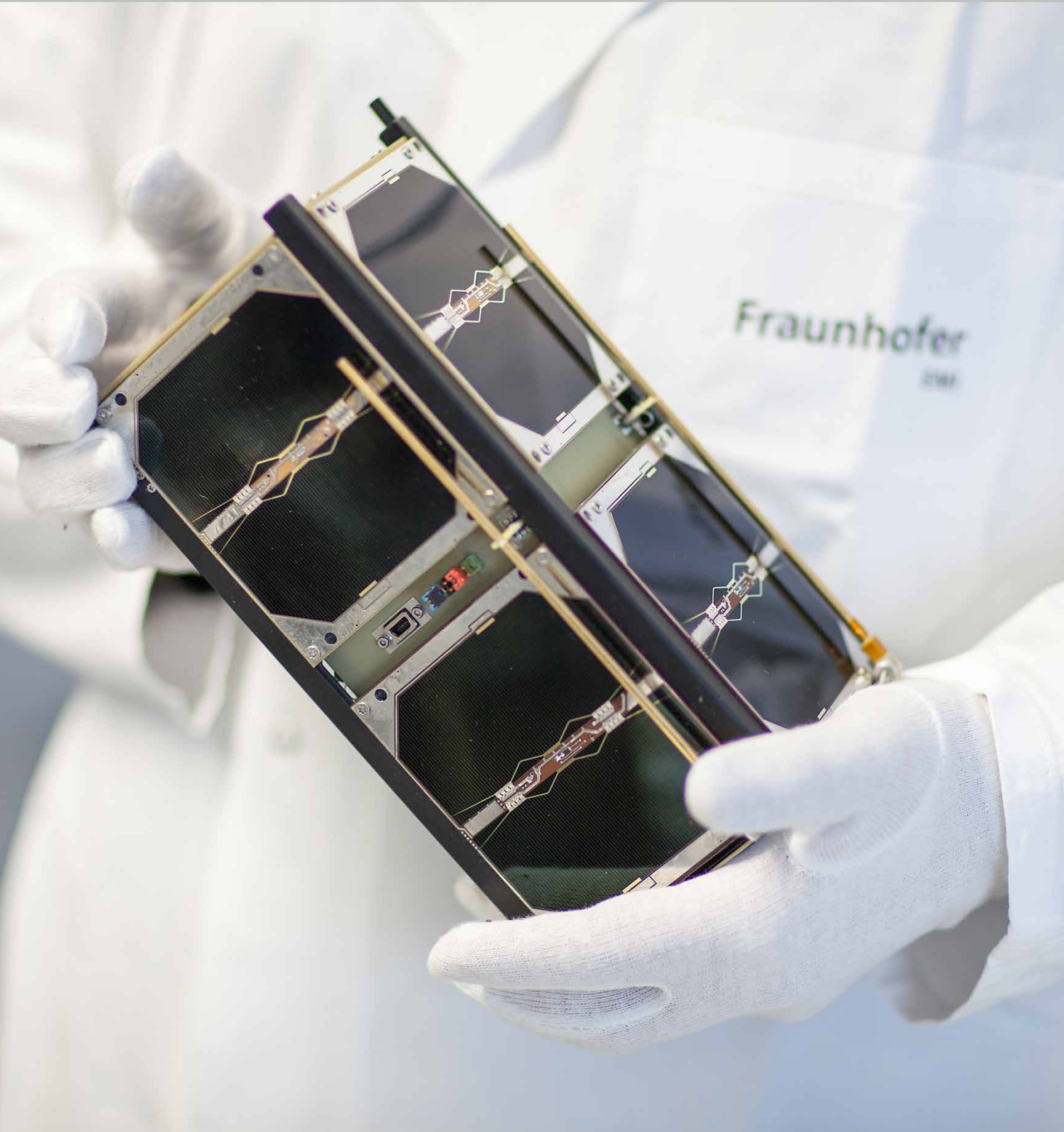
Gemeinsam mit dem Fraunhofer IOF und Fraunhofer SCAI hat das EMI im Rahmen der wirtschaftsorientierten strategischen Allianz (WISA) HORUS ein Messsystem entwickelt, das eine berührungslose und hochgenaue 3D-Rekonstruktion von Objektoberflächen während dynamischer Deformationsvorgänge ermöglicht und über die limitierten

Fähigkeiten konventioneller 3D-Messmethoden hinausgeht. Die Kernaufgabe des EMI bestand in der Validierung des Hochgeschwindigkeits-3D-Messsystems in Efringen-Kirchen sowie dessen Anwendung im Umfeld der industriellen Crashforschung.



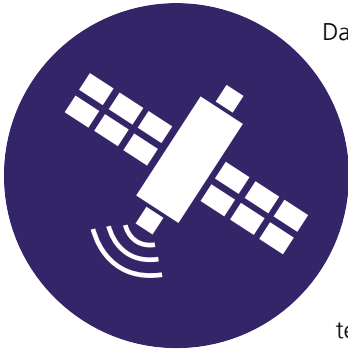
Dr. Malte Kurfiß und Manuel Heitz zeigen repräsentative Crashstrukturen zur Validierung des 3D-Messsystems.

GESCHÄFTSFELD
RAUMFAHRT



Fraunhofer
EMF

GESCHÄFTSFELD RAUMFAHRT



Das Geschäftsfeld Raumfahrt behandelt wissenschaftlich-technische Fragestellungen aus den Themenbereichen Schutz von Raumfahrzeugen, planetare Wissenschaften und Kleinsatelliten-technologien.

Ein aktuelles Thema aus dem Bereich Schutz von Raumfahrzeugen ist das zunehmende Risiko von Kollisionen zwischen großen Weltraumschrottrümmern und Satelliten. Die bei einer Kollision umgesetzte Energie kann so groß sein, dass der Satellit in viele Stücke zerbricht. Da dieses Szenario durch die geplanten Megsatellitenkonstellationen für zukünftige weltweite Telekommunikationsdienste immer wahrscheinlicher wird, hat die europäische Weltraumbehörde ESA eine Studie zur Untersuchung von Fragmentierungsereignissen mit numerischen Methoden initiiert. Das Fraunhofer EMI verfügt mit dem FEM-Code SOPHIA über ein leistungsfähiges Simulationstool, mit dem solche komplexen Kollisionsszenarien numerisch berechnet werden können. Parallel dazu werden im Vorhaben DEM-O für das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) neue partikelbasierte Methoden weiterentwickelt, die zeiteffiziente Simulationen von Fragmentierungen versprechen. In den vergangenen acht Jahren wurden in der DFG-Forscherguppe MEMIN erfolgreich die Vorgänge bei der Kraterbildung in natürlichen Gesteinen untersucht. Das Forschungsvorhaben wird demnächst mit einem

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

Sonderband des »Meteoritics & Planetary Science«-Journal beendet. Neben einer Fülle von wissenschaftlichen Erkenntnissen sind auch Messverfahren des EMI weiterentwickelt und intensiv erprobt worden, etwa zur Messung von Stoßwellendrücken in natürlichen Gesteinen oder zur Bestimmung der Trajektorien von ausgeschleuderter Targetmasse aus dem Krater.

Für einen Kleinsatelliten lieferte das Fraunhofer EMI die Software für die Datenverarbeitungseinheit von wissenschaftlichen Kameras. Parallel dazu erhielt das Fraunhofer EMI eine Zuwendung vom Verteidigungsministerium zur Untersuchung des Anwendungspotenzials von Kleinstsatelliten für militärische Applikationen. Hierfür wird zurzeit ein Nanosatellit mit einer Infrarotkamera als wissenschaftliche Nutzlast aufgebaut. Das Vorhaben wird 2018 mit einem qualifizierten Engineeringmodell abgeschlossen. Wichtige Veranstaltungen des Geschäftsfelds waren die ILA Berlin Air Show 2016 mit eigenem Stand sowie der 2nd PIRAT Workshop im November 2016, bei dem das EMI-eigene Verwundbarkeitsanalysetool für Satelliten PIRAT (Particle Impact Risk and Vulnerability Assessment Tool) interessierten Kunden aus Industrie und öffentlicher Hand präsentiert wurde.



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

Laser Light Sheet: Verfolgung von Kraterauswurf nach Hochgeschwindigkeitseinschlägen

Die planetaren Körper in unserem Sonnensystem und insbesondere deren Oberflächen wurden maßgeblich durch unzählige Einschläge von Gesteinsbrocken mit enorm hohen Geschwindigkeiten geformt. Das bei einem solchen Einschlag ausgeworfene Material (Ejekta) kann uns Einblicke in den Kraterbildungsprozess sowie die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Zielkörper sowie Impaktor geben.

Die zeitaufgelöste Ejekta-Propagation kann durch die Verwendung der Leichtgasbeschleuniger des EMI im Zusammenspiel mit Hochgeschwindigkeitskameras experimentell nachvollzogen werden: Hierzu wird eine durch einen intensiven Laserstrahl erzeugte Lichtebene (Laser Light Sheet, LLS) durch den späteren Auftreffpunkt des Projektils auf dem Zielkörper gelegt (Abbildung 1). Die Kamera nimmt das reflektierte Licht einzelner Teilchen innerhalb dieser Lichtebene auf, so dass deren Positionen und Größen bestimmt werden können. Durch einfache Annahmen über das Flugverhalten der Partikel ist es nun erstmals möglich, die Trajektorien einzelner Teilchen innerhalb der Wolke mit hoher Genauigkeit zu bestimmen, selbst wenn die Teilchen während der Detektion stark taumeln oder teilweise verdeckt werden (Abbildung 2).

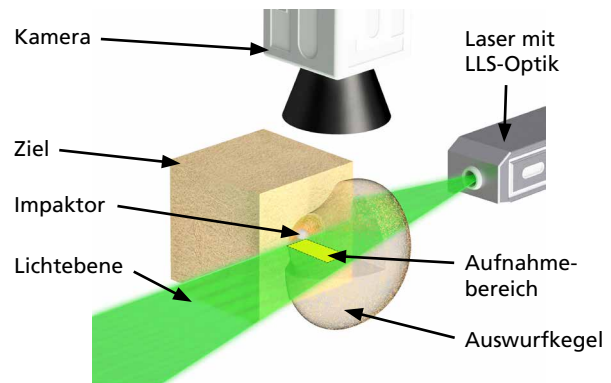
Allgemeiner erlaubt diese nicht-invasive Messtechnik, wichtige Zusammenhänge zwischen Ejektaeigenschaften und Einschlagbedingungen zu finden, welche unabdingbar sind für die korrekte Vorhersage von Materialreaktionen auf einen Hypervelocity-Impakt.



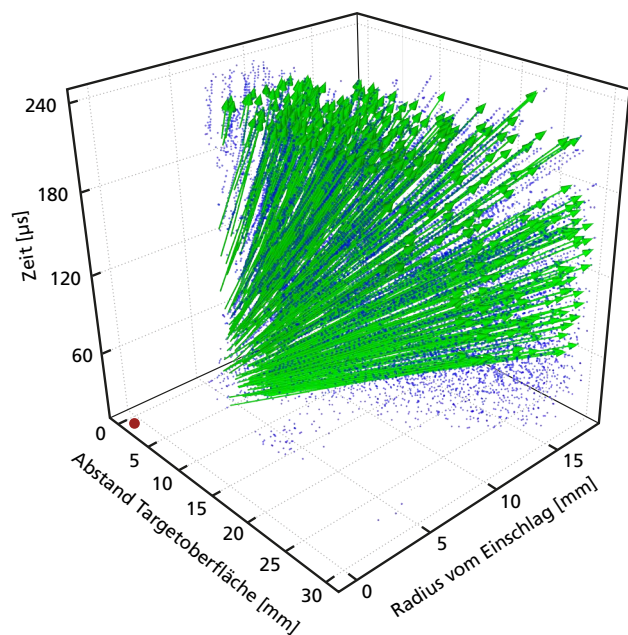
Ansprechpartner

Dr. Max Gulde

max.gulde@emi.fraunhofer.de



1 Experimenteller Aufbau: Nach dem Einschlag werden Teilchen im Auswurfkegel innerhalb der vom Laser beleuchteten Ebene (gelb) durch eine Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommen.

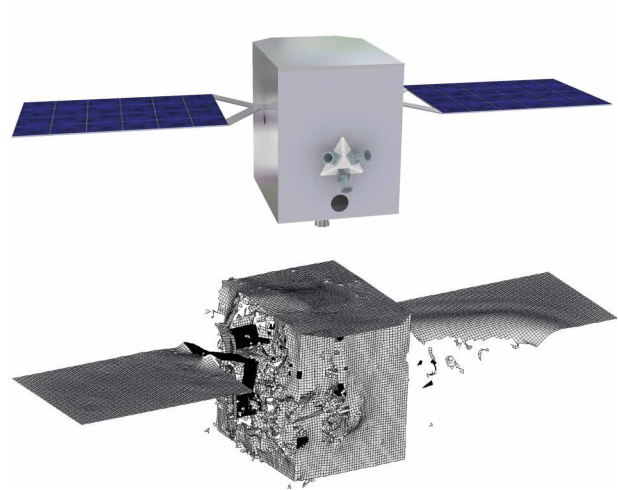


2 Aufgenommene Teilchenwolke nach Hypervelocity-Impakt (roter Punkt). Grüne Pfeile stellen Trajektorien einzelner Partikel dar.

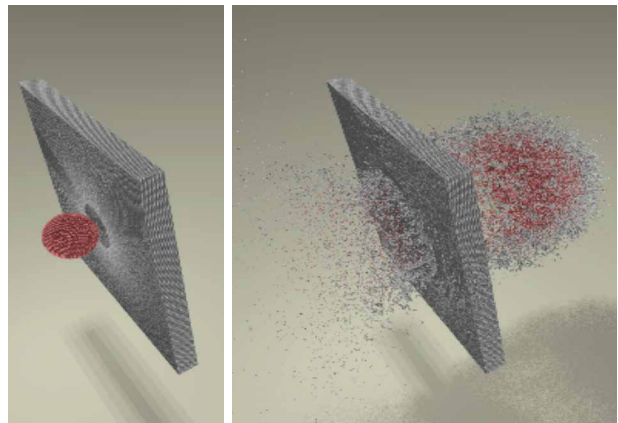
Simulation von Fragmentierungsereignissen im Orbit

Seit Beginn der Weltraumnutzung durch den Menschen sind Fragmentierungsereignisse im Orbit für den Großteil der Space-Debris-Objekte verantwortlich. Sie stellen eine immense Gefährdung von Satelliten dar, da sie diese im Fall einer Kollision aufgrund ihrer extrem hohen Geschwindigkeit zerstören können. Dabei entsteht wiederum eine Vielzahl von Fragmenten, die das Risiko weiterer Kollisionen erhöht. Dieses Risiko steigt angesichts der in Zukunft rasant anwachsenden Anzahl an Satelliten. Es ist für die Weltraumnutzung daher essenziell, die Konsequenzen von Fragmentierungsereignissen zu verstehen, Space-Debris-Populationen zu quantifizieren und das Risiko für Raumfahrtmissionen abzuschätzen.

Das Fraunhofer EMI untersucht das Thema Fragmentierungsereignisse mittels numerischer und experimenteller Methoden. SOPHIA – eine am EMI entwickelte Software – wird zur Analyse komplexer Satellitenkollisionen im Auftrag der europäischen Raumfahrtagentur ESA eingesetzt. Das zugrunde liegende Berechnungsverfahren koppelt Finite-Elemente- mit netzfreien Methoden und ist damit zur Untersuchung von Fragmentierungsereignissen prädestiniert. Parallel dazu werden im Projekt DEM-O des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) auch neue partikelbasierte Methoden weiterentwickelt, die zeiteffiziente Simulationen von Fragmentierungen versprechen. Impaktexperimente, die die Kollision im Modellmaßstab nachstellen, werden zur Validierung der numerischen Simulation herangezogen. Hierzu werden Methoden zur selektiven Beleuchtung und Nachverfolgung von Fragmenten im Experiment vorangebracht.



1 CAD-Modell eines Satelliten (oben) und dessen impaktinduzierte Fragmentierung in einer SOPHIA-Simulation (unten).



2 Simulation einer generischen Struktur mit partikelbasierten Methoden im Projekt DEM-O.



Ansprechpartner
Martin Schimmerohn
martin.schimmerohn@emi.fraunhofer.de

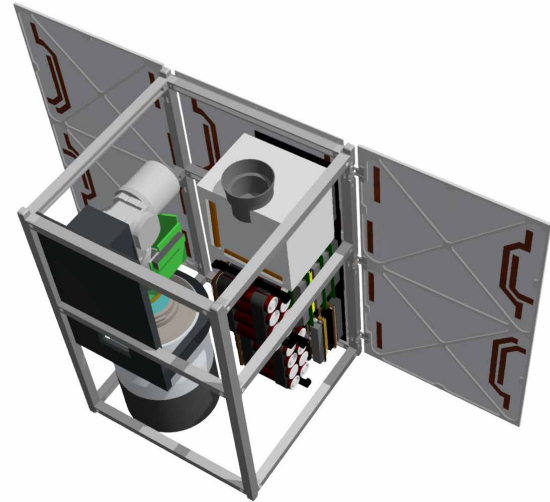


Ansprechpartner
Dr. Pascal Matura
pascal.matura@emi.fraunhofer.de

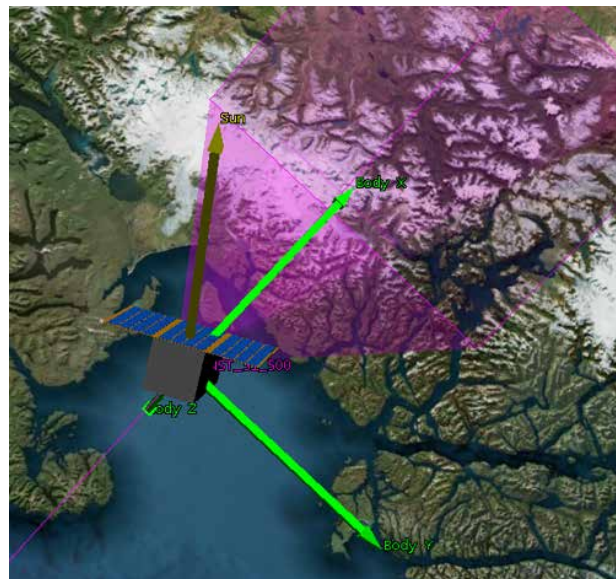
Missionsanalyse für eine Nanosatellitenmission

Die Definition des CubeSat-Standards hat der Entwicklung von Kleinstsatelliten eine unvorhergesehene Dynamik verliehen. Waren Kleinstsatelliten bisher vor allem für einige wenige Universitäten und Amateurfunker interessant, sorgen diese seit 2015 für die höchsten Startzahlen in der Raumfahrtgeschichte. Die Vorteile dieser Systeme sind allgemein niedrigere Kosten und kürzere Entwicklungszeiten, die gegenüber einer statistisch bisher eingeschränkten Zuverlässigkeit und physikalischen Limitation der Kleinstsatelliten abgewogen werden müssen. Das Fraunhofer EMI entwickelt derzeit eine Nanosatellitenplattform, um dessen Anwendungspotenzial für militärische Applikationen zu untersuchen.

Am Beginn der Entwicklungsarbeiten im Jahr 2016 stand die Missionsanalyse. Das anspruchsvolle Anwendungsszenario ist die Observation der Erdoberfläche im infraroten (IR) Bereich zur Detektion von Raketenstarts. Dazu wurden verschiedene Missionskonzepte und Satellitenarchitekturen zur Identifikation von Systemtreibern evaluiert sowie ein geeigneter IR-Sensor als Nutzlast charakterisiert. Für unterschiedliche Umlaufbahnen und Operationsmodi wurden die relevanten Parameter analysiert, unter anderem: Aufnahmemodi und Sichtwinkel der IR-Kamera, Kontaktzeiten zur Bodenstation, fotovoltaische Energieerzeugung, Thermalhaushalt und das abschließende De-Orbiting des Satelliten. Im Wechselspiel der Parameter wurde so die bestmögliche Lösung in Form von Missionsanforderungen und vorläufigem Systemdesign erarbeitet.



1 Vorläufiges Systemdesign des EMI-Nanosatelliten ERNST.



2 Simulation des Satellitenüberflugs mit Bodenspur des Sensors.



Ansprechpartner

Martin Schimmerohn

martin.schimmerohn@emi.fraunhofer.de

**Das EMI ist Mitglied
in der Fraunhofer-Allianz Space**

Die Raumfahrt stellt eine der wichtigsten Schlüsseltechnologien einer modernen Industriegesellschaft dar. Wir nutzen sie für Wettervorhersagen, Navigation, Direktübertragungen im Satellitenfernsehen oder globale Internetverfügbarkeit.

Die Allianz Space bündelt die technologischen Kompetenzen der Institute als Ansprechpartner für Raumfahrtindustrie und Zuwendungsgeber wie ESA oder Europäische Kommission. Fraunhofer ist somit Systemanbieter, der verschiedenartige Komponenten auf höchster Qualitätsstufe entwickelt und diese, zu einem Gesamtsystem integriert, an den Kunden übergibt.

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

Ansprechpartner: Prof. Dr. Frank Schäfer

1. bis 4. Juni 2016: Erfolg auf der ILA Berlin Air Show

Wertvolle Kontakte konnten bei der wichtigsten nationalen Plattform für Entscheider aus der Luft- und Raumfahrtbranche geknüpft werden: Auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand in direkter Nachbarschaft zu OHB, DLR und ESA zeigte das EMI mit der Datenverarbeitungseinheit für optische Nutzlasten in Kleinsatelliten ein aktuelles Technologiehighlight. Die Präsentation des Softwaretools PIRAT (Particle Impact Risk and Vulnerability Assessment Tool), mit dem über eine Risikoanalyse die Verwundbarkeit von Satellitenkomponenten ermittelt werden kann, zog etliche Fachbesucher an und entwickelte sich auch an den allgemeinen Besuchertagen zum Publikumsmagneten.

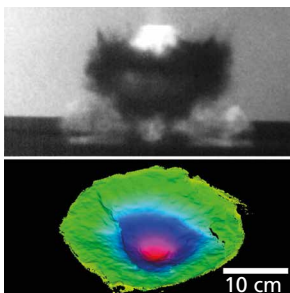


Weitere Informationen finden Sie unter www.ila-berlin.com

Projektabschluss MEMIN

Die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierte Forschergruppe MEMIN (Multidisciplinary Experimental and Modeling Impact Crater Research Network) erforschte mit experimentellen und numerischen Verfahren die Prozesse bei Hochgeschwindigkeitseinschlägen auf planetaren Oberflächen. Im Rahmen von MEMIN kooperierte Fraunhofer EMI mit den Universitäten Freiburg, Jena, München und Münster, dem Museum für Naturkunde Berlin, dem DESY Hamburg sowie Partnern in Beauvais, Frankreich, und Stony Brook, USA.

Weitere Informationen finden Sie unter www.memin.de



Ejektawolke und digitales Höhenmodell eines experimentell erzeugten Kraters in Sandstein.

Software für optische Nutzlasten in Kleinsatelliten

Für den Kleinsatelliten Kent Ridge 1 lieferte das Fraunhofer EMI die Software für die Datenverarbeitungseinheit aller drei Kameranutzlasten. Der 80 Kilogramm schwere Satellit demonstriert neuartige Hyperspektralkameras mit insgesamt 60 Kanälen für die Erdbeobachtung. Seit dem Start ins All im Dezember 2015 übernimmt die Software des EMI die Aufnahme, Verarbeitung, Komprimierung und Speicherung der Kamerabilder an Bord des Satelliten. Zusätzlich ist es möglich, einen Videolivestream in HD-Qualität zur Erde zu übertragen. Darüber hinaus wurden im EMI Hardware und Software entwickelt, die zur Dekodierung und Darstellung der empfangenen Bilddaten in der Bodenstation des Satelliten zum Einsatz kommen.



Hardware der Bodenstation zum Empfang der Nutzlastdaten.

GESCHÄFTSFELD
LUFTFAHRT



GESCHÄFTSFELD LUFTFAHRT



Die führenden Luftfahrtunternehmen haben sich einer konsequenten Verbesserung der Umweltverträglichkeit der Luftfahrt verschrieben. Bis 2050 sollen die CO₂-Emissionen um

75 Prozent, der Stickoxidausstoß um 90 Prozent und der Fluglärm um 65 Prozent reduziert werden. Neben diesen ökologischen Aspekten muss weiterhin die Sicherheit von Flugzeugen gewährleistet sein. Das Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik begleitet die europäische Luftfahrtindustrie auf ihrem Weg zu einer nachhaltigeren, saubereren und sichereren Fortbewegung.

Additive Manufacturing, auch bekannt als 3D-Druck, mit metallischen Werkstoffen eröffnet der Luftfahrtbranche völlig neue Möglichkeiten der lastangepassten Gestaltung von Strukturbauteilen und ist daher eine der Schlüsseltechnologien im Hinblick auf Leichtbau und Industrie 4.0. Im Interview auf Seite 64 wird deutlich, welche Möglichkeiten sich durch die Anwendung von Additive Manufacturing

auch in der Luftfahrt ergeben und welchen Beitrag das Fraunhofer EMI hier zu einer nachhaltigen, sicheren Luftfahrt leisten kann.

Darüber hinaus befassen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer EMI mit dem Schutz von Luftfahrzeugen vor extremen äußeren Einwirkungen. Neben der in der breiten Öffentlichkeit bekannten Gefährdung von Fluggeräten durch Kollision mit Vögeln oder Vogelschwärmen untersuchen wir die Auswirkungen von Naturgewalten wie Hagel oder Blitzschlag auf Luftfahrzeuge.

Wir arbeiten daher sowohl experimentell als auch in der Simulation am Verständnis der physikalischen Effekte, die während eines solchen Blitzeinschlags ablaufen, und helfen somit, neue Konzepte zum Schutz vor Blitzeinwirkung zu entwickeln.

Weiterhin wurde in diesem Jahr eine neue Prüfmethodik für den Beschuss von Strukturen mit standardisierten Eiskugeln entwickelt, wodurch nun reproduzierbare Eisimpaktuntersuchungen im luftfahrtrelevanten Geschwindigkeitsbereich möglich geworden sind.



Dr. Michael May

Geschäftsfeldleiter Luftfahrt

Telefon 0761 2714-337

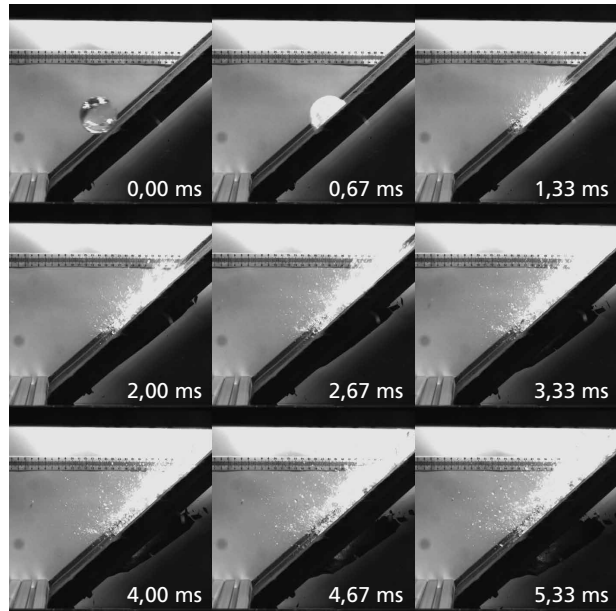
michael.may@emi.fraunhofer.de

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

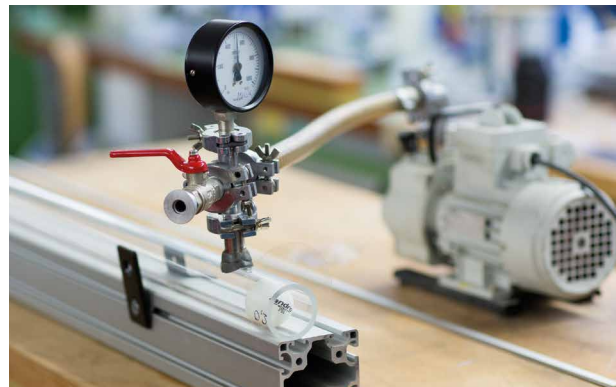
Gefahren für die Luftfahrt durch Hagelschlag – neue Untersuchungsmethoden am EMI

Neue Materialien im Luftfahrtbereich sollen in der Regel nicht nur leichter und günstiger herzustellen sein, sie dürfen gegenüber typischen umweltbedingten Einflüssen auf keinen Fall anfälliger sein als konventionelle Werkstoffe. Dies gilt auch gegenüber Belastungen durch Hagelschlag. Hagelkörner mit Durchmessern von drei Zentimetern bis fünf Zentimetern sind meteorologisch gesehen zwar seltene, aber nicht zu vernachlässigende Wetterereignisse. Sie können bei Relativgeschwindigkeiten von 60 Metern pro Sekunde bis 250 Metern pro Sekunde zur ernsthaften Gefahr für Außenhautstrukturen von Flugzeugen werden.

Um solche Belastungen nachstellen zu können, wurde in einer Machbarkeitsstudie am EMI in einem vergleichsweise niedrigen Geschwindigkeitsbereich mit unterschiedlichen Beschleunigungsverfahren experimentiert. Die Herausforderung bestand primär darin, die künstlich hergestellten Hagelkörner nicht derart abrupt zu beschleunigen, dass sie sich bereits während dieses Beschleunigungsprozesses selbst zerlegen. Neben mechanischen und pneumatischen Ersatzsystemen wurde auch mit den vorhandenen konventionellen Beschleunigern gearbeitet. Der Durchbruch gelang durch eine geschickte konstruktive Modifikation eines einstufigen Druckbeschleunigers, so dass Hagelschlagexperimente nun am EMI durchgeführt und Materialien von kritischen Außenhautstrukturen bei diesen Belastungen experimentell untersucht werden können.



1 Aufschlag einer fünf Zentimeter großen Klareiskugel bei 50 Metern pro Sekunde auf eine um 45 Grad angestellte Dachziegel.



2 Nachbau eines pneumatischen Ersatzbeschleunigers, basierend auf dem Wirkprinzip einer Vakuum-Bazooka.



Ansprechpartner
Dr. Matthias Boljen
matthias.boljen@emi.fraunhofer.de



Ansprechpartner
Dr. Martin Sauer
martin.sauer@emi.fraunhofer.de

Blitzschlag auf CFK-Strukturen

Die Einsatzgebiete von Kohlefaserverbundwerkstoffen (CFK) in luftfahrttechnischen Anwendungen sind in den vergangenen Jahren stetig gestiegen. In modernen Lini-enflugzeugen beträgt ihr Volumenanteil zum Beispiel am Rumpf bereits über 50 Prozent. Ausschlaggebend hierfür ist das hervorragende Verhältnis von hoher Stabilität bei gleichzeitig geringem Gewicht im Vergleich zu herkömmlichen Metallwerkstoffen. Die geringe elektrische Leitfähigkeit von CFK-Materialien stellt allerdings eine Herausforderung für die Blitzschlagsicherheit im Luftverkehr dar.

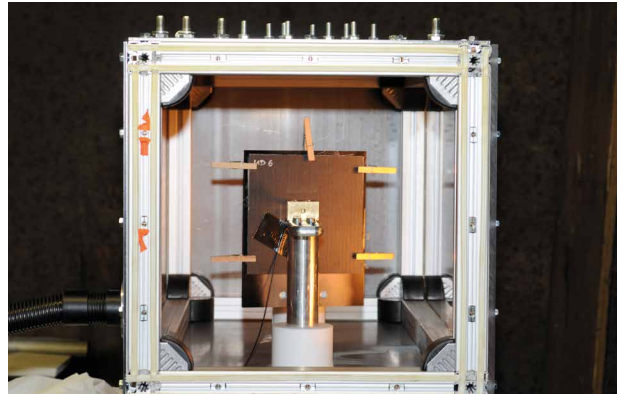
Aus diesem Grund testen wir zukünftig an unserer Blitzschlaganlage in Efringen-Kirchen Schutzkonzepte für CFK-Strukturen. Neben der klassischen Lösung, bei der ultradünne Metallgitternetze aus Kupfer in das Laminat integriert werden, um die punktuell eingebrachte, elektrische Energie des Blitzschlags über die gesamte Fläche der Struktur zu verteilen und abzuleiten, werden Untersuchungen an innovativen Blitzschutzkonzepten angestrebt. Ohne diese Schutzkonzepte besteht die Gefahr von Faserbrüchen, Schichtdelaminationen oder sogar der kompletten Perforation der Struktur. Die hierfür an der Anlage simulierten Blitzentladungen erreichen Spitzenströme von bis zu 200 Kiloampere bei Entladungszeiten von weniger als 100 Mikrosekunden. Die extremen Lichtverhältnisse der Lichtbogenentladung stellen eine zusätzliche Herausforderung für die Beobachtung des Vorgangs mittels Hochgeschwindigkeitskameras dar. Mit Ultraschall-, Röntgen- und CT-Diagnostik kann das Schädigungspotenzial auch in tieferliegenden Materialschichten nach dem Versuch quantifiziert werden. Ziel der Untersuchungen ist die Optimierung der Schutzkonzepte hinsichtlich Gewicht und Schutzwirkung.



Ansprechpartner

Michael Kunz

michael.kunz@emi.fraunhofer.de



1 Frontansicht der Blitzschlaganlage mit eingesetztem CFK-Panel.



2 Detailansicht des Schädigungsbilds eines ungeschützten CFK-Panels nach einem 100-Kiloampere-Blitzschlag.

Clean Sky 2: erste Ergebnisse der Fraunhofer-EMI-Projekte

In dem derzeit größten und ehrgeizigsten europäischen Luftfahrtforschungsprogramm Clean Sky 2 arbeiten Industrie und Forschung gemeinsam an innovativen Technologien, um die Luftfahrt umweltverträglicher und damit zukunftsfähig zu machen.

Der Schwerpunkt der Projektarbeiten des Fraunhofer EMI liegt dabei auf Leichtbaulösungen und der Untersuchung von Strukturen aus neuen, leichteren Materialien unter extremen Lasten. Diese Themen werden am Fraunhofer EMI sowohl in Experimenten als auch in Simulationen untersucht.

2016 konnten in den Projekten bereits einige wichtige Meilensteine erreicht und ein erstes Projekt zur Auslegung von Helikopterstrukturen für den Lastfall Vogelschlag abgeschlossen werden. Die Ergebnisse dieses Projekts fließen direkt in die erforderlichen Nachweise zur Flugzulassung (permit to flight) des neuen Helikoptertyps ein, der in Clean Sky 2 als Demonstrator gebaut werden wird.

Clean Sky präsentierte sich auch 2016 wieder mit einem Stand auf der Internationalen Luftfahrtausstellung (ILA) in Berlin (1. bis 4. Juni). Der Stand war Anlaufpunkt für viele interessierte (Fach-)Besucher, aber auch eine gute Gelegenheit, etliche Programmbeteiligte aus Industrie, Forschung und Europäischer Kommission sowie Kolleginnen und Kollegen anderer beteiligter Fraunhofer-Institute zu treffen.



1 Der Clean-Sky-Stand auf der ILA 2016 in Berlin.



Ansprechpartnerin
Dr. Stephanie Günther

stephanie.guenther@emi.fraunhofer.de



Weitere Informationen finden Sie unter www.cleansky.eu

ADDITIVE DESIGN AND MANUFACTURING

IM GESPRÄCH MIT DR. MATTHIAS WICKERT
UND KLAUS HOSCHKE

Additive Design and Manufacturing – 3D-Druck als revolutionäre Fertigungstechnologie

Im Januar 2017 wurde die neue Gruppe Additive Design and Manufacturing gegründet. Gruppenleiter Klaus Hoschke und Senior Scientist Dr. Matthias Wickert gewähren Einblick in ihr Forschungsfeld.

Was ist Additive Manufacturing beziehungsweise 3D-Druck?

Hoschke: 3D-Druck meint das direkte Erzeugen des dreidimensionalen Aufbaus von Bauteilen, Objekten oder Strukturen. Wir verwenden metallische Werkstoffe. Dünne Schichten an Metallpulver werden auf einer Plattform aufgetragen, durch Laserenergie lokal aufgeschmolzen und mit der vorhergehenden Schicht verbunden. In mehreren Schritten setzt sich so ein dreidimensionales Objekt zusammen. Der große Vorteil dieser generativen Fertigung ist, dass nur Strukturmaterial erzeugt wird, wo es im Endprodukt auch gewünscht ist. Für den 3D-Druck sind nicht nur Metalle geeignet, 3D-Druck wird insbesondere auch für Kunststoffe eingesetzt.

Wickert: Wir konzentrieren uns auf Metalle und faserverstärkte Kunststoffe, weil reine Kunststoffstrukturen meist nicht die gewünschte Tragfähigkeit und Festigkeit für kurzzeitdynamische Belastungen liefern.

Der Gruppenname lautet Additive Design and Manufacturing. Was spiegelt er wider?

Wickert: Durch den Namen können wir dem Kunden unsere Dienstleistungen präzise verdeutlichen. Der Begriff Additive Manufacturing grenzt uns von subtraktiven Fertigungstechniken wie Bohren, Fräsen oder Sägen ab. Bei dieser Art der Fertigung wird für ein Bauteil in vielen Schritten Material entfernt, bis die gewünschte Struktur übrig bleibt. Die generative Fertigung dagegen baut die Struktur durch Hinzufügen des nötigen Materials auf. Der Begriff »Design« besagt, dass wir die Strukturen im Vorfeld intensiv in Simulationen betrachten, virtuell testen und Designausführungen in Hinblick auf zu erfüllende Funktionen evaluieren.

Was macht diese Technologie besser als andere Verfahren?



1 Klaus Hoschke (links) und Dr. Matthias Wickert (rechts) beim Interview.

Hoschke: Zum einen ist das die Auslegungs- und Designfreiheit. Durch das schichtweise Auftragen und punktuelle Aufschmelzen des Metallpulvers ist ein freies Verteilen des Materials möglich. Bei herkömmlichen Verfahren muss man im Design geometrische Vorzugsrichtungen beachten, um den Formen der Bearbeitungswerkzeuge gerecht zu werden. Ohne diese Einschränkungen lässt der 3D-Druck eine hohe geometrische Freiheit in der Formgebung zu. Zum anderen können wir völlig neue Eigenschaften von Materialien erzeugen. Durch die Steuerung des Energieeintrags im Laserprozess kann man die erzeugte Mikrostruktur gezielt beeinflussen. Dieses gesamte Forschungsgebiet ist noch weitgehend unerschlossen.

Können Sie konkrete Beispiele für ein additiv gefertigtes Produkt nennen?

Hoschke: Wir beschäftigen uns zurzeit mit der Auslegung eines Bauteils für eine Ladungsklappe mit Öffnungs- und Schließmechanismus in einem Flugzeug. Das Bauteil muss das Eigengewicht der Klappe tragen, Windlasten aushalten und dabei möglichst leicht sein. Für die Entwicklung eines effizienten Bauteils müssen wir all diese Ansprüche im Design bedenken. Ein weiteres Beispiel ist unser Radträger für ultraleichte Elektrofahrzeuge.

Apropos ultraleicht: Welche Implikationen ergeben sich durch den 3D-Druck im Leichtbau?

Hoschke: Der Leichtbau ist stark mit dieser neuen Technologie verbunden. Durch die geometrische Freiheit der Struktur und des Designs ergeben sich für den Leichtbau neuartige Ingenieurmethoden. Ein Beispiel dafür ist,

Kraftpfade am Computer zu simulieren und so die sinnvollste funktionelle Struktur des Materials für den effektivsten Nutzen zu bestimmen.

Wickert: Bisher haben wir den Aspekt des Leichtbaus unter mechanischen Lasten betrachtet. Mit 3D-Druck können aber vollkommen neue Lösungen designt werden, die die Struktur eines Bauteils gleichzeitig mit anderen Funktionen verbindet: beispielsweise einer Kühlfunktion, indem Kanäle zum Wärmetransport in das besagte Teil integriert werden. Der 3D-Druck eröffnet hier ein neues, multidisziplinäres Forschungsfeld, welches wir untersuchen und mitgestalten wollen.



2 Klaus Hoschke leitet seit 1. Januar 2017 die neue Gruppe Additive Design and Manufacturing.

Inwieweit greifen Sie auf vorhandenes Wissen am EMI zurück?

Wickert: Die Wissensvernetzung im EMI spielt eine wichtige Rolle. Das Thema 3D-Druck am EMI stammt aus der Gruppe Lasertechnologie. Durch neue Hochleistungslaser mit Größenordnungen im Kilowattbereich rückten neue Anwendungsgebiete wie das Sintern von Metallpulver zu 3D-gedruckten Strukturen in den Fokus. Gleichzeitig wurden am EMI bereits Aluminiumschäume, die den mit 3D-Druck herstellbaren Strukturen ähneln, auf ihre mechanischen Eigenschaften hin untersucht und die Werkstoffbeanspruchung modelliert und charakterisiert. Dieses klassische Kompetenzfeld des EMI dient dazu, in numeri-

schen Simulationen vorhersagen zu können, wie sich Bauteile unter Last verhalten. Der 3D-Druck mit Metallpulver kombiniert die Expertise aus der Lasertechnologie mit den Erkenntnissen der Werkstoffcharakterisierung und setzt sie im Rahmen neuer Designs um. Wir entwickeln neue Lösungen, stellen sie selbst her und überprüfen sie experimentell hier im Haus. Sind die Tests noch nicht zufriedenstellend, versuchen wir, das Problem mit einem Redesign zu lösen. So entsteht ein Zyklus. Wir können auf EMI-Know-how zurückgreifen und geben gleichzeitig neue Erkenntnisse an verschiedene Bereiche zurück.

Ihre Anlage befindet sich in Efringen-Kirchen. Wozu wird ein neues Labor in Freiburg gebaut?

Wickert: Unser Fertigungswerkzeug ist eine relativ große Lasersinteranlage, die übergangsweise in Efringen-Kirchen untergebracht ist. Da für uns die Nutzung von Computern für Simulationen und Modellierungen im Mittelpunkt steht, wurde für den Neubau in der Albertstraße ein größeres Labor entworfen. Nach dessen Fertigstellung wird die Maschine nach Freiburg umziehen und zusammen mit weiteren Geräten und Computern zu einem Laborzentrum für 3D-Druck ausgebaut.

Sie nutzen eine kommerziell verfügbare Lasersinteranlage. Was zeichnet die Arbeit Ihrer Gruppe dann im Besonderen aus?

Wickert: Die Maschine ist eine Standardindustriemaschine, die Produktion ist somit kein Alleinstellungsmerkmal. Was uns auszeichnet, ist die wissenschaftliche Expertise für den Schritt des Designs. Wir wollen auf industriell verfügbaren Maschinen das Potenzial dieser Technologie aufzeigen, um sie letztlich in neue Anwendungen zu überführen. Das Entwickeln der Designs ist die wirkliche Herausforderung. Am EMI charakterisieren wir Material unter kurzzeitdynamischen Belastung und untersuchen, wie das optimale Design eines Bauteils für spezifische Anwendungen ausgelegt sein muss. Gerade weil wir mit industriekompatiblen Fertigungsanlagen wie der Lasersinteranlage arbeiten, lassen sich unsere Ergebnisse aus dem 3D-Druck schneller in die Industrie überführen.

Hoschke: Wir betreiben systematische Anwendungsforschung. Die 3D-Technologie steht im Moment an der Schwelle zwischen Prototyping und industrieller

Fertigung neuartiger Produktlösungen. Unser Anspruch ist, den Transfer hin zu industriellen Anwendungen und zur serienmäßigen Industriefertigung zu schaffen. Wir wollen den 3D-Druck nicht um seiner selbst willen untersuchen, sondern die Vorteile der Technologie herausstellen. Die additiven Materialien müssen vollständig verstanden, bionische Strukturen weiter erforscht und die effektive Anwendung von Computertools für zielführende Designs optimiert werden. Neue und komplexe Additive Designs sollen ressourceneffizient und qualitativ hochwertig hergestellt werden können. Auf all diesen Gebieten herrscht großer Forschungsbedarf.



3 Klaus Hoschke (links) und Dr. Matthias Wickert (rechts).

Wie dient die 3D-Technologie dem Gebot der Nachhaltigkeit?

Hoschke: Der Hauptaspekt der Nachhaltigkeit betrifft die Ressourceneffizienz. Für den Herstellungsprozess wird nur Material verwendet, das im Endprodukt tatsächlich benötigt wird. Das restliche Material kann zudem zu einem sehr hohen Prozentsatz – wir rechnen mit über 95 Prozent – recycelt werden.

Wickert: Einen wesentlichen Nachhaltigkeitsaspekt stellt zudem das bionische Design dar. In der Natur werden Materialien höchst effizient verwendet: Eine Knochenstruktur bildet sich dort stärker aus, wo sie auch Belastungen

ausgesetzt ist. Wir nehmen Erkenntnisse der Bionik in unsere Computersimulationen auf, um den Einsatz von Materialien effizienter zu gestalten. Für den 3D-Druck gilt, dass eine leichtere Struktur gleichzeitig bedeutet, dass man weniger Material, weniger Maschinenzeit und somit weniger Strom benötigt. Funktionsgerecht designter Leichtbau bedeutet für den 3D-Druck gleichzeitig die ökonomischste und ökologischste Art der Fertigung.

In Freiburg gibt es das Leistungszentrum Nachhaltigkeit und das Institut für Nachhaltige Technische Systeme INATECH. Gibt es Ansätze zur Zusammenarbeit?

Wickert: Mit unserer Studie zur Ressourceneffizienz innerhalb des Landesprogramms BWPLUS »Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung« adressieren wir genau die Thematik des Leistungszentrums. Wir denken, dass wir in Zukunft mit interessanten Fragestellungen und Projekten einen Beitrag leisten können.

Hoschke: Die additive Fertigung muss außerdem vermehrt Einzug in die Ausbildung zukünftiger Ingenieurinnen und Ingenieure erhalten. Momentan liegt der Fokus auf klassischen Verfahren. Das hat Einfluss darauf, wie in Zukunft nachhaltige und resiliente Systeme ausgelegt werden. Über meine Promotion bei Professor Stefan Hiermeier bestehen sehr gute Kontakte zur Universität, und ich möchte aktiv werden, Studierenden meine Arbeit näherzubringen. Es gab bereits Gespräche, Studierende im Rahmen einer Exkursion in unsere Labore zu führen und ihnen die Technologie vorzustellen oder Workshops zu halten.

Industrie 4.0 – welche Anknüpfungspunkte gibt es?

Wickert: Bei dem 3D-Druck handelt es sich um einen vollkommen computergesteuerten Fertigungsprozess. Üblicherweise wird für jedes Bauteil ein Datensatz mit allen Herstellungsdaten angelegt. Diese Entwicklung ist typisch für Industrie 4.0 und ihre enge Verknüpfung von Produktion und Informationstechnologie.

Hoschke: Hieraus resultieren weitere Implikationen in Logistik oder Datenmanagement. Durch weniger Transporte von Bauteilen und Produkten werden Ressourcen eingespart. Bekanntes Negativbeispiel aus der Vergangenheit ist der Airbus A380, dessen Herstellung, über ganz Europa verteilt, ein hohes Transportaufkommen

generierte. Durch 3D-Druck könnten in Zukunft weniger Fertigungs- und Montageschritte nötig sein und gleichzeitig intelligente und effiziente Produktionsstätten entstehen: Die Bauteile entstehen dort, wo sie benötigt werden.

Ein Blick in die Zukunft – wie wird sich die Technologie entwickeln? Etwa zu 3D-Druck für den Hausgebrauch?

Hoschke: Kleine 3D-Drucker für Kunststoffe haben bereits viele zu Hause. Für Metalle ist das zu aufwendig. Dennoch erwarten wir immer mehr 3D-Gedrucktes im Alltag, individuell angepasst, wie Spezialanfertigungen in der Medizintechnik. Wichtiger jedoch: Studien besagen, dass sowohl Forschung, Industrie und Wirtschaft von dieser Technologie massiv beeinflusst werden. Mit dem Fokus auf Modellierung und Simulation der Bauteile wird die Produktion eine untergeordnete Rolle einnehmen. Die große Vision ist, Datensätze zu erstellen, die ortsunabhängig an einer beliebigen Maschine realisierbar sind. Die Bundeswehr kann hiervon profitieren, indem Ersatzteile am Einsatzort hergestellt werden könnten. Dies verdeutlicht mögliche große Veränderungen: Transportiert werden zukünftig keine Produkte mehr, sondern CAD-Dateien, die vor Ort zu Produkten gefertigt werden.

Wickert: Die additive Fertigung kann einen Paradigmenwechsel in Design und Fertigung auslösen. Weder Wirtschaft noch die universitäre Lehre sind bis jetzt auf diese Veränderungen vorbereitet. Andere Länder haben den disruptiven Charakter der additiven Fertigung auch erkannt. In den letzten Jahren wurden bereits verschiedene Firmen in Deutschland aufgekauft, die sich mit 3D-Druck beschäftigen. Deutschland hat den Vorteil, reich an Fachwissen, Ingenieuren und hochentwickelten Produkten zu sein. Nun liegt es an Wirtschaft und Politik, die Nutzung dieser in Deutschland wesentlich mitentwickelten Technologie zu fördern, um auch vom wirtschaftlichen Potenzial zu profitieren. Wir am EMI erachten es als sehr wichtig, diesen Prozess mitzugestalten.

Kontakt

Dr. Matthias Wickert

matthias.wickert@emi.fraunhofer.de

Klaus Hoschke

klaus.hoschke@emi.fraunhofer.de



4 Dr. Matthias Wickert.

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

Die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung integriert deutschlandweit 17 Fraunhofer-Institute, die sich – fokussiert auf unterschiedliche Schwerpunkte – mit der Thematik der generativen Fertigung befassen, und bildet damit die gesamte Prozesskette ab. Dies umfasst die Entwicklung und Anwendung generativer Fertigungsverfahren und Prozesse sowie die dazugehörigen Materialien.

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



Radträger eines Ultraleichtfahrzeugs.

EMI-MOSAİK

LEISTUNGSZENTRUM NACHHALTIGKEIT FREIBURG



Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg stärkt Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Gesellschaft

Daimler, Bosch, Audi, BMW, Deutsche Bahn, Hannover RE, Merck – es sind namhafte Unternehmen, die sich im letzten Jahr in Freiburg die Klinke in die Hand gegeben haben. Zu verdanken ist das den Anstrengungen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leistungszentrums Nachhaltigkeit Freiburg (LZN). Dank ihrer innovativen Ideen entsteht hier ein überregional bekannter Leuchtturm für Nachhaltigkeitsforschung. Und davon möchte die Industrie profitieren. So konnten 2016 die Daimler AG und die Robert Bosch GmbH als neue Ankerpartner gewonnen werden (siehe i-protect, Seite 43).

Auch darüber hinaus war das LZN im letzten Jahr erfolgreich, etwa im Rahmen der BMBF-Initiative Zukunftsstadt. So wurde die Stadt Freiburg mit dem LZN als Wissenschaftspartner als eine von 20 Städten für Phase II des Kommunenwettbewerbs ausgewählt. Und das LZN konnte eine Förderung zur Vermarktung von Systemlösungen für urbane Resilienz in den USA für die Jahre 2017 und 2018 einwerben.

Die Wirtschaftsministerin des Landes Baden-Württemberg Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut informiert sich bei den Koordinatoren des Leistungszentrums Nachhaltigkeit Freiburg, Prof. Gunther Neuhaus und Prof. Stefan Hiermaier, über aktuelle Projekte.

Ende 2016 fand die erste Sustainability Session des Leistungszentrums statt. Dieses neue Veranstaltungsformat holt renommierte Nachhaltigkeitsforscher zu einem abendlichen Fachvortrag mit anschließendem Empfang nach Freiburg. Am 21. Dezember diskutierte Prof. Armin Reller von der Universität Augsburg mit über 30 interessierten Teilnehmenden die Kritikalität strategischer Ressourcen. Dem gelungenen Auftakt sollen 2017 und 2018 weitere Sustainability Sessions folgen.



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



**Ansprechpartner
Benjamin Scharte**

geschaeftsstelle@leistungszentrum-nachhaltigkeit.de

INSTITUT FÜR NACHHALTIGE TECHNISCHE SYSTEME – INATECH

Erster Masterstudiengang am Institut für Nachhaltige Technische Systeme ruft weltweites Interesse hervor

Zum Wintersemester 2016/2017 hat das neue Institut INATECH an der Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg seinen Lehrbetrieb aufgenommen. Im englischsprachigen Master Sustainable Systems Engineering haben sich insgesamt 42 Studierende aus aller Herren Länder eingeschrieben. Über 80 Prozent von ihnen kommen nicht aus Deutschland, der überwiegende Teil davon aus Asien, etwa aus Indien, Pakistan oder Thailand.

Das Interesse an diesem völlig neuartigen Studiengang war riesig, so dass aus einigen Hundert Bewerbungen die vielversprechendsten ausgewählt werden konnten. Seit Oktober 2016 besuchen die Studierenden nun Lehrveranstaltungen zu Themen wie den Grundlagen resilienter Systeme oder Materiallebenszyklen. Sie werden nach Abschluss ihres Masters in der Lage sein, technische Systeme ganzheitlich nachhaltig zu gestalten.

Nach dem Gründungsdirektor des INATECH, Stefan Hiermaier, und dem auf die Professur für Photovoltaische Energiekonversion berufenen Stefan Glunz wurde mit Alexander Reiterer vom Fraunhofer IPM eine weitere Professur am INATECH besetzt, nämlich zur Inspektion von Großstrukturen. Darauf wird im nächsten Schritt eine Professur aus dem Bereich Resilience Engineering folgen, die eng mit den Forschungsaktivitäten des Fraunhofer EMI zu diesem Thema vernetzt sein wird.



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



Ansprechpartner

Dr. Georg Ganzenmüller

georg.ganzenmueller@emi.fraunhofer.de

Das Gebäude der Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Copyright: Sandra Meyndt.



**GIRLS' DAY AM FRAUNHOFER EMI,
28. APRIL 2016**



Girls' Day 2016: mit Knalleffekt und Lötkolben – Mädchen blicken hinter die Kulissen des Fraunhofer EMI

Wie prüft eine Ingenieurin Leichtbaumaterialien für Flugzeuge? Und was macht eigentlich eine Forschungsmanagerin? Diesen Fragen gingen acht Mädchen am Fraunhofer EMI beim Girls' Day am 28. April 2016 auf den Grund. Das EMI öffnete seine Pforte für Mädchen, die sich für die Arbeit an einem ingenieurwissenschaftlich-technischen Forschungsinstitut interessieren. Denn genau die technischen Berufsfelder sind es, in denen Frauen unterrepräsentiert sind.

Einblicke in die vielseitigen Ausbildungsberufe und Studiengänge in IT, Handwerk, Naturwissenschaften und Technik sollen junge Mädchen für eine Tätigkeit in solchen Bereichen ermutigen.

Dass eine Frau in einem ingenieurwissenschaftlich-technischen Forschungsinstitut spannende und wichtige Arbeit leistet, davon sprachen Dr. Hanna Paul, Gruppenleiterin Composite Design, und die Forschungsmanagerin Dr. Stephanie Günther.

Im Experiment für Materialprüfung lässt Dr. Hanna Paul (rechts) es richtig krachen.

Ein Rundgang durch die Werkstatt des Fraunhofer EMI mit Werkstattleiter Helmut Zettl präsentierte ihnen die Feinwerkmechanik. Ihre handwerklichen Fertigkeiten stellten die Mädchen im Elektronik-Labor des Instituts unter Beweis: Unter der professionellen Anleitung des Teams um Max Ortlieb fertigte jedes der Mädchen eine elektronische Sanduhr an. Am Ende gaben die jungen Besucherinnen ihr Feedback über die Eindrücke des Tags. Das Resultat war eindeutig: Die Arbeit in einem Forschungsinstitut ist super spannend. Mit dieser Einschätzung kam das Fraunhofer EMI einem erklärten Ziel des Girls' Day bereits ein Stückchen näher: Die Scheu vor einem Forschungsinstitut war am Ende des Mädchen-Zukunftstags verschwunden.



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



Ansprechpartnerin

Birgit Bindnagel

birgit.bindnagel@emi.fraunhofer.de

Besuch des Kiwanis-Clubs Badenweiler-Müllheim in Efringen-Kirchen

Kiwanis ist eine weltweite Service-Club-Organisation von Menschen, die sich für das Wohl von Kindern einsetzen. 25 Mitglieder des Kiwanis-Clubs Badenweiler-Müllheim waren am 20. Oktober 2016 am EMI in Efringen-Kirchen zu Gast und durften eine Führung durch unser Crashzentrum und am großen Stoßrohr miterleben.

Nach einem Überblicksvortrag über das Institut ging es zum Rundgang in die Crashhalle und zum großen Stoßrohr. Danach konnte die Gruppe sich bei Dr. Alexander Stolz über die Sicherheitsforschung und die Anlage BlastStar informieren.



Dr. Malte Kurfiß bei der Führung durch das Crashzentrum der Fraunhofer-Gesellschaft.

Sonne und Hitze schreckten nicht ab – beim B2Run errangen die EMI-Läufer Spitzenpositionen

Bei heißen Temperaturen über 30 Grad Celsius zeigte das Fraunhofer-EMI-Team beim B2Run am 19. Juli 2016, was kurzzeitdynamische Laufleistungen sind. Das Fünferteam von Markus Jung, Max Gulde, Klaus Hoschke, Frank Boraus und Tobias Leismann ergatterte in der männlichen Teamwertung einen stolzen vierten Platz. Die Einzelleistungen für die sechs Kilometer lange Strecke lagen sehr dicht beieinander, Markus Jung war mit einer Zeit von 00:20:58.1 der schnellste Läufer seines Teams. Insgesamt gingen beim B2Run 2016 22 Läuferinnen und Läufer vom EMI an den Start und hatten auch dieses Jahr jede Menge Spaß an dem Ereignis.



Mit Schwung und Elan beim B2Run fürs Fraunhofer EMI.

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

Erster Azubi-Tag am Fraunhofer EMI – wertschätzend und interessant

Im Herbst 2016 wurde am Fraunhofer EMI erstmalig ein standortübergreifender Tag für alle Auszubildenden, der Azubi-Tag, durchgeführt. Er diente dazu, das Institut und die vielseitigen Forschungsarbeiten, vor allem aber die anderen Auszubildenden besser kennenzulernen. Der Tag hat gezeigt, wie bedeutsam die Vernetzung und die Kommunikation untereinander und zwischen den verschiedenen Standorten ist und dass dieses Konzept eines EMI-Azubi-Tags auf alle Fälle verstetigt werden sollte. Er ist eine wichtige Maßnahme, um unseren Azubis ein vertrautes und angenehmes Arbeitsumfeld zu bieten und die Identifikation mit dem Institut zu fördern. Die Rückmeldungen waren sehr positiv und das Engagement bei allen Beteiligten sehr hoch, was zeigt, welchen hohen Stellenwert die Ausbildung junger Menschen am Fraunhofer EMI hat.



Die EMI-Azubis bei ihrem Treffen in Efringen-Kirchen.

Abgeschlossene Promotion: Martin Schimmerohn hat seine Doktorarbeit über impaktinduzierte Effekte auf Solargeneratoren abgeschlossen

Martin Schimmerohn konnte im März 2016 seine Doktorarbeit mit dem Titel »Impaktinduzierte Effekte auf Solargeneratoren im geostationären Orbit« abschließen. In der Arbeit wird der Einfluss des Einschlags von Mikrometeoroiden und Space Debris auf die Funktionalität von Solargeneratoren von Satelliten mittels Simulation und Experiment untersucht. Der grundlegende Prozess impaktinduzierter Entladungen und dessen Fehlerbedingungen werden evaluiert. Das Ereignis wurde am EMI gebührend gefeiert, und der Doktorand bekam einen der berühmten EMI-Doktorhüte überreicht.



Professor Klaus Thoma gratuliert Martin Schimmerohn und überreicht den traditionellen Doktorhut, den die Werkstatt gefertigt hat.

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. Manfred Salk

Geschäftsfeldleiter Verteidigung (bis Juni 2017)
Telefon 0761 2714-120
manfred.salk@emi.fraunhofer.de



Dr. Matthias Wickert

Geschäftsfeldleiter Verteidigung (ab Juli 2017)
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



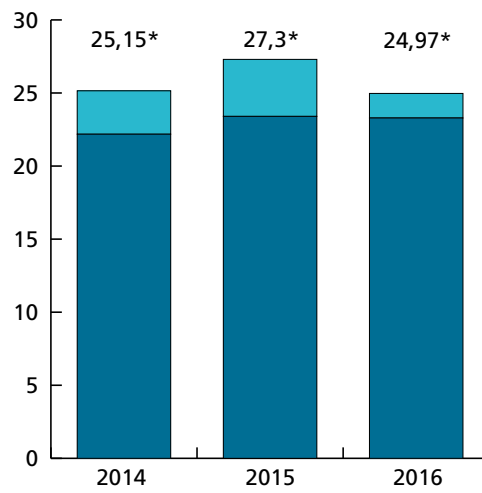
Birgit Bindnagel

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

ZAHLEN UND FAKTEN

Gesamthaushalt

Im Jahr 2016 schloss das Institut mit einem Haushalt von 24,97 Millionen Euro ab. Davon entfielen 23,29 Millionen Euro auf den Betriebshaushalt und 1,68 Millionen Euro auf laufende Investitionen. Mit einem Industrieertragsanteil von 30,1 Prozent konnten wir ein sehr gutes Ergebnis erzielen. Unverändert hoch ist der Ertragsanteil von Projekten, die durch die EU gefördert wurden: Hier liegt der Anteil bei 29,1 Prozent.

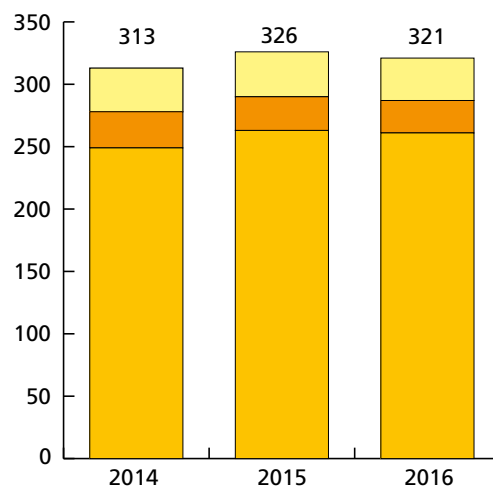


*Gesamthaushalt in Millionen Euro

- Investitionen
- Betriebshaushalt

Personal

Im Jahr 2016 waren 321 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am EMI beschäftigt. In den Bereichen Feinwerkmechanik, Elektronik und Mediengestaltung waren insgesamt 26 Auszubildende am EMI tätig.



- Hiwi/Praktikanten
- Auszubildende
- Mitarbeitende TVöD



Ansprechpartnerin

Petra Groß

petra.gross@emi.fraunhofer.de

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

Prof. Dr. rer. nat. Frank Gauterin
Leiter der 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

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

Thomas Gottschild
Geschäftsführer MBDA Deutschland GmbH,
Schrobenhausen

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

Dr. Rainer Kroth
Technischer Geschäftsführer,
Diehl Defence, Überlingen

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

Armin Papperger (Vorsitz)
Vorstandsvorsitzender Rheinmetall AG, Düsseldorf

Prof. Dr. Wolf Uwe Reimold
Professor für Mineralogie und Petrografie,
Leiter der Abteilung für Forschungsinfrastruktur,
Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für
Evolutions- und Biodiversitätsforschung, Berlin

Prof. Dr. Rodolfo Schöneburg
Director Passive Safety/Durability/Vehicle Functions,
Daimler AG, Mercedes-Benz Cars Development,
Sindelfingen

Dr. Isabel Thielen
Geschäftsführerin THIELEN Business Coaching GmbH,
München

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

Dr. Rolf Wirtz
Sprecher der Geschäftsführung ATLAS ELEKTRONIK GmbH,
Bremen

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 69 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen 1,9 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 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
2016/2017

PUBLIKATIONEN

Veröffentlichungen in Monografien, Fachzeitschriften und Proceedings mit Peer Review

- Aurich, H.; Sättler, A. (2016): Initiation of high explosive charges by fragment impact. In: C. Woodley und I. Cullis (Hg.): *Ballistics 2016*. Proceedings of the 29th International Symposium on Ballistics, Vol. 2. Edinburgh, Scotland, UK, 9.–13.5.2016. Lancaster, PA, USA: Destech Publications, S. 1520–1531.
- Behner, T.; Heine, A.; Wickert, M. (2016): Dwell and penetration of tungsten heavy alloy long-rod penetrators impacting unconfined finite-thickness silicon carbide ceramic targets. In: *International Journal of Impact Engineering* 95, S. 54–60. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2016.04.008.
- Cadoni, E.; Couque, H.; Hiermaier, S. (2016): Editorial. In: *The European Physical Journal Special Topics* 225 (2), S. 229. DOI: 10.1140/epjst/e2016-02642-7.
- Cunrath, R.; Wickert, M. (2016): Numerical analysis of the response of thick wires to extreme dynamic electromechanical loads. In: *IEEE Transactions on Plasma Science* 44 (1), S. 121–127. DOI: 10.1109/TPS.2015.2496370.
- Curosu, I.; Mechtcherine, V.; Millon, O. (2016): Effect of fiber properties and matrix composition on the tensile behavior of strain-hardening cement-based composites (SHCCs) subject to impact loading. In: *Cement and Concrete Research* 82, S. 23–35. DOI: 10.1016/j.cemconres.2015.12.008.
- Denefeld, V.; Heider, N.; Holzwarth, A. (2017): Measurement of the spatial specific impulse distribution due to buried high explosive charge detonation. In: *Defence Technology*, im Druck. DOI: 10.1016/j.dt.2017.03.002.
- Diehl, P.; Franzelin, F.; Pflüger, D.; Ganzenmüller, G. C. (2016): Bond-based peridynamics. A quantitative study of Mode I crack opening. In: *International Journal of Fracture* 201 (2), S. 157–170. DOI: 10.1007/s10704-016-0119-5.
- Dlugosch, M.; Lukaszewicz, D.; Fritsch, J.; Hiermaier, S. (2016): Experimental investigation of hybrid material systems consisting of advanced composites and sheet metal. In: *Composite Structures* 152, S. 840–849. DOI: 10.1016/j.compstruct.2016.06.029.
- Erd, M.; Schäfer, F.; Kostic, M.; Reindl, L. M. (2016): Event monitoring in emergency scenarios using energy efficient wireless sensor nodes for the disaster information management. In: *International Journal of Disaster Risk Reduction* 16, S. 33–42. DOI: 10.1016/j.ijdr.2016.01.001.
- Finger, J.; Hasenstein, S.; Siebold, U.; Häring, I. (2016): Analytical resilience quantification for critical infrastructure and technical systems. In: L. Walls, M. Revie und T. Bedford (Hg.): *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice: Proceedings of ESREL 2016*. Glasgow, Scotland, 25–29 September 2016. London: CRC Press, S. 2122–2128.
- Fischer, K.; Häring, I.; Riedel, W.; Vogelbacher, G.; Hiermaier, S. (2016): Susceptibility, vulnerability, and averaged risk analysis for resilience enhancement of urban areas. In: *International Journal of Protective Structures* 7 (1), S. 45–76. DOI: 10.1177/2041419615622727.
- Früh, P.; Heine, A.; Weber, K. E.; Wickert, M. (2016): Effective depth-of-penetration range due to hardness variation for different lots of nominally identical target material. In: C. Woodley und I. Cullis (Hg.): *Ballistics 2016*. Proceedings of the 29th International Symposium on Ballistics, Vol. 2. Edinburgh, Scotland, UK, 9.–13.5.2016. Lancaster, PA, USA: Destech Publications, S. 1872–1875.
- Früh, P.; Heine, A.; Weber, K. E.; Wickert, M. (2016): Effective depth-of-penetration range due to hardness variation for different lots of nominally identical target material. In: *Defence Technology* 12 (2), S. 171–176. DOI: 10.1016/j.dt.2015.10.002.
- Ganzenmüller, G. C.; Sauer, M.; May, M.; Hiermaier, S. (2016): Hourglass control for Smooth Particle Hydrodynamics removes tensile and rank-deficiency instabilities. In: *The European Physical Journal Special Topics*. 225 (2), S. 385–395. DOI: 10.1140/epjst/e2016-02631-x.
- Glöbner, C.; Moser, S.; Külls, R.; Heß, S.; Nau, S.; Salk, M.; Penumadu D.; Petrinic, N. (2016): 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.; Kempf, S.; Schäfer, F. (2016): Fast and flexible space debris risk assessment for satellites. In: *The Journal of Space Safety Engineering* 3 (3), S. 111–113. DOI: 10.1016/S2468-8967(17)30003-4.
- Hamann, C.; Luther, R.; Ebert, M.; Hecht, L.; Deutsch, A.; Wünnemann, K.; Schäffer, S.; Osterholz, J.; Lexow, B. (2016): Correlating laser-generated melts with impact-generated melts. An integrated thermodynamic-petrologic approach. In: *Geophysical Research Letters* 43 (20), S. 10602–10610. DOI: 10.1002/2016GL071050.
- Häring, I. (2015): *Risk analysis and management*. First edition 2016. Singapore: Springer.
- Häring, I.; Ebenhöch, S.; Stolz, A. (2016): Quantifying resilience for resilience engineering of socio technical systems. In: *European Journal for Security Research* 1 (1), S. 21–58. DOI: 10.1007/s41125-015-0001-x.
- Häring, I.; Scharte, B.; Hiermaier, S. (2016): Towards a novel and applicable approach for Resilience Engineering. In: *IDRC Davos 2016: Extended Abstracts*. 6th International Disaster and Risk Conference (IDRC). Davos, Switzerland, 28.8.–1.9.2016, S. 272–276.
- Häring, I.; Scharte, B.; Stolz, A.; Leismann, T.; Hiermaier, S. (2016): Resilience engineering and quantification for sustainable systems development and assessment. Socio-technical systems and critical infrastructure. In: *IRGC Resource Guide on Resilience*, S. 1–9. Online verfügbar unter <https://www.irgc.org/wp-content/uploads/2016/04/Haering-et-al.-Resilience-Engineering-and-Quantification.pdf>.
- Heider, N.; Denefeld, V.; Steinbrenner, A.; Holzwarth, A. (2016): Engineering tool for the evaluation of global IED effects. In: C. Woodley und I. Cullis (Hg.): *Ballistics 2016*. Proceedings of the 29th International Symposium on Ballistics, Vol. 1. Edinburgh, Scotland, UK, 9.–13.5.2016. Lancaster, PA, USA: Destech Publications, S. 1095–1100.
- Heider, N.; Denefeld, V.; Steinbrenner, A.; Holzwarth, A. (2016): Engineering tool for the evaluation of global IED effects. In: *Defence Technology* 12 (2), S. 214–221. DOI: 10.1016/j.dt.2015.11.007.
- Heine, A.; Wickert, M. (2016): Ballistic resistance of semi-infinite and finite-thickness adobe targets. In: C. Woodley und I. Cullis (Hg.): *Ballistics 2016*. Proceedings of the 29th International Symposium on Ballistics, Vol. 2. Edinburgh, Scotland, UK, 9.–13.5.2016. Lancaster, PA, USA: Destech Publications, S. 1838–1846.
- Hoerth, T.; Bagusat, F.; Hiermaier, S. (2017): Hugoniot data of Seeburger 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.; May, M.; Hiermaier, S.; Kuokkala, V.-T. (2016): A model for the strain rate dependent plasticity of a metastable austenitic stainless steel. In: *Materials & Design* 106, S. 258–272. DOI: 10.1016/j.matdes.2016.05.067.
- Kempf, S.; Schäfer, F.; Cardone, T.; Ferreira, I.; Gerené, S.; Destefanis, R.; Grassi, L. (2016): Simplified spacecraft vulnerability assessments at component level in early design phase at the European Space Agency's Concurrent Design Facility. In: *Acta Astronautica* 129, S. 291–298. DOI: 10.1016/j.actaastro.2016.08.014.
- Klompf, A.; Stolz, A.; Hiermaier, S. (2016): Improved explosion consequence analysis with combined CFD and damage models. In: *Chemical Engineering Transactions* 48, S. 109–114. DOI: 10.3303/CET1648019.
- Kowitz, A.; Güldemeister, N.; Schmitt, R. T.; Reimold, W.-U.; Wünnemann, K.; Holzwarth, A. (2016): Revision and recalibration of existing shock classifications for quartzose rocks using low-shock pressure (2.5–20 GPa) recovery experiments and mesoscale numerical modeling. In: *Meteoritics & Planetary Science* 51 (10), S. 1741–1761. DOI: 10.1111/maps.12712.
- Kühn, T.; Schmitt, D.; Millon, O.; Häntzschel, T.; Stolz, A.; Curbach, M.; Thoma, K. (2016): Messtechnische Herausforderungen bei der Analyse von hochdynamischen Aufprallbeanspruchungen. In: *Bautechnik* 93 (10), S. 717–724. DOI: 10.1002/bate.201600055.
- Larcher, M.; Arrigoni, M.; Bedon, C.; van Doormaal, J. C. A. M.; Haberaecker, C.; Hüsken, G.; Millon, O.; Saarenheimo, A.; Solomos, G.; Thamié, L.; Valsamos, G.; Williams, A.; Stolz, A. (2016): Design of blast-loaded glazing windows and facades. A review of essential requirements towards standardization. In: *Advances in Civil Engineering 2016* (Article ID 2604232), S. 1–14. DOI: 10.1155/2016/2604232.
- Leroch, S.; Varga, M.; Eder, S. J.; Vernes, A.; Rodriguez Ripoll, M.; Ganzenmüller, G. C. (2016): Smooth particle hydrodynamics simulation of damage induced by a spherical indenter scratching a viscoplastic material. In: *International Journal of Solids and Structures* 81, S. 188–202. DOI: 10.1016/j.jisols.2015.11.025.
- May, M. (2016): Measuring the rate-dependent mode I fracture toughness of composites – A review. In: *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 81, S. 1–12. DOI: 10.1016/j.compositesa.2015.10.033.
- May, M.; Furlan, S.; Mohrmann, H.; Ganzenmüller, G. C. (2016): To replace or not to replace? An investigation into the residual strength of damaged rock climbing safety equipment. In: *Engineering Failure Analysis* 60, S. 9–19. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2015.11.036.
- May, M.; Hallett, S. (2016): Damage initiation in polymer matrix composites under high-cycle fatigue loading – A question of definition or a material property? In: *International Journal of Fatigue* 87, S. 59–62. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2016.01.011.
- Millon, O.; Ruiz-Ripoll, M. L.; Hoerth, T. (2016): Analysis of the behavior of sedimentary rocks under impact loading. In: *Rock Mechanics and Rock Engineering*, S. 1–16. DOI: 10.1007/s00603-016-1010-4.
- Nguyen, L.; Lässig, T.; Ryan, S.; Riedel, W.; Mouritz, A.; Orifici, A. (2016): A methodology for hydrocode analysis of ultra-high molecular weight polyethylene composite under ballistic impact. In: *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 84, S. 224–235. DOI: 10.1016/j.compositesa.2016.01.014.
- 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.
- Ramin, M. von; Carstens, S.; Roller, C.; Stolz, A. (2017): Schadensklassifizierung für Gebäude nach Extremereignissen. In: *Bauingenieur* 92 (1), S. 1–10.
- Ramin, M. von; Stolz, A. (2016): Debris throw model for accidental explosions in a complex industrial environment. In: *Chemical Engineering Transactions* 48, S. 85–90. DOI: 10.3303/CET1648015.
- Ramin, M. von; Stolz, A.; Millon, O.; Rinder, T. (2016): Assessment of urban building complexes subjected to natural and man-made hazards. In: *ACI Structural Journal* (309), S. 1–20.
- Reclusado, C. A.; Nagasawa, S. (2016): Modeling of fiber-reinforced plastics taking into account the manufacturing process. In: M. Papadrakakis, V. Papadopoulos, G. Stefanou und V. Plevris (Hg.): *ECCOMAS Congress 2016. VII European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering: Proceedings. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering; ECCOMAS Congress. First edition.* Athens: Institute of Structural Analysis and Antiseismic Research School of Civil Engineering National Technical University of Athens (NTUA), S. 2220–2235.
- Sättler, A.; Aberg, D.; Rakus, D.; Heiser, R. (2016): 45 mm ignition study with a CAB-LOVA gun propellant. In: C. Woodley und I. Cullis (Hg.): *Ballistics 2016. Proceedings of the 29th International Symposium on Ballistics*, Vol. 1. Edinburgh, Scotland, UK, 9.–13.5.2016. Lancaster, PA, USA: Destech Publications, S. 921–932.
- 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.
- Schindler, T.; Kröner, D.; Steinhauser, M. O. (2016): On the dynamics of molecular self-assembly and the structural analysis of bilayer membranes using coarse-grained molecular dynamics simulations. In: *Biochimica et Biophysica Acta: Biomembranes* 1858 (9), S. 1955–1963. DOI: 10.1016/j.bbmem.2016.05.014.
- Schladitz, K.; Büter, A.; Godehardt, M.; Wirjadi, O.; Fleckenstein, J.; Gerster, T.; Hassler, U.; Jaschek, K.; Maisl, M.; Maisl, U.; Mohr, S.; Netzelmann, U.; Potyra, T.; Steinhauser, M. O. (2017): Non-destructive characterization of fiber orientation in reinforced SMC as input for simulation based design. In: *Composite Structures* 160, S. 195–203. DOI: 10.1016/j.compstruct.2016.10.019.
- Seifert, W.; Strassburger, E.; Grefen, S.; Schaare, S. (2016): Experimental study about the influence of adhesive stiffness to the bonding strengths of adhesives for ceramic/metal targets. In: C. Woodley und I. Cullis (Hg.): *Ballistics 2016. Proceedings of the 29th International Symposium on Ballistics*, Vol. 2. Edinburgh, Scotland, UK, 9.–13.5.2016. Lancaster, PA, USA: Destech Publications, S. 2215–2218.
- Seifert, W.; Strassburger, E.; Grefen, S.; Schaare, S. (2016): Experimental study about the influence of adhesive stiffness to the bonding strengths of adhesives for ceramic/metal targets. In: *Defence Technology* 12 (2), S. 188–200. DOI: 10.1016/j.dt.2015.12.002.
- Steinhauser, M. O. (2017): *Computational multiscale modeling of fluids and solids. Theory and applications.* 2nd edition. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Stolz, A.; Millon, O.; Klompf, A. (2016): Analysis of the resistance of structural components to explosive loading by shock-tube tests and SDOF models. In: *Chemical Engineering Transactions* 48, S. 151–156. DOI: 10.3303/CET1648026.
- Strassburger, E.; Bauer, S.; Weber, S.; Gedon, H. (2016): Flash X-ray cinematography analysis of dwell and penetration of small caliber projectiles

with three types of SiC ceramics. In: C. Woodley und I. Cullis (Hg.): Ballistics 2016. Proceedings of the 29th International Symposium on Ballistics, Vol. 2. Edinburgh, Scotland, UK, 9.–13.5.2016. Lancaster, PA, USA: Destech Publications, S. 2128–2131.

Strassburger, E.; Bauer, S.; Weber, S.; Gedon, H. (2016): Flash X-ray cinematography analysis of dwell and penetration of small caliber projectiles with three types of SiC ceramics. In: Defence Technology 12 (3), S. 277–283. DOI: 10.1016/j.dt.2016.01.011.

Uhlig, C.; Heine, A. (2016): Application of an electromagnetic diagnostic technique for in-flight shaped charge jet and hypervelocity particle characterization. In: C. Woodley und I. Cullis (Hg.): Ballistics 2016. Proceedings of the 29th International Symposium on Ballistics, Vol. 2. Edinburgh, Scotland, UK, 9.–13.5.2016. Lancaster, PA, USA: Destech Publications, S. 1330–1340.

Vogelbacher, G.; Häring, I.; Fischer, K.; Riedel, W. (2016): Empirical susceptibility, vulnerability and risk analysis for resilience enhancement of urban areas to terrorist events. In: European Journal for Security Research 1 (2), S. 151–186. DOI: 10.1007/s41125-016-0009-x.

Wickert, M. (2017): High-speed imaging of impact processes. In: T. G. Etoh und H. Shiraga (Hg.): Proceedings of SPIE 10328. Selected Papers from the 31st International Congress on High-Speed Imaging and Photonics, Paper ID103281O. Osaka, Japan, 7.–10.11.2016.

Winkler, R.; Poelchau, M.; Moser, S.; Kenkmann, T. (2016): Subsurface deformation in hypervelocity cratering experiments into high-porosity tuffs. In: Meteoritics & Planetary Science 51 (10), S. 1849–1870. DOI: 10.1111/maps.12694.

Veröffentlichungen in Monografien, Fachzeitschriften und Proceedings ohne Peer Review

Bermbach, T.; Habacker, C.; Millon, O. (2017): Konstruktive Durchbildung von Verglasungen zur Erhöhung der Schutzwirkung bei Explosionen. 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. 279–296.

Dirlwanger, H.; Burbach, A.; Ramin, M. von (2017): Anwendung und Lösungsansätze zum Bauwerksschutz aus der zivilen und militärischen Anwendung. 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. 261–278.

Dlugosch, M.; Ihle, J.; Lukaszewicz, D.; Fritsch J.; Hiermaier, S. (2016): Experimental investigation of automotive components consisting of hybrid FRP-metal material systems under crash loading. In: J. M. Hausmann und M. Siebert (Hg.): 2. Internationale Konferenz Euro Hybrid. Materials and Structures. Proceedings. Kaiserslautern, 20.–21.4.2016. Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V., S. 63–68.

Gebbeken, N.; Millon, O. (2017): Bewertung von Werkstoffen und Bauteilen. 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. 213–236.

Gebbeken, N.; Steyerer, M.; Stolz, A. (2017): Schutzkonzepte bei Neubauten. 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. 297–313.

Gebbeken, N.; Stolz, A.; Bach, A. (2017): Normative Regelungen/Grenzen der Anwendung bezüglich Explosionsszenarien. 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. 99–117.

Gulde, M.; Kortmann, L.; Watson, E.; Ebert, M.; Schäfer, F. (2017): High-speed optical tracking of individual ejecta particles from hypervelocity impacts. In: 48th Lunar and Planetary Science Conference. Houston: Lunar and Planetary Institute. Online verfügbar unter <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2017/pdf/1925.pdf>.

Haddad, H.; Ebert, M.; Kenkmann, T.; Thoma, K.; Nau, S.; Schäfer, F. (2016): Structural and erosive effects of lightning on sandstone: An experimental investigation. In: Geophysical Research Abstracts 18 (EGU2016-15451). Online verfügbar unter <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-15451.pdf>.

Heusinger, V.; Moser, S.; Büttner, M.; Lang, B.; Nau, S. (2016): Integration of CT methods into hand luggage scanning processes at airport checkpoints based on existing multi-view scanning systems. In: O. Ambacher, J. Wagner und R. Quay (Hg.): Security Research Conference. 11th Future Security. Berlin, 13.–14.9.2016. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 451–457.

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.

Kempf, S.; Schäfer, F.; Sitharam, T. G.; Kleist, P.; Gräfling, W.; Ferguson, N.; Stuchtey, T.; Chakraborty, T.; Matsagar, V.; Gebbeken, N. (2016): SenSE-4Metro: A bi-national multi-disciplinary project for monitoring underground metro environments in disaster events. In: O. Ambacher, J. Wagner und R. Quay (Hg.): Security Research Conference. 11th Future Security. Berlin, 13.–14.9.2016. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 479–482.

Kenkmann, T.; Zwiessler, R.; Poelchau, M.; Heß, S.; Nau, S. (2016): Strain-rate dependent brittle deformation during impact cratering. In: Proceedings of the 79th Annual Meeting of the Meteoritical Society. Berlin, 7.–12.8.2016.

Kilchert, S.; Gerster, T.; Nossek, M.; Fritsch, J.; May, M. (2016): Compact tension and compression testing of braided composites. Challenges and limitations. In: Proceedings of the 17th European Conference on Composite Materials (ECCM). München, 26.–30.6.2016.

Langkemper, R.; Külls, R.; Wilde, J.; Schopferer, S.; Nau, S. (2016): Development of a package for a triaxial high-g accelerometer optimized for high signal fidelity. In: Proceedings of the COMSOL Conference. München, 5.–7.10.2016, S. Paper ID 39701. Online verfügbar unter <https://www.comsol.de/paper/development-of-a-package-for-a-triaxial-high-g-accelerator-optimized-for-high-39701>.

Lässig, T.; Nolte, F.; Riedel, W.; May, M. (2016): An assessment of experimental techniques for measuring the mode I fracture toughness of UHMW-PE composites. In: Proceedings of the 17th European Conference on Composite Materials (ECCM). München, 26.–30.6.2016.

Ledford, N.; Paul, H.; Sauer, M.; May, M. (2016): Investigation of the dynamic behavior of a PU based adhesive using Split-Hopkinson Tensile and Compression Bars. In: Proceedings of the 1st International Conference on Impact Loading of Structures and Materials (ICILSM). Torino, Italy, 22.–26.5.2016, S. 1–4.

- May, M.; Lässig, T.; Hiermaier, S. (2016): An investigation on the influence of loading rate on the fracture toughness of UHMW-PE composites. In: Proceedings of the 17th European Conference on Composite Materials (ECCM). München, 26.–30.6.2016.
- Millon, O.; Haberacker, C. (2017): Analyse und Vergleich von Prüfnormen und Prüfverfahren für Glasfassaden unter extremer Einwirkung. 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. 118–134.
- Osterholz, J.; Lück, M.; Lexow, B.; Wickert, M. (2016): Neutralization of improvised explosive devices by high-power lasers: research results from the FP7 project ENCOUNTER. In: SPIE Proceedings. High-Power Lasers 2016: Technology and Systems. 99900. DOI:10.1117/12.2241083
- Paul, H.; Ledford, N.; Mohrmann, R.; May, M. (2016): Testing of CFRP at high strain rates with the Split Hopkinson Tension Bar. Evaluation of testing quality. In: Proceedings of the 17th European Conference on Composite Materials (ECCM). München, 26.–30.6.2016.
- Pontius, T.; Roller, C.; Michaloudis, G. (2017): Simulationsmethoden zur Detailplanung und Bewertung. 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. 193–212.
- Ramin, M. von; Esteban, B.; Michaloudis, G.; Steyerer, M. (2017): Von der Bauteilschädigung zum Gebäudeschaden. 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. 237–260.
- Ramin, M. von; Zdrzil, M. (2017): Physikalisches Gefährdungspotenzial bei Explosionsereignissen. 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. 48–68.
- Riedel, W.; Fischer, K.; Gebbeken, N.; Fröchtenicht, M. (2017): Von der Bedrohung und Gefährdung zur Resilienz urbaner Räume. 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. 31–47.
- Riedel, W.; Fischer, K.; Grunwald, C.; Stolz, A. (2016): Computers for physical protection: A tribute to programmed solutions in explosion protection. In: Proceedings of the 4th International Conference of Protective Structures (ICPS). Beijing, China, 18.–21.10.2016.
- 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.
- Ruiz-Ripoll, M. L.; Millon, O.; Lässig, T.; Riedel, W. (2016): Experimental characterization of the out-of-plane shear strength of ultra-high molecular weight polyethylene. In: Proceedings of the 17th European Conference on Composite Materials (ECCM). München, 26.–30.6.2016.
- Sandoval Murillo, J. L.; Ganzenmüller, G. C.; Heimbs, S. May, Michael (2016): Design parameter study of a CFRP T-joint under overpressure conditions due to ballistic impact. In: Proceedings of the 17th European Conference on Composite Materials (ECCM). München, 26.–30.6.2016.
- Schimmerohn, M.; Gulde, M. (2016): In-Situ-Detektion von Partikeleinschlägen auf Satelliten mittels Antennen. In: Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress. Braunschweig, 13.–15.9.2016.
- Schimmerohn, M.; Gulde, M.; Hilgers, A. (2016): On the way to a robust microparticle detector using impact plasma signatures measured by antennae. In: Proceedings of the 14th Spacecraft Charging Technology Conference. Noordwijk, Netherlands, 4.–8.4.2016. ESA/ESTEC, S. 1–6.
- Schmitt, D.; Ruiz-Ripoll, M. L.; Millon, O.; Stolz, A.; Thoma, K. (2016): Damage behaviour of reinforced concrete plates under impact loadings. In: Anales de Mecánica de la Fractura. XXXIII Encuentro del Grupo Español de Fractura. San Sebastián, 9.–11.3.2016, S. 506–511. Online verfügbar unter <http://www.gef2016.es/docs/anales-de-mecanica-de-la-fractura-33.pdf>.
- Schopferer, S.; Michalski, C.; Schimmerohn, M.; Ribière-Tharaud, N.; Joly, J.-C.; Rouquand, A.; Crabbe, S. (2016): PROGRESS project: Improving the resilience of satellite ground station infrastructures: High power microwaves threat detection system and protection strategies. In: Proceedings of the 2016 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC EUROPE 2016. Wroclaw, Poland, 5.–9.9.2016, S. 746–749.
- Steyerer, M.; Landmann, F.; Millon, O. (2017): Experimentelle Nachweisverfahren. 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. 135–174.
- Steyerer, M.; Ramin, M. von (2017): Experimentelle Nachweisverfahren als Grundlage der Risikobetrachtung am Beispiel VBIED. 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. 1–30.
- Stolz, A.; Roller, C.; Rinder, T.; Siebold, U.; Häring, I. (2017): Aktuelle Forschungsergebnisse zum baulichen Schutz für Großbauwerke und Risikomanagement für kritische Infrastrukturen und städtische Bereiche. 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. 314–334.
- Zwiessler, R.; Kenkmann, T.; Poelchau, M.; Heß, S. (2016): High strain rate testing of rocks using a Split-Hopkinson-Pressure Bar. In: Geophysical Research Abstracts 18 (EGU2016-8353). Online verfügbar unter <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-8353.pdf>.
- Zwiessler, R.; Kenkmann, T.; Poelchau, M.; Nau, S.; Heß, S. (2016): High strain rate response testing with the Split-Hopkinson-Pressure bar technique. In: Proceedings of the 79th Annual Meeting of the Meteoritical Society. Berlin, 7.–12.8.2016, S. 2.

WISSENSCHAFTLICHER AUSTAUSCH, VORTRÄGE

Vorträge auf Tagungen, Symposien, Kolloquien und Seminaren

- Brombacher, B.; Ramin, M. von; Steyerer, M. (2016): Hazard characterization of vehicle borne improvised explosive devices. International Physical Security Forum (IPSF). Den Haag, Netherlands, 8.5.2016.
- Denefeld, V.; Heider, N.; Holzwarth, A. (2016): Skalierte Versuchstechnologie am EMI: Zusammenfassung 2007 bis 2016. 19. Tagung »Schutz gegen IED und ballistische Bedrohung«. WTD 91. Meppen, 8.11.2016.
- Denefeld, V.; Heider, N.; Holzwarth, A.; Steinbrenner, A. (2016): Einfluss von Fahrbahnplatten und Bestimmung der globalen Beschleunigung bei IED-Detonation. 18. Tagung »Schutz gegen IED und ballistische Bedrohung«. WTD 91. Meppen, 24.5.2016.
- Dlugosch, M. (2016): Hybride Prinzipbauteile unter Crashbelastung. Ergebniszusammenfassung. BMW-Doktorandenrunde Hybridbauweisen. München, 14.4.2016.
- Dlugosch, M.; Volk, M.; Fritsch, J.; Hiermaier, S.; Lukaszewicz, D. (2016): New method to generate suitability assessments of composite-metal-hybrid material systems for automotive crash structures. International Conference on Automotive Composites (ICAUTO 2016). Lissabon, Portugal, 21.9.2016.
- Ebenhöch, S. (2016): New systematic approach for simulation-based failure analysis of safety-related multi-technological systems. Doktorandenseminar Institut für Mikroelektronik und Schaltungstechnik. Universität der Bundeswehr München. München, 28.6.2016.
- Ebenhöch, S.; Siebold, U.; Nau, S.; Külls, R.; Stolz, A. (2016): Methods for development and safety analysis of modern fuzing systems. 59th Fuze Conference. Charleston, SC, USA, 3.5.2016.
- Fischer, K. (2016): Verwundbarkeitsanalyse urbaner Gebiete – 3D-Bewertung für Nachhaltigkeit und Resilienz. 5. Forum Digitale Städte. 34. CADFEM ANSYS Simulation Conference. Nürnberg, 7.10.2016.
- Fischer, K.; Ramin, M. von (2016): Cost-effectiveness evaluation of security measures for explosive events. 24th International Symposium on Military Aspects of Blast and Shock (MABS24). Halifax, Canada, 20.9.2016.
- Früh, P. (2016): Effective depth-of-penetration range due to hardness variation for different lots of nominally identical target material. 29th International Symposium on Ballistics. Edinburgh, Scotland, UK, 12.5.2016.
- Grunwald, C. (2016): Simulation von kurzzeitdynamischen Beanspruchungen von normal- und hochfestem Beton. Arbeitsgruppensitzung des Carbon Composites e. V. Kaiserslautern, 27.10.2016.
- Häring, I. (2016): Safety II and resilience engineering. New concepts for risk control and (big) data analytics? Science Day MERCK. Albert-Ludwigs-Universität, Fraunhofer und Max-Planck-Gesellschaft. Freiburg, 24.10.2016.
- Häring, I.; Scheidreiter, J.; Roller, C.; Ebenhöch, S.; Riedel, W.; Ramin, M. von; Stolz, A. (2016): Combining engineering and simulation approaches for effective risk and resilience management and analysis of critical infrastructure. Kombination analytischer und simulativer Methoden für ein effektives Risiko- und Resilienzmanagement kritischer Infrastrukturen. protekt, Konferenz und Fachausstellung für den Schutz kritischer Infrastrukturen. Leipzig, 21.6.2016.
- Heider, N.; Denefeld, V.; Steinbrenner, A.; Holzwarth, A. (2016): Engineering tool for the evaluation of global IED effects. 29th International Symposium on Ballistics. Edinburgh, Scotland, UK, 9.5.2016.
- Heine, A. (2016): Ballistic resistance of semi-infinite and finite-thickness adhesive targets. 29th International Symposium on Ballistics. Edinburgh, Scotland, UK, 11.5.2016.
- Heine, A. (2016): Protection against WHA rod penetrators based on the utilization of the dwell effect for a light-weight ceramic armor material. Symposium LWAG. Grenoble, France, 17.10.2016.
- Hoschke, K. (2016): Topology and shape optimization with hybrid CAD design for additive manufacturing – a case study and methodic review. NAFEMS-Seminar »Exploring the Design Freedom of Additive Manufacturing through Simulation«. Helsinki, Finland, 22.11.2016.
- Kempf, S. (2016): A case for performing satellite vulnerability assessments in early design phase and a proposal for its execution. 7th International Systems & Concurrent Engineering for Space Applications Conference. Madrid, Spain, 5.10.2016.
- Klomfass, A. (2016): Effiziente Methoden zur Auslegung und Bewertung in der Vorplanung. 7. Workshop BAU-PROTECT. Forum Merzhausen, Freiburg, 16.11.2016.
- Kurfiß, M.; Moser, S.; Popko, G.; Nau, S. (2016): Hochgeschwindigkeitsröntgen zur Untersuchung hochdynamischer Prozesse. Fachausschuss Durchstrahlungsprüfung (DGZFP). Hamburg, 23.11.2016.
- Langkemper, R.; Külls, R.; Wilde, J.; Schopferer, S.; Nau, S. (2016): Development of a package for a triaxial high-g accelerometer optimized for high signal fidelity. COMSOL Conference 2016. München, 12.10.2016.
- Lässig, T. (2016): Moderne UHMWPE-Verbunde für gewichtsoptimierte Schutzanwendungen. Seminar »Hochleistungsstrukturen im Leichtbau«. Universität der Bundeswehr München. Neubiberg, 30.11.2016.
- Lässig, T.; May, M. (2016): Beschreibung moderner Verbundwerkstoffe für Schutzanwendungen. Forum »Angewandte Forschung für Verteidigung und Sicherheit in Deutschland – Zukunft durch Forschung und Technologie gestalten«, DWT-Tagung. Bonn, 23.2.2016.
- Nau, S.; Külls, R.; Schopferer, S.; Pilous, N.; Heß, S.; Kuder, J.; Töpel, A. (2016): Robuste und autonome Elektronik für F&T und Zünderanwendungen. Forum »Angewandte Forschung für Verteidigung und Sicherheit in Deutschland – Zukunft durch Forschung und Technologie gestalten«, DWT-Tagung. Bonn, 23.2.2016.
- Osterholz, J.; Heunoske, D.; Horak, J.; Lexow, B.; Lück, M.; Wickert, M. (2016): Experimental characterization of energy transfer from large-diameter kilowatt cw laser beams to metal samples. 2nd Smart Laser Processing Conference. Yokohama, Japan, 19.5.2016.
- Osterholz, J.; Lück, M.; Lexow, B.; Wickert, M. (2016): Neutralization of improvised explosive devices by high-power lasers: Research results from the FP7 project ENCOUNTER. SPIE Security and Defence. Edinburgh, Scotland, UK, 26.9.2016.
- Pontius, T.; Roller, C.; Michaloudis, G. (2016): Simulationsmethoden zur Detailplanung und Bewertung. 7. Workshop BAU-PROTECT. EMI Freiburg, 15.11.2016.
- Ramin, M. von; Stolz, A. (2016): Debris throw model for accidental explosions in a complex industrial environment. 15th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. Freiburg, 5.6.2016.

Riedel, W.; Fischer, K.; Gebbeken, N.; Fröchtenicht, M. (2016): Von der Bedrohung und Gefährdung zur Resilienz urbaner Räume. 7. Workshop BAU-PROTECT. Forum Merzhausen, Freiburg, 15.11.2016.

Riedel, W.; Fischer, K.; Grunwald, C.; Stolz, A. (2016): Computers for physical protection – a tribute to programmed solutions in explosion protection. International Conference of Protective Structures. Beijing, China, 19.10.2016.

Riedel, W.; Klomfass, A.; Rüdiger, L.; Gündisch, R. (2016): Effiziente Methoden zur Auslegung und Bewertung baulicher Strukturen in der Vorplanung. 7. Workshop BAU-PROTECT. Forum Merzhausen, Freiburg, 15.11.2016.

Roller, C.; Millon, O.; Haberacker, C. (2016): Analyse und Vergleich der existierenden Prüfverfahren für Glas- und Fassadenelemente. 7. Workshop BAU-PROTECT. EMI Freiburg, 15.11.2016.

Roß, K.; Fischer, K.; Schäfer, J.; Vogelbacher, G. (2016): Fraunhofer EMI tools for assessing the expected risk and damage after an explosive event in urban areas. Participation in the EDEN integrated large-scale RN demonstration, RN 5.3, Table Top Exercise (TTX 2016). Warsaw, Poland, 7.6.2016.

Roß, K.; Schäfer, J.; Vogelbacher, G. (2016): Fraunhofer EMI tools for countering terrorism, in particular explosive events in urban areas. CBRNE Innovation Fair. Brussels, Belgium, 11.10.2016.

Ruiz-Ripoll, M. L.; Millon, O.; Lässig, T.; Riedel, W. (2016): Experimental characterization of the out-of-plane shear strength of ultra-high molecular weight polyethylene composite by using the Split Hopkinson Bar device. 17th European Conference on Composite Mechanics. München, 27.6.2016.

Schäfer, J.; Vogelbacher, G. (2016): Quantitative mine risk analysis tool and database of mines and demining equipment. D-BOX – Final Full-Scale Demonstration and Stakeholder Workshop of Toolbox. Naples, Italy, 2.3.2016.

Strassburger, E.; Bauer, S. (2016): Untersuchungen zur Effizienz von Spinell-Keramik vor Glas und Polycarbonat. 18. Tagung »Schutz gegen IED und ballistische Bedrohung«. WTD 91. Meppen, 24.5.2016.

Strassburger, E.; Bauer, S. (2016): Systemeinflüsse auf die ballistische Schutzwirkung von Spinell. 19. Tagung »Schutz gegen IED und ballistische Bedrohung«. WTD 91. Meppen, 8.11.2016.

Strassburger, E.; Bauer, S.; Patel, P. (2016): Ballistic impact damage and fragmentation in different types of glass and glass ceramic. 2016 MACH Conference. Annapolis, MD, USA, 6.4.2016.

Wickert, M. (2016): High-speed imaging of impact processes. 31st International Congress on High-Speed Imaging and Photonics. Osaka, Japan, 7.11.2016.

Seminarvorträge im EMI

Ebenhöch, S.; Scheidereiter, J.; Lang, B.; Siebold, U.; Nau, S.; Stolz, A. (2016): Neue Analysemethoden für die Entwicklung und den Sicherheitsnachweis moderner Zündsysteme. 4. Nationaler Workshop für Zündertechnologie. EMI Freiburg, 18.10.2016.

Ebenhöch, S.; Siebold, U.; Stolz, A. (2016): Funktionaler Sicherheitsnachweis für vernetzte wehrtechnische Systeme unter Berücksichtigung der Datensicherheit. EMI-Symposium. EMI Freiburg, 12.12.2016.

Heider, N.; Denefeld, V.; Holzwarth, A.; Steinbrenner, A. (2016): IED-Bedrohung und -Vorfallaanalyse. Besuch WTD 91 GF 450. EMI Freiburg, 9.6.2016.

Heilig, G. (2016): Numerische Betrachtungen zum Hydrodynamic Ram Effect. Internes Wissenschaftlerseminar. EMI Freiburg, 1.12.2016.

Hoschke, K. (2016): Structural optimization toward resilient dynamics of lightweight structures by additive manufacturing. Doktorandenseminar EMI. EMI Freiburg, 2.12.2016.

Klomfass, A. (2016): Simulationsbasierte Analyse von Explosionswirkungen. EMI-Symposium. EMI Freiburg, 12.12.2016.

Lässig, T. (2016): Einfluss des Pressdrucks auf UHMW-PE-Verbundmaterialien unter Impaktbelastung. Doktorandenseminar EMI. EMI Freiburg, 28.10.2016.

May, M. (2016): Kohäsivzonenelemente in der FE-Simulation – Grundlagen, Kalibrierung, Anwendung. Doktorandenworkshop EMI. EMI Freiburg, 28.10.2016.

Nau, S.; Heß, S.; Glöbner, C.; Lang, B.; Trinler, V. (2016): EMI – Partner im Sondermaschinenbau für wehrtechnische Spezialanwendungen, Prüfanlage für aktivierbare Zünderbatterien. EMI-Symposium. EMI Freiburg, 12.12.2016.

Ramin, M. von; Stottmeister, A.; Zdrzil, M. (2016): Neue Erkenntnisse zur Gefährdungsanalyse bei Explosionsereignissen. EMI-Symposium. EMI Freiburg, 12.12.2016.

Roller, C. (2016): Measuring the impact of underwater detonations – a multidimensional perspective. Doktorandenseminar EMI. EMI Freiburg, 29.4.2016.

Sandoval Murillo, J. L. (2016): Simulation und Optimierung von Extrusionsprozessen. Doktorandenseminar EMI. EMI Freiburg, 26.2.2016.

Schimmerohn, M. (2016): Impaktinduzierte Effekte auf Solargeneratoren im geostationären Orbit. Doktorandenseminar EMI. EMI Freiburg, 26.2.2016.

Schimmerohn, M. (2016): Sicherheit von Satellitenbodenstationen: Kombiniertes Explosions- und HPM-Sensor. EMI-Symposium. EMI Freiburg, 12.12.2016.

Lehrgänge/Seminarvorträge der Carl-Cranz-Gesellschaft

Ebenhöch, S. (2016): Praxisnahe Anwendung von Techniken und Maßnahmen für Entwicklung und Sicherheitsnachweis für Hardware. CCG-Seminar VS 1.53 »Funktionaler Sicherheitsnachweis für wehrtechnische Systeme«. EMI Freiburg, 19.4.2016.

Ebenhöch, S. (2016): Überblick funktionale Sicherheit nach IEC 61508 und verwandte Normen und Standards. CCG-Seminar VS 1.53 »Funktionaler Sicherheitsnachweis für wehrtechnische Systeme«. EMI Freiburg, 19.4.2016.

Heine, A. (2016): Verhalten von Bauwerkstoffen bei Projektilimpakt. CCG-Seminar VS 1.42 »Ballistik und Effektivität moderner Hochleistungsgeschosse«. Röthenbach, 26.4.2016.

Niklas, W.; Engelmann, F.; Ebenhöch, S. (2016): Anwendungsbeispiele zur quantitativen Gefährdungs- und Risikoanalyse zur Festlegung von Gesamtsicherheitsanforderungen bzw. SIL-Anforderungen. CCG-Seminar VS 1.53 »Funktionaler Sicherheitsnachweis für wehrtechnische Systeme«. EMI Freiburg, 19.4.2016.

Sättler, A. (2016): Innenballistik – Übersicht und Grundlagen. CCG-Seminar VS 1.02 »Innenballistik von Rohrwrappen«. EMI Efringen-Kirchen, 20.9.2016.

Sättler, A. (2016): Wissenschaftliche Leitung. CCG-Seminar VS 1.02 »Innenballistik von Rohrwrappen«. EMI Efringen-Kirchen, 20.9.2016.

van Keuk, J.; Sättler, A. (2016): Simulation innenballistischer Vorgänge: Energiemodelle. CCG-Seminar VS 1.02 »Innenballistik von Rohrwrappen«. EMI Efringen-Kirchen, 20.9.2016.

Lehrgänge des Bildungszentrums der Bundeswehr, Mannheim

Ebenhöch, S.; Kanat, B.; Scheidereiter, J.; Lang, B.; Stolz, A. (2016): FPGAs in sicherheitskritischen militärischen Anwendungen. Symposium »Software Safety und funktionale Sicherheit in wehrtechnischen Systemen«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 28.9.2016.

Ebenhöch, S.; Niklas, W.; Engelmann, F.; Siebold, U.; Häring, I.; Stolz, A. (2016): Entwicklung neuer Methoden für den Sicherheitsnachweis moderner wehrtechnischer Systeme. Symposium »Safety and Security in militärischen Waffensystemen«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 14.6.2016.

Ebenhöch, S.; Siebold, U.; Stolz, A. (2016): Auslegung und Bewertung von Datenlinks für sicherheitskritische wehrtechnische Anwendungen. Symposium »Software Safety und funktionale Sicherheit in wehrtechnischen Systemen«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 28.9.2016.

Nau, S. (2016): Laufbahnlehrgang (gehobener technischer Dienst): Fachgebietsbezogene Wehrtechnik – Übersicht Systembewaffnung und Effektoren (SBE). Messtechnik für die Nachweisführung. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 25.4.2016.

Nau, S. (2016): Laufbahnlehrgang (höherer technischer Dienst): Fachtechnische Grundlagen – Systembewaffnung und Effektoren (SBE). Messtechnik. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 15.6.2016.

Niklas, W.; Engelmann, F. (2016): Softwaregestützte quantitative Risikoanalyse für Szenarien unter Einsatz von Laserwrappen im Kontext C-RAM und C-UAS. Symposium »Software Safety und funktionale Sicherheit in wehrtechnischen Systemen«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 28.9.2016.

Niklas, W.; Engelmann, F.; Ebenhöch, S. (2016): Softwaregestützte quantitative Risikoanalyse für Szenarien unter Einsatz von Laserwrappen im Kontext C-RAM und C-UAS. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 28.9.2016.

Sättler, A.; Rakus, D.; Popko, G.; Nau, S.; Külls, R.; Schopferer, S. (2016): Neue Messmethoden zur Untersuchung der innenballistischen Vorgänge in Rohrwrappen. Symposium »Ballistik in Forschung und Technologie«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 29.2.2016.

van Keuk, J.; Sättler, A. (2016): SimlB – Entwicklung einer nationalen Code-Familie für die Innenballistik. Symposium »Ballistik in Forschung und Technologie«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 29.2.2016.

van Keuk, J.; Sättler, A. (2016): Sachstand SimlB_V1.1/SimlB-1D. 20. Sitzung Taskforce »Innenballistik-Simulation«. Bildungszentrum der Bundeswehr (BiZBw). Mannheim, 2.3.2016.

Lehrveranstaltungen

Fischer, K.: 2 x 90 min im Rahmen der Vorlesung »Basics in Resilience Engineering« an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Fischer, K.: 2 x 90 min im Rahmen der Vorlesung »Schutz baulicher Infrastrukturen« an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Häring, I.: Quantitative Risikoanalyse und Technische Sicherheit. Vorlesung für den Master »Security and Safety Engineering« an der Hochschule Furtwangen University (HFU). Wintersemester 2015/2016 und Wintersemester 2016/2017.

Kilchert, S.: Sustainable Materials. Übung an der Albert-Ludwigs-Universität. Wintersemester 2015/2016.

Kilchert, S.: Material Life Cycles. Übung an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Wintersemester 2016/2017.

Matura, P.: Numerische Methoden in der Mathematik. 1. Semester im Studiengang Maschinenbau im Studienbereich Technik an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, Lörrach.

Riedel, W.: Schutz baulicher Infrastrukturen. Vorlesung an der Hochschule Furtwangen, Masterstudiengang »Security and Safety Engineering«, Modul »Quantitative Risikoanalyse«. Wintersemester 2015/2016 und Wintersemester 2016/2017.

Sauer, M.: Laborpraktikum. Wahlpflichtmodul »Finite Methoden und Stoffgesetze Hochdynamik« im Studiengang Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Universität der Bundeswehr München, Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau.

Sauer, M.: Numerische Simulationsverfahren. Vorlesung im Wahlpflichtmodul »Finite Methoden und Stoffgesetze Hochdynamik« im Studiengang Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Universität der Bundeswehr München, Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau.

Sauer, M.: Werkstoffcharakterisierung. Vorlesung Wahlpflichtmodul »Finite Methoden und Stoffgesetze Hochdynamik« im Studiengang Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Universität der Bundeswehr München, Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau.

Weidemaier, P.: Differentialgleichungen. Vorlesung an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Gastwissenschaftler im EMI

Dr. Matti Isakov, Tampere University of Technology, 18.1.2016–18.12.2016.

Leopold Kruszka, Military University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geodesy, Warsaw, Poland, 13.12.2016–13.3.2017.

Promotionen

Bach, A. (2016): Stahlbetonbauteile unter kombinierten statischen und detonativen Belastungen in Experiment, Simulation und Bemessung. Dissertation. TU Dresden.

Schimmerohn, M. (2016): Impaktinduzierte Effekte auf Solargeneratoren im geostationären Orbit. Dissertation. TU Braunschweig.

Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten

Acevedo Munoz, M. (2016): Design and implementation of a cross platform solution to display real-time information from a security management and emergency response system. Master Thesis. EMI Report A 42/16. Hochschule Offenburg.

Altes, A. (2016): Weiterentwicklung eines Finite-Elemente-Modells eines generischen Satelliten für numerische Fragmentierungsuntersuchungen. Bachelor-Arbeit. EMI-Bericht A 25/16. DHBW Lörrach.

Carstens, S. (2015): Ermittlung eines Gebäudeschädigungsindex auf Grundlage der Bauteilschädigung infolge außergewöhnlicher Einwirkungen. Master-Thesis. EMI-Bericht A 18/15. Hochschule Koblenz.

Fadil, M. (2016): Modellierung eines Split Hopkinson Tension Bars (SHTB) – Untersuchung zum Einfluss von Massen, Probeaufnahmen und Probengeometrien auf die Güte der Messergebnisse. Master-Arbeit. EMI-Bericht A 15/16. RWTH Aachen.

Ihle, J. (2016): Experimentelle Untersuchungen an crashbelasteten Fahrzeugstrukturen in FVK-Metall-Hybridbauweise. Diplomarbeit. EMI-Bericht A 02/16. University of Applied Sciences Kempten.

Illner, P. (2016): Erweiterung der Split-Hopkinson-Bar-Versuchsanlage zur Durchführung von dynamischen Zugversuchen. Bachelor-Arbeit. EMI-Bericht A 34/16. Hochschule Furtwangen University.

Kettner, P. (2016): Verbreitung der Anwendungsgebiete für Schadenskurven zur Klassifizierung von Schäden am Gesamtgebäude auf Grundlage der Schadensbewertung einzelner Bauteilkomponenten. Master-Thesis. EMI-Bericht A 17/16. Hochschule Koblenz.

Schmidt, S. (2016): Empirische und quantitative Analyse sicherheitskritischer Ereignisse in urbanen Gebieten. Master-Arbeit. EMI-Bericht A 35/16. Hochschule Furtwangen University.

Vijayalakshmi, A. P. (2016): Fluid structure interaction due to underwater explosion in a steel tank – numerical and experimental analysis. Master Thesis. EMI-Bericht A 04/16. FH Aachen.

Volk, M. (2016): Beanspruchungsanalyse crashbelasteter Fahrzeugstrukturen zur Eignungsbewertung hybrider Metall-/FVK-Materialsysteme. Master-Arbeit. EMI-Bericht A 10/16. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für angewandte Materialien – Werkstoff- und Biomechanik (IAM-WBM).

Patente

Heine, A.; Wickert, M.; Thoma, K. (2008): Hohlladung am 9.10.2008. Anmeldnr: 08017755.3. Veröffentlichungsnr: EP 2 053 341 B1. Patenterteilung 18.1.2017.

Schriftenreihe des Ernst-Mach-Instituts: Epsilon-Punkt

Bach, A. (2017): Stahlbetonbauteile unter kombinierten statischen und dynamischen Belastungen in Experiment, Simulation und Bemessung. Stuttgart: Fraunhofer Verlag (Schriftenreihe Epsilon-Punkt – Forschungsergebnisse aus der Kurzzeitdynamik, 29).

Schimmerohn, M. (2016): Impaktinduzierte Effekte auf Solargeneratoren im geostationären Orbit. Stuttgart: Fraunhofer Verlag (Schriftenreihe Epsilon-Punkt – Forschungsergebnisse aus der Kurzzeitdynamik, 32).

Workshops und Veranstaltungen

2nd Annual PIRAT Workshop. 30.11–1.12.2016.

7. Workshop BAU-PROTECT. Gefährdung, dynamische Analyse und Schutzkonzepte für bauliche Strukturen. 15.–16.11.2016. Forum Merzhausen, Freiburg.

Seminar der Carl-Cranz-Gesellschaft »Funktionaler Sicherheitsnachweis für wehrtechnische Systeme«, CCG-Seminar VS 1.53. 19.–20.4.2016. EMI Freiburg.

Seminar der Carl-Cranz-Gesellschaft »Innenballistik von Rohrwaffen«, CCG-Seminar VS 1.02. 20.9.2016. EMI Efringen-Kirchen.

Nau, S.; Siedlaczek, R.: Organisation des 4. Nationalen Workshops für Zündertechnologie. 18.–20.10.2016.

Mitwirkung in Fachgremien, Fachverbänden und Programmkomitees

Aurich, H.: EDA CnGE (CapTech non-Governmental Expert) in the CapTech Ammunition Technologies.

Aurich, H.: Mitglied Arbeitsgruppe »Initiierung von Sprengstoffen«.

Ebenhöch, S. (2016): Expert Group Safety of High Energy Lasers, Expertengruppe Sicherheit Hochenergielaser. BAAINBw. Koblenz, 10.2.2016.

Häring, I.: Azores Resilience Engineering Workshop, Head of Working Group on Quantitative Methods for Resilience.

Häring, I. (2016): BMBF-Wettbewerb Zukunftsstadt, Innovationsfeld Mobilität – Transformation zur Nachhaltigkeit in Freiburg, Formulierung von Forschungsaufgaben. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg, 11.2.2016.

Heine, A.: Paper Selection Committee, 29th International Symposium on Ballistics.

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

Heine, A.: Student Awards Committee, 29th International Symposium on Ballistics.

Matura, P.: Mitglied 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 2017« in Eindhoven, Niederlande.

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

Niklas, W. (2016): Expert Group Safety of High Energy Lasers, Expertengruppe Sicherheit Hochenergielaser. BAAINBw. Koblenz, 10.2.2016.

Pilous, N.: DIN-Normenausschuss DIN NEA 763.6: Elektromagnetische Verträglichkeit von Zündern und Zündsystemen.

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

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

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

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

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

Roller, C.: NA 005 DIN-Normenausschuss Bauwesen.

Roller, C.: NA 005-09-29 AA Arbeitsausschuss Glas im Bauwesen.

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

Sättler, A.: Mitglied im Arbeitskreis Außenballistik.

Sättler, A.: Mitglied im Arbeitskreis Innenballistik.

Wickert, M.: Stellvertreter des EMI bei der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung.

IMPRESSUM

Redaktion

Birgit Bindnagel (verantwortlich), Heide Haasdonk

Redaktionelle Mitarbeit

Raffaela 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

Eckerstraße 4

79104 Freiburg

Telefon 0761 2714-366

birgit.bindnagel@emi.fraunhofer.de

www.emi.fraunhofer.de

© Fraunhofer EMI, Freiburg 2017

Druck

Simon Druck GmbH & Co.

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier.

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

Standorte
Freiburg, Efringen-Kirchen und Kandern