



# Fraunhofer INT

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR NATURWISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE TRENDANALYSEN

END-USER  
COMMUNITY

käydessä  
passy kielletty

NEEDS AND  
REQUIREMENTS

GAPS IN  
STANDARDISATION

AVAILABLE AND  
PLANNED  
STANDARDS

ASSESSMENT  
&  
ROADMAPPING

NEW AND IN  
SOLUTIONS  
(PRODUCTS OF)

NATIONAL &  
RESEARCH PRO

JAHRESBERICHT  
**2016**

# JAHRESBERICHT 2016

# VORWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

wir leben ja angeblich in einer postindustriellen Gesellschaft. Seit der Wahl zum Wort des Jahres 2016 wissen wir auch, dass es postfaktische Zeiten sind, in denen wir uns bewegen. So sagen es uns zumindest manche Politiker; andere erzählen uns sogar, dass »alternative Fakten« existierten – sozusagen eine eigene Realität nicht hinter, sondern innerhalb unserer Wirklichkeit.

Aber ist es nicht seltsam, dass diejenigen, die uns in einem nach-industriellen Zustand sehen, in dem Fakten zur Vergangenheit gehören, in einem Atemzug auch von Digitalisierung, Biologisierung, Künstlicher Intelligenz und weiteren Dingen sprechen, die erst zukünftig – also sozusagen *post-präsent* – Realität werden sollen?

Der Duden schreibt zur Bedeutung der aus dem Lateinischen stammenden Vorsilbe »post-«, sie kennzeichne im Zusammenhang mit Adjektiven und Verben etwas, das zeitlich nachfolgend oder später liegend sei.

Sind wir dann nicht, wenn wir heute intensiv an der Realisierung des »Internet of Everything« und von Industrie 4.0 arbeiten, eher eine prä-industrielle Gesellschaft? Und beruhen nicht Zukunftstechnologien, die, zumindest gefühlt, in immer schnellerer Folge unser tägliches Leben beeinflussen, auf Fakten (und schaffen selbst welche!), die erst noch gefunden werden müssen? Das heißt doch dann eigentlich, dass wir in zunehmend prä-faktischen Zeiten leben?

Auch mit alternativen Fakten beschäftigt sich das INT natürlich – dabei allerdings keinesfalls so, wie es die Erfinderin dieser Formulierung im Sinn hatte. Schließlich ist eine Technologievorausschau immer auch verbunden mit der Konstruktion von unterschiedlichen Zukünften, und die basieren nun mal auf alternativen Annahmen – also antizipierten, aber noch nicht realisierten Fakten.

Um dort auch in den nächsten Jahren nicht ins Hintertreffen zu geraten und die Faktenlage stets im Auge zu behalten, sind ausgefeilte Methoden notwendig, mit deren Entwicklung wir uns gezielt auseinandersetzen. Ein wesentlicher Kern ist dabei seit mehr als eineinhalb Jahren die Forschung an einer teilautomatisierten Unterstützung (vulgo: »Projekt KATI«), die uns helfen soll, der anschwellenden Flut wissenschaftlicher Veröffentlichungen Herr zu werden.

Zahlreiche weitere Untersuchungen zu Zukunftsthemen, wie etwa Methoden des modernen Krisenmanagements, der Sicherheit von Komponenten des Smart Grids, den Auswirkungen hochenergetischer atmosphärischer Einzelteilchen auf moderne Leistungselektronik, wie sie in der Elektromobilität und im Flugzeugbau Anwendung findet, neue Detektionsmethoden für strahlende Materialien und viele andere spannenden Forschungsthemen schaffen neue Fakten für kommende Technologien.

Im nächsten Jahr wird erstmalig zu den reinen Technologieuntersuchungen noch eine weitere Forschungsrichtung hinzukommen: aus der Erkenntnis, dass die Wechselwirkungen gesellschaftlicher und technologischer Entwicklungen immer stärker werden, kooperiert das INT in mehreren Projekten mit sozio-ökonomisch ausgerichteten Fraunhofer-Instituten, die mit uns diesen multidisziplinären Ansatz verfolgen wollen. Unsere Kooperationspartner ergänzen dabei unsere naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen mit ihren Fähigkeiten in ausgewählten Bereichen der Wirtschafts- und Gesellschaftswissenschaften.



Auch auf anderen Gebieten schreitet die Zukunftssicherung des Instituts voran: mit der zunehmenden Fertigstellung der Neubauten (Seminar- und neues Bürogebäude, Bibliothek, Anbindungsgang) sowie des Laborumbaus wurden Investitionen in den Standort von mehr als 6 Mio. € getätigt, die die Arbeitsmöglichkeiten deutlich verbessern werden und Raum für Erweiterungen bieten.

*Post factum:* Mit seiner Positionierung zwischen post- und prä- steht das INT fest auf dem Boden der Fakten und ist Vermittler zwischen technologischer Gegenwart und Zukunft. Einiges aus dieser Vermittlungstätigkeit ist wieder in diesem Jahresbericht zusammengetragen worden in der Hoffnung, Ihnen einen Überblick über die Tätigkeit des Instituts zu geben.

Viel Spaß beim Faktensammeln wünscht Ihnen,  
Ihr

Prof. Dr. Dr. Michael Lauster

# INHALT

## JAHRESBERICHT 2016

- 02 Vorwort
- 06 Fraunhofer INT im Profil
- 07 Organigramm
- 08 Fraunhofer INT in Zahlen
- 10 Kuratorium
- 11 Fraunhofer-Gesellschaft
- 12 Fraunhofer-Verbund Verteidigungs- und Sicherheitsforschung VVS

## FACHABTEILUNGEN UND GESCHÄFTSFELDER

### 14 TECHNOLOGIEANALYSEN UND STRATEGISCHE PLANUNG

### 16 WEHRTECHNISCHE ZUKUNFTSANALYSE

- 19 Technology Watch und Technology Foresight für die EDA

### 22 ÖFFENTLICHE TECHNOLOGIE- UND INNOVATIONSPLANUNG

- 25 H2020 Projekt »SONNETS« – Societal Needs Analyses and Emerging Technologies in the Public Sector
- 26 H2020 Projekt »ResiStand« – Increasing disaster Resilience through Standardisation

### 28 CORPORATE TECHNOLOGY FORESIGHT

- 30 Maschinelles Lernen – eine Schlüsseltechnologie für die Produktion von morgen
- 31 Bioprinting – unser Jungbrunnen der Zukunft
- 32 Atmospheric Water Generation – neue Konzepte gegen Wasserknappheit
- 33 Bewegungsenergie für tragbare Stromverbraucher

- 34 Strategisches Projekt: Tools und Methoden (TM)

- 37 Suchst Du noch oder analysierst Du schon?

### 40 NUKLEARE UND ELEKTRO-MAGNETISCHE EFFEKTE

- 42 Forschung mit radioaktiven Stoffen unter höchster Sicherheit

### 44 NUKLEARE SICHERHEITSPOLITIK UND DETEKTIONSVERFAHREN

- 47 Vergleich zweier MCA für den mobilen Einsatz
- 49 FP7 Projekt EDEN: Umfassender Schutz gegen Anschläge oder Unfälle

### 52 ELEKTROMAGNETISCHE EFFEKTE UND BEDROHUNGEN

- 55 Hier kein Empfang? Umso besser!

### 58 NUKLEARE EFFEKTE IN ELEKTRONIK UND OPTIK

- 61 Umfassende Untersuchung der Strahlungsempfindlichkeit von Digitalen Isolatoren
- 63 RADECS 2016
- 64 Kommerzielle Bauteile für Weltraumanwendungen

## 66 WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE INFRASTRUKTUR

### 68 ABTEILUNG BETRIEBSWIRTSCHAFT UND ZENTRALE DIENSTE

- 71 Baumaßnahmen am Fraunhofer INT

### 72 SONSTIGES

- 73 Allianz Space
- 74 Lehrstuhl der RWTH Aachen University
- 75 Stabsstelle Methodik und Ausbildung
- 76 20 Jahre Rubrik »Neue Technologien«
- 77 Vermischtes

### 78 ANHANG

- 78 Lehrveranstaltungen und sonstige Vorträge
- 79 Internationale Zusammenarbeit
- 81 Internationale Review-Tätigkeiten
- 82 Mitarbeit in Gremien
- 83 Teilnahme an Normungsarbeiten
- 84 Vorträge
- 89 Publikationen
- 96 Sonstige Berichte / Personalien
- 97 Sonstige Veranstaltungen
- 98 Pressemitteilungen
- 99 Institutsseminar
- 102 Arbeitsgebiete und Ansprechpartner
- 106 Anfahrt / Impressum

# FRAUNHOFER INT IM PROFIL

Das Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT bietet wissenschaftlich fundierte Urteils- und Beratungsfähigkeit über das gesamte Spektrum technologischer Entwicklungen. Auf dieser Basis betreibt das Institut Technologievorausschau und ermöglicht dadurch langfristige strategische Forschungsplanung. Das Fraunhofer INT setzt diese Kompetenzen in für den Kunden maßgeschneiderten Projekten um.

Zusätzlich zu diesen Kompetenzen betreibt das Institut eigene experimentelle und theoretische Forschung zur Einwirkung ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf elektronische Bauelemente und Systeme und zur Strahlungsdetektion. Hierzu ist das Institut mit modernster Messtechnik ausgestattet. Die wichtigsten Labor- und Großgeräte sind Strahlungsquellen, elektromagnetische Simulationseinrichtungen und Detektorsysteme, die in dieser Kombination in Deutschland in keiner anderen zivilen Einrichtung vorhanden sind.

Seit über 40 Jahren ist das INT ein verlässlicher Partner für das Bundesministerium der Verteidigung, berät dieses in enger Zusammenarbeit und führt Forschungsvorhaben in den Bereichen Technologieanalysen und Strategische Planung sowie Strahlungseffekte durch. Zudem forscht das INT für und berät erfolgreich auch andere, zivile öffentliche Auftraggeber und Unternehmen, national wie international, vom mittelständischen Unternehmen bis zum DAX30-Konzern.

## DIE GESCHÄFTSFELDER IN DIESEM JAHRESBERICHT:

**GESCHÄFTSFELD**  
WEHRTECHNISCHE ZUKUNFTSANALYSE

**GESCHÄFTSFELD**  
ÖFFENTLICHE TECHNOLOGIE- UND INNOVATIONSPLANUNG

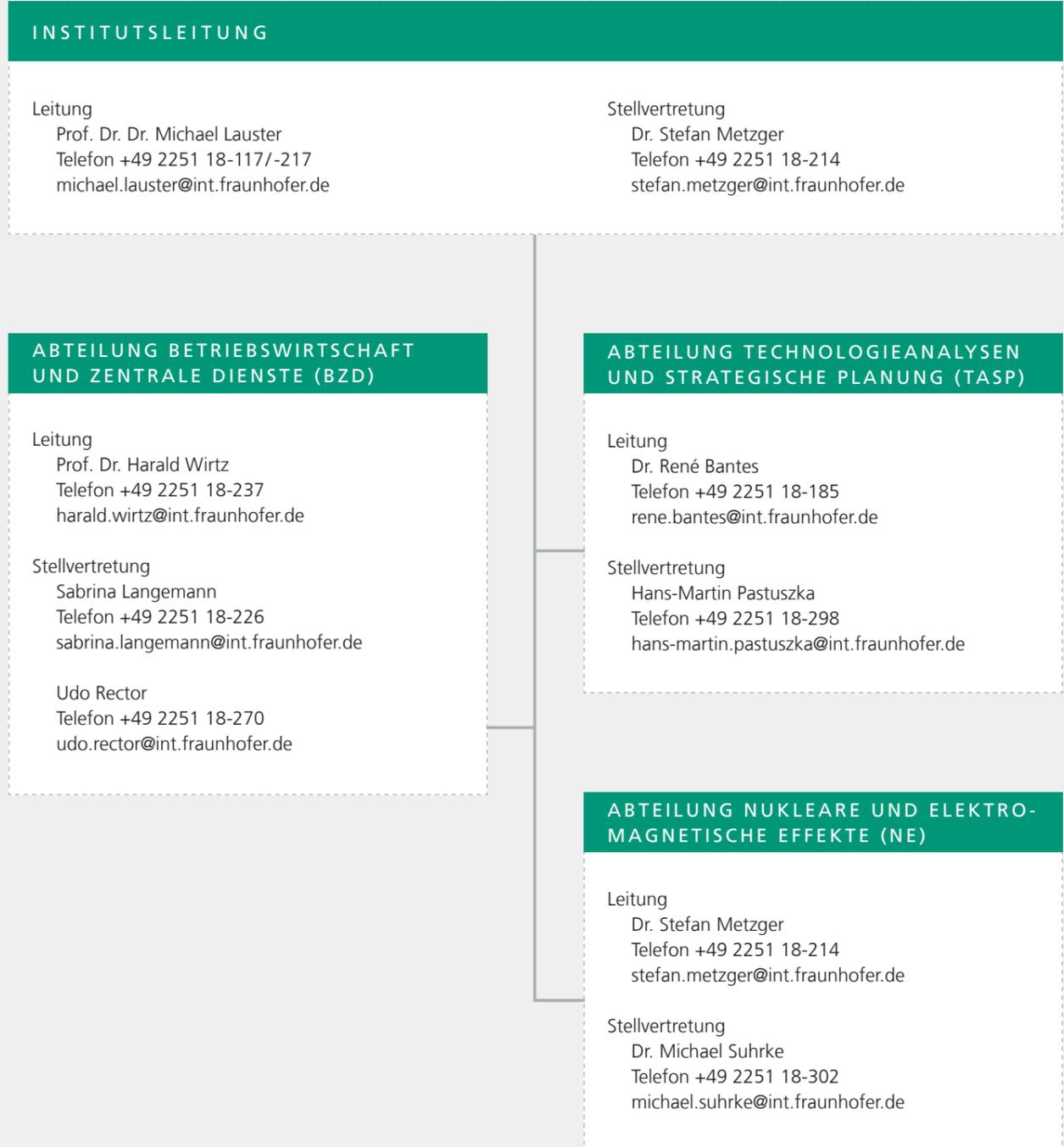
**GESCHÄFTSFELD**  
CORPORATE TECHNOLOGY FORESIGHT

**GESCHÄFTSFELD**  
NUKLEARE SICHERHEITSPOLITIK UND DETEKTIONSVERFAHREN

**GESCHÄFTSFELD**  
ELEKTROMAGNETISCHE EFFEKTE UND BEDROHUNGEN

**GESCHÄFTSFELD**  
NUKLEARE EFFEKTE IN ELEKTRONIK UND OPTIK

# ORGANIGRAMM



# FRAUNHOFER INT IN ZAHLEN

## Personal

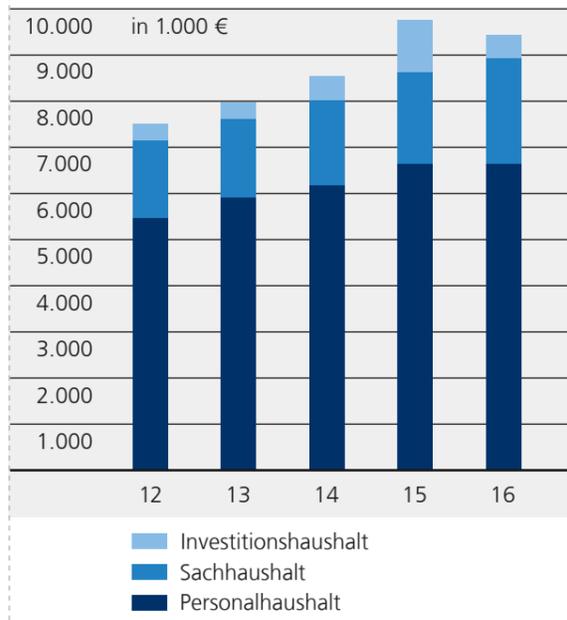
Die Personalkapazität des INT ist im Jahr 2016 nur geringfügig auf 98 Personen Stammpersonal zuzüglich der etwa 20 Hilfskräfte gestiegen. Das Institut beschäftigt 56 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und deckt damit eine breite Palette der Natur- und Ingenieurwissenschaften, aber auch der Wirtschafts-, Sozial- und Gesellschaftswissenschaften ab. Unterstützt werden die Forscher von graduierten Ingenieuren, Technikern und administrativem Fachpersonal. Darüber hinaus verfügt das INT über ein Netzwerk an freiberuflich tätigen Wissenschaftlern, die regelmäßig in die Institutsarbeit eingebunden werden.

## Haushalt

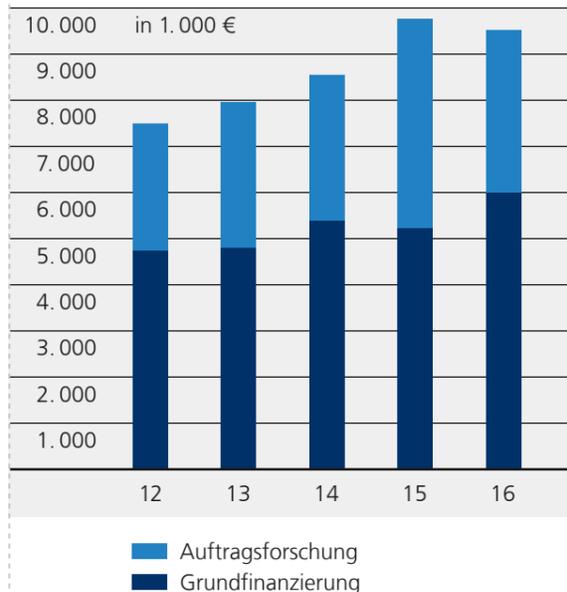
Die Fraunhofer-Gesellschaft unterscheidet zwischen dem Betriebshaushalt und dem Investitionshaushalt. Der Betriebshaushalt umfasst die Personal- und Sachausgaben, der Investitionshaushalt die Anschaffung von Investitionsgütern, wie wissenschaftliche Geräte und technische Institutsausstattung. Der Betriebshaushalt ist im Jahr 2016 um etwa 4 Prozent auf 8,9 Mio. € gestiegen. Hinzu kommen Investitionen in Höhe von 549 000 €, sodass sich ein Gesamthaushalt von knapp 9,5 Mio. € ergibt. Zu den hier ausgewiesenen Investitionen in die wissenschaftliche Infrastruktur kommen noch die Investitionsausgaben für die Aufstockung des Bürogebäudes und die Renovierung und Erweiterung der Laborkapazitäten, die über den Haushalt der Zentrale abgerechnet werden. Durch diese Investitionen konnte das INT seine Möglichkeiten für experimentelle Forschung zu Strahlungseffekten noch einmal deutlich verbessern und sieht sich nun für die Zukunft gut aufgestellt.

Neben einer Grundfinanzierung durch das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg), welche einen langfristigen Kompetenzerhalt in Schlüsselbereichen und -themen ermöglicht, erhält das Institut auch eine Regelgrundfinanzierung aus Bund-Länder-Mitteln, die innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft nach erfolgsabhängigen Kriterien vergeben wird. Den restlichen Teil der

Der Haushalt im Zeitraum von 2012–2016



Die Finanzentwicklung im Zeitraum von 2012–2016



| Personal                   | 2014             |            | 2015             |            | 2016             |            |
|----------------------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
|                            | besetzte Stellen | Personen   | besetzte Stellen | Personen   | besetzte Stellen | Personen   |
| Wissenschaftler            | 53,4             | 56         | 53,9             | 57         | 53,0             | 56         |
| Graduierte                 | 24,5             | 25         | 23               | 23         | 23,8             | 24         |
| Techniker, Sonstige        | 11,8             | 15         | 13,8             | 17         | 14,8             | 18         |
| Hilfskräfte, Auszubildende | 5,7              | 22         | 4,3              | 18         | 4,6              | 20         |
| <b>Gesamt</b>              | <b>95,4</b>      | <b>118</b> | <b>95,0</b>      | <b>115</b> | <b>96,2</b>      | <b>118</b> |

notwendigen Finanzierung des Haushalts erwirtschaftet das Institut durch die Bearbeitung einer Vielzahl von Vertragsforschungsprojekten. Projektauftraggeber sind neben der öffentlichen Hand Unternehmen aus verschiedenen Industriezweigen vom mittelständischen Unternehmen bis hin zu DAX-30-Konzernen sowie Verbände und internationale Organisationen.

Fragen der Forschungs- und Technologieplanung beraten und ist zugleich größter Auftraggeber für die Forschungseinrichtung in Euskirchen. Daneben werden auch Forschungsaufträge für andere Ministerien und sonstige öffentliche Einrichtungen durchgeführt. Einen großen Anteil an den Erträgen haben auch EU-Projekte, die gemeinsam mit Partnern aus einer Vielzahl von europäischen Ländern erfolgen.

Im öffentlichen Bereich wird das Bundesministerium der Verteidigung seit 40 Jahren umfassend vom Fraunhofer INT in

| Haushalt                 | in 1.000 € | 2012           | 2013           | 2014           | 2015           | 2016           |
|--------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Ausgaben Haushalt</b> |            |                |                |                |                |                |
| Betriebshaushalt         |            | 7.146,0        | 7.607,9        | 8.027,6        | 8.643,4        | 8.914,7        |
| davon Personal           |            | 5.461,0        | 5.915,7        | 6.189,4        | 6.660,5        | 6.760,7        |
| davon Sachhaushalt       |            | 1.685,0        | 1.692,2        | 1.838,2        | 1.982,9        | 2.154,0        |
| Investitionshaushalt     |            | 367,0          | 372,0          | 514,2          | 1.116,2        | 549,4          |
| <b>Gesamt</b>            |            | <b>7.513,0</b> | <b>7.979,9</b> | <b>8.541,8</b> | <b>9.759,6</b> | <b>9.496,1</b> |
| <b>Finanzierung</b>      |            |                |                |                |                |                |
| Grundfinanzierung        |            | 4.772,0        | 4.820,9        | 5.405,8        | 5.233,6        | 6.004,9        |
| Auftragsforschung        |            | 2.741,0        | 3.159,0        | 3.136,0        | 4.526,0        | 3.459,2        |

## KURATORIUM



Das Institut wird durch ein Kuratorium beraten, das sich aus Persönlichkeiten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung zusammensetzt.

### Vorsitz

Prof. Dr. Horst Geschka; Geschka & Partner

### Mitglieder

- Herr Udo Becker, Vorstand Kreissparkasse Euskirchen
- Herr Klaus Burmeister; Z\_punkt GmbH The Foresight Company
- Herr Dr.-Ing. Karsten Deiseroth; IABG GmbH
- Herr Prof. Dr. Horst Geschka; Geschka & Partner Unternehmensberatung Innovarium

- Herr Dr. Wolf Junker; Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- Herr DirBAAINBw Rainer Krug; Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr
- Herr Dir Prof. Dr. Winfried Schuhn; Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS)
- Herr MinR Norbert Michael Weber; Bundesministerium der Verteidigung (BMVg)
- Herr Dr. Thomas Weise; Rheinmetall Aktiengesellschaft
- Herr Dr. rer. pol. Hans-Ulrich Wiese
- Herr Prof. Dr. Dr. Axel Zweck; VDI Technologiezentrum GmbH

1 Treffen des Kuratoriums  
am 15. 06. 2016

## 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 67 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,1 Milliarden €. Davon fallen über 1,8 Milliarden € 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.

# FRAUNHOFER-VERBUND VERTEIDIGUNGS- UND SICHERHEITSFORSCHUNG VVS



Der Fraunhofer-Verbund Verteidigung und Sicherheitsforschung VVS wurde 2002 gegründet. Den Vorsitz über die zehn Verbundinstitute hat aktuell Prof. Dr. Jürgen Beyerer, Institutsleiter des Fraunhofer IOSB, inne. Das Gesamtbudget der Mitgliedsinstitute beträgt jährlich ca. 250 Mio. €. Insgesamt sind über 2500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für den VVS tätig.

## Zielsetzung des Verbundes

1. Die Erforschung und Entwicklung technischer Lösungen und Systeme zum Schutz des Lebens und zur Sicherung von Infrastrukturen
2. Forschung für staatliche Sicherheitsvorsorge im Verteidigungsbereich

Dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) verpflichtet, hat sich der Verbund inzwischen als treibende Kraft im ganzen Verteidigungs- und Sicherheitsbereich durchgesetzt.

Auch auf europäischer Ebene verkörpert der Verbund einen der Hauptakteure und ermöglicht eine intensive Vernetzung mit vielversprechenden gemeinschaftlichen Forschungsaktivitäten.

Mit Pioniergeist und durch herausragende Leistungen trägt die Fraunhofer-Gesellschaft wesentlich zur künftigen strategischen Ausrichtung des europäischen Sicherheits- und Verteidigungsforschungsprogramms bei.

## Aufgaben des VVS

Sicherheit ist ein Thema von wachsender gesellschaftlicher Bedeutung. Bedrohungen, die von international agierendem Terrorismus, organisierter Wirtschaftskriminalität, Großunfällen oder extremen Wetterereignissen ausgehen, stellen uns vor große Herausforderungen. Im Fraunhofer-Verbund für Ver-

teidigungs- und Sicherheitsforschung VVS haben sich zehn Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen, um sich gemeinsam diesen Herausforderungen zu stellen.

Als Exzellenzzentrum schaffen diese sowohl für die zivile Sicherheit als auch für den Bereich Verteidigung intelligente und umfassende Lösungen zum besseren Schutz der Gesellschaft gegen Bedrohungen – seien sie von Menschen oder von der Natur verursacht. Indem die Mitgliedsinstitute ihre Kompetenzen bündeln und Forschungsaktivitäten koordinieren, entwickelt der Verbund Spitzentechnologie und begleitende methodische Konzepte, welche essentiell sind, um gegen das gesamte Spektrum potenzieller und neu entstehender Sicherheitsbedrohungen vorzugehen und angemessen zu reagieren. Daraus ergeben sich für den Verbund folgende Aufgaben und Funktionen:

- Beratende Unterstützung nationaler und internationaler FuE-Politik
- Beratende Unterstützung des Fraunhofer-Vorstandes
- Grundlegende Bereitstellung der Urteils- und Beratungsfähigkeit in der Verteidigungsforschung
- Langfristige gemeinschaftliche Planungs- und Handlungsplattform
- Kohärente Kommunikation mit dem Markt
- Strategische Ausrichtung und Weiterentwicklung der Fraunhofer-Kompetenzen

## Future Security Conference

Eine weitere wichtige Aktivität ist die Future Security Conference, die vom VVS seit 2005 jährlich veranstaltet wird. Im Jahr 2016 richtete das Fraunhofer IAF die Konferenz aus. Die Konferenz fand unter dem Motto »Sensor Systems for Safety and Security« vom 13. bis zum 14. September in Berlin statt. Um die Kommunikation und Interaktion zu diesem Thema zu fördern, bietet die Konferenzreihe »Future Security« eine interdisziplinäre Austauschplattform für Wissenschaftler, Experten und Akteure aus Forschung, Industrie, öffentlichen Einrichtungen und

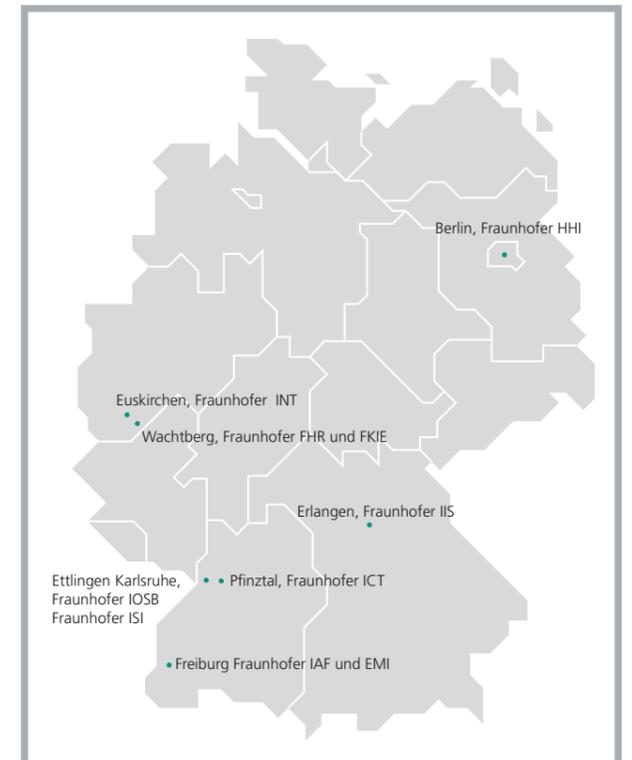
Behörden. Diese Konferenz ermöglicht einen direkten Einblick in aktuelle Sicherheitsforschungsaktivitäten und Top-Themen in diesem Bereich.

## Positionspapier der Fraunhofer-Gesellschaft zur Fortführung der zivilen Sicherheitsforschung

Sicherheit ist und bleibt eines der wichtigsten Bedürfnisse unserer Gesellschaft. Aufgrund veränderlicher Bedrohungen ist dieses Thema nach wie vor hochaktuell. Die zivile Sicherheitsforschung ist in Deutschland als querschnittliche Forschungsdisziplin erfolgreich etabliert. Von Beginn an eingebettet in die Hightech-Strategie der Bundesregierung, tragen viele Akteure aus Wissenschaft, Forschung, Wirtschaft, Behörden und Sicherheitsorganisationen in Verbundprojekten zur Erarbeitung konkreter Lösungen zur Bewältigung komplexer Herausforderungen bei. Letztere haben sich gerade in jüngster Vergangenheit aufgrund sicherheitspolitischer, gesellschaftlicher und technologischer Veränderungen stark erweitert. Das neue Forschungsprogramm der Bundesregierung ab 2017 muss diesen Veränderungen strukturell und inhaltlich zusätzlich Rechnung tragen. Unter Federführung des VVS hat die Fraunhofer-Gesellschaft ihre Empfehlungen an die Bundesregierung im Positionspapier zur Fortführung der zivilen Sicherheitsforschung formuliert.

## Mitgliedsinstitute sind die Fraunhofer-Institute für

- Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
- Angewandte Festkörperphysik IAF
- Chemische Technologie ICT
- Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT
- Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR
- Kommunikation, Informationsverarbeitung u. Ergonomie FKIE
- Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
- System- und Innovationsforschung ISI (Gast)
- Integrierte Schaltungen IIS (Gast)
- Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI (Gast)



## Verbundvorsitzender

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer; Fraunhofer IOSB

## Stellvertretender Verbundvorsitzender

Prof. Dr. Peter Martini; Fraunhofer FKIE

## Geschäftsführung

Dipl.-Ing. Caroline Schweitzer; Fraunhofer IOSB  
Gutleuthausstraße 1, 76275 Ettlingen  
Telefon +49 7243 992-361  
caroline.schweitzer@iosb.fraunhofer.de

1 **Verbundvorsitzender**  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer,  
Fraunhofer IOSB

# TECHNOLOGIEANALYSEN UND STRATEGISCHE PLANUNG

Dr. René Bantes

Gesellschaftliche, technologische und ökonomische Entwicklung sind untrennbar miteinander verbunden, da sich die sie treibenden Kräfte gegenseitig beeinflussen. Entscheidungsprozesse im politischen wie im privatwirtschaftlichen Bereich, die mittel- bis langfristige Weichenstellungen von langer Dauer und großer Tragweite betreffen, benötigen daher Untermauerung durch eine geeignete »systemische« Analyse und Beratung. Diese erfordert nicht nur eine solide Verankerung in einzelnen technologischen Themengebieten, sondern darüber hinaus auch die Fähigkeit die übergeordnete Bedeutung dieser Themengebiete multiperspektivisch, interdisziplinär und unter Einbeziehung unterschiedlicher gesellschaftlicher Dimensionen analysieren und bewerten zu können.

Die Abteilung Technologieanalysen und Strategische Planung (TASP), mit rund 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unterschiedlichster, vor allem naturwissenschaftlich-technischer Fachrichtungen, hat die Aufgabe technologische Entwicklungen weltweit zu analysieren, zu bewerten und aus den daraus abgeleiteten Erkenntnissen potentielle Implikationen für die strategische Forschungs- und Technologieplanung und die Planung und Organisation von Innovationsprozessen von Auftraggebern abzuleiten. Die Arbeitsergebnisse der Abteilung bedienen dabei grundsätzlich sowohl die Konzeptions- als auch die Umsetzungs- und Einführungsphase von Innovationsprozessen, mit einem ausgeprägten thematischen Schwerpunkt auf technologischen Fragestellungen. Basis dieser Kernkompetenz ist ein Kompetenzprofil, das aus drei einander ergänzenden, Feldern besteht. Durch einen flächendeckenden, systematischen und kontinuierlichen Technologiefrühaufklärungsprozess erarbeiten die Wissenschaftler in der Abteilung TASP die Kompetenz technologische Entwicklungen zu identifizieren, umfassend zu bewerten und einzuordnen, sowie zukünftige Entwicklungsperspektiven einzuschätzen.

Die jahrelange Erfahrung in der Forschung zu nationalem- und internationalem Sicherheits- und Krisenmanagement und die Kenntnisse, insbesondere partizipativer Vorgehensweisen, in der Innovationsbegleitung erweitern diese technologische Perspektive um eine systemorientierte Sichtweise.

Durch das in TASP vorhandene und kontinuierlich erweiterte Portfolio an Verfahren und Methoden, sowohl der partizipativen und kreativen Arbeitsformate, als auch der quantitativen, IT-gestützten Verfahren zur Datenanalyse und durch innovative Visualisierungstechniken, wird eine methodische Basis für ein breites Portfolio von Fragestellungen und Anwendungsfällen geschaffen. Auf dem Fundament dieser Kompetenzen werden die auftraggeberspezifischen Produkte von TASP abgeleitet. Diese reichen von Bewertungen des allgemeinen Zukunftspotentials einer Technologie hin zur Relevanz nationaler und internationaler Akteure sowie zu Planungen und Programmen in Forschung und Technologie.

Darüber hinaus werden bei Bedarf auch sehr spezifische, auf ein Anwendungsfeld oder eine Technologie zugeschnittene Studien durchgeführt, um konkrete Entscheidungsräume für Auftraggeber zu erschließen. Hieran kann sich die Ableitung von spezifischen Handlungsempfehlungen als fundierte Entscheidungsunterstützung für das strategische Forschungs- und Technologie-management der Auftraggeber anschließen.

Auch wenn die zugrundeliegenden Methoden im Wesentlichen generisch sind, unterscheiden sich die Formate, Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen, die daraus abgeleitet werden, abhängig vom Auftraggeber. Um diese Spezifika optimal bedienen zu können ist die Abteilung TASP in drei Geschäftsfelder gegliedert, die verschiedene Auftraggeber und ihre unterschiedlichen Anforderungen an derartige Analysen adressieren:

- Wehrtechnische Zukunftsanalyse (WZA)
- Öffentliche Technologie- und Innovationsplanung (TIP)
- Corporate Technology Foresight (CTF)

Diese Geschäftsfelder und ihre Aktivitäten im Jahr 2016 werden auf den folgenden Seiten ausführlich beschrieben. Die Geschäftsfelder werden durch die Gruppe Tools und Methoden (TM) ergänzt, die sich auf den Ausbau methodischer Grundlagen für die wissenschaftliche Arbeit fokussiert. Dazu wurde in internen Projekten gezielt Basisarbeit geleistet, auf die sich die Abteilung im Jahr 2017 und in den Folgejahren stützen kann.

# GESCHÄFTSFELD »WEHRTECHNISCHE ZUKUNFTSANALYSE«

Hans-Martin Pastuszka

Das Geschäftsfeld Wehrtechnische Zukunftsanalyse (WZA) fasst die Leistungen der Abteilung TASP des Fraunhofer INT zusammen, die für den Hauptauftraggeber, das Bundesministerium der Verteidigung und dessen nachgeordneten Amtsbereich, erbracht werden. Dazu zählen insbesondere das Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr und seine Dienststellen sowie das Planungsamt der Bundeswehr. Darüber hinaus erbringt es Dienstleistungen auch für internationale Auftraggeber wie z. B. die European Defence Agency (EDA) und die NATO.

Die technologieorientierte Zukunftsforschung des Geschäftsfeldes trägt zur Sicherstellung eines verlässlichen Orientierungs- und Entscheidungswissens über wahrscheinliche Zukunftsentwicklungen in Naturwissenschaft und Technik und deren potenzielle militärische Implikationen beim Auftraggeber bei. Dazu gehören insbesondere die Früherkennung neuer technologischer Entwicklungen (sogenannte Emerging Technologies) und die auftraggeber-spezifische Bewertung von Technologien, z. B. hinsichtlich der Identifikation von inhärenten Chancen und Risiken für die Verteidigung. Neben der Fokussierung auf technologische Fragestellungen werden relevante internationale Forschungsplanungsprozesse und -strategien beobachtet, analysiert und hieraus Empfehlungen für die Forschungs- und Technologieplanung des Auftraggebers abgeleitet, u. a. in Form von sogenannten Länderberichten. Das Geschäftsfeld WZA leistet damit seinen Beitrag für den zukunftsorientierten Erkenntnisgewinn zu langfristigen technologischen Entwicklungen weltweit und für die diesbezügliche Sicherstellung einer breiten Analyse- und Bewertungsfähigkeit des Auftraggebers im Bereich der wehrtechnisch relevanten Forschung und Technologie (FuT).

Diese Leistungen werden von einem interdisziplinären Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Abteilung TASP erbracht. Dies gewährleistet eine flächendeckende Fachkompetenz in allen relevanten naturwissenschaftlich-technischen Gebieten, welche durch eine umfassende Metho-

den- und Prozesskompetenz ergänzt wird. Die Ergebnisse werden dem Auftraggeber u. a. vierteljährlich in Form der »Wehrtechnischen Vorausschau« (WTV), dem Kernprodukt des Geschäftsfeldes WZA, zur Verfügung gestellt. Aus der fachlich-inhaltlichen Arbeit in der Wehrtechnischen Zukunftsanalyse heraus arbeiten Kolleginnen und Kollegen aus WZA auch an anderen Projekten von abteilungsübergreifender Bedeutung mit. Dazu gehört insbesondere die organisatorische und inhaltliche Betreuung der INT-Rubrik »Neue Technologien« in der Zeitschrift »Europäische Sicherheit und Technik«.

Das Jahr 2016 war gekennzeichnet durch intensive Projektarbeit sowohl für den Hauptauftraggeber als auch die EDA. Im Rahmen der Auftragsforschung lag die wesentliche Leistung des Geschäftsfeldes WZA in der fortgesetzten Erarbeitung der o. a. WTV, welche durch den Auftraggeber einem breiten Empfängerkreis im BMVg, im Amtsbereich und in der Bundeswehr zugänglich gemacht wird. Wie in den Vorjahren auch wurden insgesamt elf WTV-Artikel zu verschiedenen Technologiethemen bzw. langfristigen Systemkonzepten erstellt und übergeben, sowie drei Workshops zu den jeweiligen Ergebnissen und Empfehlungen mit der Auftraggeberseite durchgeführt. Darüber hinaus wurde im vergangenen Jahr u. a. die langjährige inhaltliche Betreuung des Jahresberichts »Wehrwissenschaftliche Forschung« durch das Fraunhofer INT für den Herausgeber BMVg abteilungsintern übernommen.

Über diesen Hauptauftrag des Geschäftsfeldes hinaus wurden auch im vergangenen Jahr wieder verschiedene Projekte zu ausgewählten Einzelthemen durchgeführt. Neben der Fortführung der Beauftragung von Technologiekurzanalysen durch die »Swedish Defence Material Administration« (FMV) intensivierte sich vor allem die Studienarbeit für die EDA. In der Fortführung der im Vorjahr begonnenen Kooperation mit dem staatseigenen spanischen Beratungsunternehmen und Ingenieurbüro Isdefe (»Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España«) mit der prototypischen Erarbeitung eines IT-Tools zur Unterstützung von »Technology-Watch«-Aktivitäten in der EDA (siehe hierzu den Jahresbericht 2015) konnte eine Follow-on-Studie durchgeführt



# TECHNOLOGY WATCH UND TECHNOLOGY FORESIGHT FÜR DIE EDA

Dr. Matthias Grüne, Hans-Martin Pastuszka

werden. Diesmal unter Leitung des Fraunhofer INT wurden in zwei Arbeitspaketen zum Einen die Funktionalitäten und die Themenabdeckung des TechWatch-Tools verbessert, und zum Anderen eine methodische Vorgehensweise für die EDA zur Ergänzung von Aspekten einer langfristigen Technologievorausschau erarbeitet und in zwei Workshops mit der EDA getestet. Ein gesonderter Artikel zu diesem Vorhaben findet sich in diesem Jahresbericht (siehe Seite 19). Zudem erfolgte eine Studienbeauftragung durch die EDA für ein Konsortium von FOI (Schwedische Verteidigungsforschungsagentur), Isdefe, TNO (Niederlande) und Fraunhofer INT zur umfangreichen Analyse der gegenwärtigen FuT-Planung in den CapTech-Arbeitsgruppen der EDA und ihrer strategischen Forschungsagenden, zur Erarbeitung und teilweisen Umsetzung von Empfehlungen zur Harmonisierung dieser Planungen, sowie zur Ableitung einer EDA-gemeinsamen Forschungsagenda (OSRA, Overarching Strategic Research Agenda).

Ein eingeladener Vortrag zum Thema »Emerging technologies and long term technological trends impacting Defence« im Rahmen der R&T Conference der EDA im April 2016 in Amsterdam vervollständigte die zahlreichen EDA-Aktivitäten des Geschäftsfeldes.

Schließlich gab es auch im vergangenen Jahr eine Reihe von Lehr- und Gremienaktivitäten des Geschäftsfeldes WZA, von denen als herausragende die Mitgestaltung des Lehrgangsmoduls »Methoden der Zukunftsanalyse« an der Führungsakademie der Bundeswehr in Hamburg – organisiert und veranstaltet vom Referat Zukunftsanalyse des PlgABw – im November 2016, zu nennen ist. Wie in den Vorjahren auch, hat WZA mit zwei Einzelvorträgen zur Wehrtechnischen Zukunftsanalyse und WTV, am Beispiel Künstlicher Intelligenz, sowie zum Disruptive Technology Assessment Game, beigetragen. Ein dritter Vortrag zum Thema »Quantitative Methoden« wurde von der TASP-Gruppe Tools und Methoden bestritten. Weitere nennenswerte Lehraktivitäten betreffen die inhaltliche Unterstützung des emeritierten und des aktuellen Institutsleiters bei Lehrveranstaltungen an den Hochschulen Bonn-Rhein-Sieg und Ravensburg-Weingarten und deren fachliche Ausgestaltung.

Schließlich gestalteten die beiden im Vorjahr berufenen Kollegen die »Independent Scientific Evaluation Group« (ISEG) der NATO für das Programm »Science for Peace and Security« (SPS) mit, welche dort u. a. etwa 50 eingereichte Forschungsanträge zu bewerten hatten und zu denen dann mit den weiteren Mitgliedern der ISEG eine gemeinsame Position erarbeitet wurde.

Für die Nachfrage der nationalen und internationalen Auftraggeber und Geschäftspartner des Geschäftsfeldes WZA zeichnet sich auch im Jahr 2017 Nachhaltigkeit und eine weitere Steigerung ab.

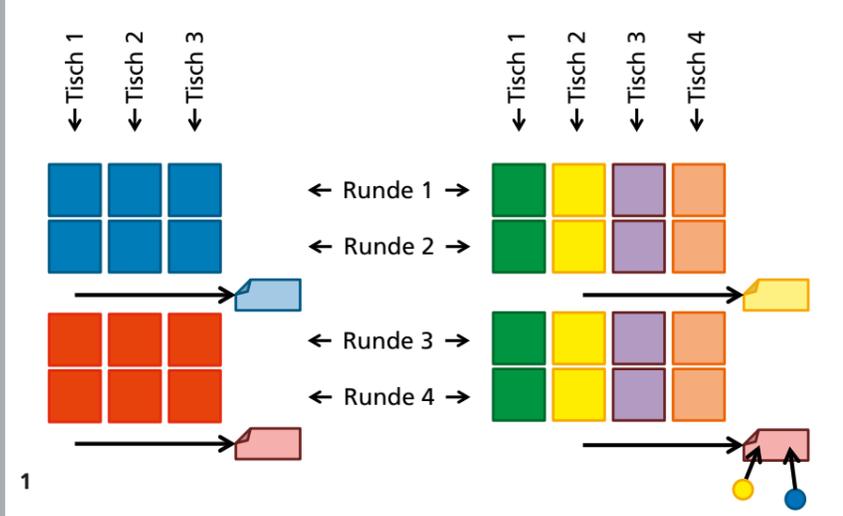
Die 2004 gegründete Europäische Verteidigungsagentur (European Defence Agency – EDA) wurde 2015 vom Rat der EU mit einer neu formulierten Aufgabenstellung versehen. Danach bestehen ihre Hauptaufgaben in der Unterstützung der Entwicklung gemeinsamer europäischer militärischer Fähigkeiten, der Beförderung europäischer verteidigungsbezogener Forschung und Technologie (FuT) sowie einer militärisch-politischen Schnittstellenfunktion. Um diese Aktivitäten planen und steuern zu können, benötigt die EDA einen systematischen Blick auf die zukünftige Technologieentwicklung.

Das Fraunhofer INT (Geschäftsfeld WZA) wurde daher gemeinsam mit dem spanischen Partner Isdefe (Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España) beauftragt, für die EDA eine Erstbefähigung in der verteidigungsorientierten Technologiefrühaufklärung aufzubauen. In einer ersten Studie wurde 2015 unter Federführung von Isdefe ein IT-Tool zur teilautomatisierten Unterstützung der EDA-Mitarbeiter bei Technologiefrüherkennung (»Horizon Scanning«) und Technologiemonitoring (»Technology Watch«) erarbeitet und prototypisch in der IT-Umgebung der EDA implementiert (siehe hierzu INT-Jahresbericht 2015). Die Nachfolgestudie 2016/2017 befasste sich unter Federführung des Fraunhofer INT mit zwei Aufgaben. Zum einen sollte die Abdeckung aller relevanten Technologiebereiche durch das IT-Tool überprüft und vervollständigt werden, um so bessere und zuverlässigere Scanning-Ergebnisse erzielen zu können. Diese Aufgabe, einschließlich der Erarbeitung zusätzlicher Technologie-Steckbriefe, wurde im Wesentlichen von Isdefe adressiert. Zum anderen, und darauf bezieht sich dieser Artikel, sollte die prinzipielle Befähigung der EDA zur Durchführung von Technologiefrüherkennungs- und -monitoringaktivitäten um den Aspekt einer langfristigen Technologievorausschau (»Technology Foresight«) ergänzt werden. Hierbei sollten in einem Zeithorizont von 20 bis 30 Jahren neu aufkommende oder an Bedeutung gewinnende Technologiethemen identifiziert und eine erste Bewertung hinsichtlich deren potenzieller zukünftiger Verteidigungsrelevanz vorgenommen werden.

Im Hinblick auf die zu erarbeitende Methodik für die Technologievorausschau hatte die EDA einige spezifische Anforderungen formuliert, die es zu berücksichtigen bzw. umzusetzen galt. So wurde gefordert, dass der gewählte methodische Ansatz Besonderheiten der EDA hinsichtlich ihrer internen Arbeitsweise und der für diese Aktivität nur sehr eingeschränkt verfügbaren personellen und zeitlichen Ressourcen angemessen berücksichtigt. Nichtsdestotrotz sollte er skalierbar sein, um auf sich ggf. verändernde Anforderungen reagieren zu können. Und schließlich gehörte die zielgerichtete Unterstützung der Arbeit der EDA-CapTech-Arbeitsgruppen zu den Anforderungen. Dabei sollten relevante langfristig orientierte Erkenntnisse aus der Fähigkeitenplanung der EDA (Capability Development Plan – CDP) einschl. militärischer Szenarien sowie relevante Aktivitäten in den Forschungsprogrammen der EU-Kommission berücksichtigt werden. Last but not least sollte der neue Ansatz auch so nutzerfreundlich wie möglich und offen für mögliche Adaptationen in der Zukunft sein.

Als wesentliche Herausforderung stellte sich für das Studienteam die Entwicklung eines methodischen Studiendesigns heraus, das die o. g. Anforderungen hinsichtlich minimalen Ressourceneinsatzes, belastbarer und vollständiger Ergebnisse, Skalierbarkeit und Nutzerfreundlichkeit miteinander vereinbart. Hierfür wurden zunächst bekannte »Best Practices« zur Technologievorausschau zusammengestellt und bewertet und ihre Adaptierbarkeit auf die spezifischen Anforderungen der EDA hin untersucht. Basierend auf den langjährigen und intensiven praktischen Erfahrungen der beiden Projektpartner in der Identifikation und Bewertung zukünftiger Technologieentwicklungen und ihrer militärischen Relevanz, wurde letztlich ein mehrstufiges Verfahren für den geforderten Prozess vorgeschlagen. Es erlaubt in jeder Phase ein skalierbares Vorgehen, bei dem Vorfestlegungen, Rahmenbedingungen und der mögliche und erforderliche Aufwand Berücksichtigung finden.

Die erste Phase dient der Identifikation von Themenkandidaten. Gesucht werden dabei Themen, deren Zukunftspotenzial,



antizipierte militärische Bedeutung und insbesondere Granularität (Themenbreite) für die in der dritten Phase nachfolgende Diskussion und Bewertung Ergebnisse von maximalem Interesse versprechen. Zur Identifizierung dieser Themenkandidaten wurde das Verfahren des Metascannings gewählt, also der Analyse von Studien, die bereits der Identifizierung derartiger Themen gewidmet sind (»Scanning the Scanners«). Damit kann der eigene Aufwand in dieser Phase minimiert werden. Erhalten wurde eine Liste von 23 Themenkandidaten. Aufgrund des gewählten, breiten diskursiven Ansatzes und des langfristigen Zeithorizontes erwiesen sich hier insbesondere Themen als geeignet, die einen eher paradigmatischen Charakter aufweisen und viele einzelne Technologiethemen in einem Forschungstrend vereinen.

In der zweiten Phase mussten nun die für eine weitere Behandlung bestmöglich geeigneten Themen ausgewählt werden. Hierfür wurde ein am Fraunhofer INT entwickeltes und vielfach getestetes Multikriterien-Nutzwertanalyse-Verfahren (sogenannte Weighted-Bit Assessment Method – WBAM) eingesetzt.

Kern der dritten Phase waren zwei partizipative Workshops (»Technology Foresight Exercises«), bei denen das jeweilige Thema im Hinblick auf seine zu erwartende wehrtechnische Bedeutung, sich abzeichnende FuT-Bedarfe sowie Konsequenzen für (europäische wie gegnerische) militärische Fähigkeiten diskutiert und bewertet wurde. Als methodischer Ansatz für die Workshops wurden Varianten der »World-Café«-Methode gewählt. Diese bot nach Einschätzung des Studienteams den bestmöglichen Kompromiss bezüglich eines möglichst begrenzten Aufwands in Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung bei gleichzeitiger bestmöglicher Einbindung und strukturierter Erschließung von EDA-seitigem Expertenwissen (technologisch und militärisch) in einer eintägigen Veranstaltung. Diese Methode ermöglicht es, mit einer skalierbaren Anzahl Teilnehmer eine parallele Diskussion in entspannter Umgebung zu führen, die gleichzeitig kreativ-offen und systematisch-fokussiert ist und dabei durch eine systematische Neuzusammenstellung der Kleingruppen nach jeder Runde eine Vernetzung

der Diskussionsstränge sowie eine wiederholte Neuinspiration ermöglicht. Durch Wahl von Fokus- und Leitfragen können dabei sukzessive verschiedene Perspektiven eingenommen werden und ggf. eine gedankliche »Dramaturgie« der Fragestellung aufgebaut werden.

Der erste Workshop hatte »Wirklich autonome Systeme« zum Gegenstand und fand mit Beteiligung aller CapTech-Moderatoren der EDA im September 2016 in Brüssel statt. Im Analysefokus stand die Frage der möglichen Auswirkungen und Einflüsse auf zukünftige militärische Fähigkeiten. Daher wurde die Form des sogenannten »War Café« gewählt. Dabei handelt es sich um eine World-Café-Variante, bei der (vergleichbar einem militärischen War Game) die »blaue« Perspektive der eigenen Streitkräfte und die »rote« Perspektive des Gegners oder der Bedrohung systematisch getrennt diskutiert werden. Die Trennung ist nach Gesprächsrunden oder nach Tischen möglich, hier wurde das erstere Verfahren gewählt.

Der zweite Workshop dagegen fokussierte auf das Ableiten von verteidigungsbezogenem Forschungsbedarf sowie von Möglichkeiten europäischer FuT-Kooperation. Teilnehmer des Workshops im Oktober 2016 in Brüssel waren die Mitglieder des EDA-CapTechs »Materials«, daher war die Themenstellung auf den Geschäftsbereich dieser Arbeitsgruppe beschränkt. Unter dem Oberthema »Materials 2050« wurden vier Teilthemen diskutiert, von denen sich drei aus der CapTech-Arbeit ergeben hatten und eines im Projekt identifiziert worden war. Der Workshop diente auch der Demonstration des Vorgehens im Rahmen realer EDA-Gremienarbeit.

Wie zu erwarten war, zeigte es sich als entscheidend für die Qualität und den Mehrwert dieser Workshops, dass eine ausreichende Anzahl von Experten verschiedener Disziplinen, und hier insbesondere der Streitkräfte, teilnahm und aktiv mitwirkte. Auch der Definition der Fokusfragen je Tisch und der davon abgeleiteten Leitfragen für jede Diskussionsrunde kam eine hohe Bedeutung zu. Die Kunst ist es hier, die richtige Balance zu finden zwischen einerseits offenen Fragen, die zu



offener Diskussion anregen und diese befördern (und nicht schon mit der Fragestellung mögliche Ergebnisse präjudizieren), welche andererseits aber auch so konkret wie möglich formuliert sein wollen, wenn die Ergebnisse der Diskussion über allseits bereits bekannte Allgemeinplätze hinausgehen sollen. Hierzu konnten gemeinsam mit der EDA während der beiden Workshops eine Reihe von weiterführenden Erkenntnissen und Einsichten gewonnen werden. Dabei sind jegliche Workshop-Ergebnisse nicht als abschließende Feststellungen zu betrachten. Vielmehr dient das wiederholte Durchlaufen des gesamten Prozesses durch unterschiedliche Funktionsträger (Stakeholder) der Entwicklung und kontinuierlichen Anpassung von sowie der Verständigung auf gemeinsame Zukunftsvorstellungen (»Zukunftsbilder«).

Für die vierte und abschließende Phase des Prozesses wurde ein Verfahren zur Aufarbeitung der umfangreichen und vielfältigen Dokumentation der Workshop-Diskussionen (beschriebene Tischdecken, Notizen, Zwischenpräsentationen, Metaplan-Karten mit / ohne Bewertungspunkte usw.) hin zu einer einfach auffassbaren Zusammenfassung der wesentlichen »Botschaften« entwickelt. Die so erhaltenen Ergebnisse wurden für die weitere EDA-Arbeit auf deren IT-Plattform verfügbar gemacht.

Im Ergebnis stieß diese für die EDA entwickelte Methodik zur Technologievorausschau nebst ihrer exemplarischen Umsetzung auf großes Interesse. Momentan wird EDA-intern geprüft, wie dieser Ansatz zukünftig für die Aktualisierung und Weiterentwicklung der strategischen Forschungsagenden der 12 EDA CapTechs operationalisiert werden kann.

1 Schematischer Ablauf der beiden durchgeführten World-Café-Varianten

2 Zwischenergebnisse auf einem World-Café-Tisch (Foto: M. Grüne)

## GESCHÄFTSFELD »ÖFFENTLICHE TECHNOLOGIE- UND INNOVATIONSPLANUNG«

Dr. Merle Missoweit

Das Geschäftsfeld Öffentliche Technologie- und Innovationsplanung (TIP) bündelt die Aktivitäten der Abteilung TASP, welche für öffentliche, nicht-militärische Auftraggeber durchgeführt werden. Kunden sind die Europäische Kommission, das EU-Parlament, das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie weitere nationale und internationale Organisationen und Akteure.

Das Geschäftsfeld ging zu Beginn des letzten Jahres aus dem Zusammenschluss der beiden Geschäftsfelder Internationales Forschungs- und Technologie (FuT) Management (IFT) und Öffentliches FuT Management (ÖFT) hervor. Ziel ist, die Synergieeffekte zwischen internationalen und nationalen Fragestellungen und Themenschwerpunkten besser zu nutzen. Erste positive Effekte dieser Maßnahme konnten im vergangenen Jahr bereits verbucht werden.

Forschungsschwerpunkt des Geschäftsfeldes ist die Entscheidungsunterstützung für die Forschungs- und Innovationsplanung im Bereich der Sicherheitsforschung, aber auch zunehmend in anderen Bereichen. Dies beinhaltet vor allem Vorausschau- und Szenario-Aktivitäten, Technologiebewertungen, Roadmapping und Konzepte für Forschungsvorhaben sowie Beiträge zur Fähigkeitsentwicklung. Eine unserer Hauptkompetenzen dabei ist die Anwendung partizipativer Methoden zur Einbindung der relevanten Experten und Akteure. So erreichen wir ein konsensbasiertes Ergebnis auf dem aktuellen Stand der Forschung.

Inhaltlich hat sich im letzten Jahr viel getan: Im Bereich **Innovationsmanagement für staatliche Akteure** wird nun auch Entscheidungsunterstützung außerhalb der Sicherheitsforschung entwickelt. Hier ist besonders das Projekt SONNETS (Societal Needs Analysis and Emerging Technologies in the Public Sector, Laufzeit 2016 - 2017) zu nennen, welches Technologien für die digitale Transformation der Arbeit des öffentlichen Sektors identifiziert, analysiert und deren Implementierung durch die Vernetzung der jeweiligen Akteure vorantreibt. TIP leitet hier das Arbeitspaket, welches sich um

die Erstellung einer entsprechenden Roadmap kümmert (vgl. Seite 25). Aber auch im Sicherheitssektor gab es Aktivitäten. So wurde das Projekt CARONTE (Creating an Agenda for Research on Transport Security, 2014 - 2016) zu Beginn des Jahres zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht sowie weitere Forschungsanträge gestellt. Im Unterbereich **Implementierung und Operationalisierung** unterstützen wir einzelne Behörden und Organisationen dabei, durch die Anwendung von Forschungsergebnissen in der Praxis ihre jeweiligen spezifischen Aufgaben besser zu erfüllen. Hier gab es im letzten Jahr erfolgreiche, vorbereitende Aktivitäten, die im nächsten Jahr zusammen mit unseren Partnern aus dem öffentlichen Sektor umgesetzt werden sollen.

Im Themenbereich **Resilienz-Management** wurde im letzten Jahr – mit dem Anlaufen der beiden Projekte Smart Resilience und ResiStand – neue Expertise aufgebaut. Smart Resilience (Laufzeit 2016 - 2019) beschäftigt sich mit dem Thema Resilienz kritischer Infrastrukturen in Smart Cities, d. h. in Städten, die bereits ein hohes Digitalisierungs- und Vernetzungslevel ihrer Infrastruktur erreicht haben, und dadurch unter Umständen verwundbarer geworden sind. Die Rolle von TIP ist hier die Analyse bereits existierender Ansätze zur Messung von Resilienz. Das Projekt ResiStand (Increasing disaster Resilience by establishing a sustainable process to support Standardisation of technologies and services, Laufzeit 2016 - 2018) hat es sich zur Aufgabe gemacht, Standardisierung im Bereich Resilienz voranzutreiben, indem es neue Standards vorschlägt, das Potential von Standardisierung besser erklärt und einen nachhaltigen Prozess für effektive Standardisierung neuer Resilienz-Lösungen aufsetzt. Neben anderen Aufgaben leitet TIP innerhalb von ResiStand das Arbeitspaket, welches eine Anwender-Community aufbaut und zahlreiche Standardisierungsbedarfe von End-Usern erhebt, anpasst und validiert (vgl. Seite 26). Beide Projekte stellen wichtige Schritte dar, um in naher Zukunft unsere Kunden vermehrt im Bereich Resilienz-Management und -Planung unterstützen zu können.



# SONNETS



# H2020 PROJEKT »SONNETS« – SOCIETAL NEEDS ANALYSIS AND EMERGING TECHNOLOGIES IN THE PUBLIC SECTOR

Dr. Sonja Grigoleit

Querschnittlich zu diesen drei Hauptaktivitäten wird seit einiger Zeit auch die Verbindung zu gesellschaftlichen Fragestellungen hinsichtlich der Akzeptanz von Technologien und Konzepten stärker bearbeitet. In diesem Bereich läuft weiterhin das europäische *Network of Excellence SOURCE – Virtual centre of excellence for research support and coordination on societal security* (Laufzeit 2014 - 2019; vgl. Seite 76) sowie weitere Aktivitäten, eingebettet in andere Projekte.

Die breite Expertise des Geschäftsfeldes TIP wird weiterhin nicht nur durch die Mitgliedschaft in der *Horizon 2020 Protection and Security Advisory Group*, sondern auch in die themenübergreifenden H2020 Advisory Group für *International Cooperation* deutlich. Das Geschäftsfeld stellt außerdem Gutachter für das *NATO Partnership for Peace* Programm sowie für Projekte des EU Forschungsprogramms Horizon 2020 und repräsentiert den Fraunhofer-Verbund für Verteidigungs- und Sicherheitsforschung (VVS) bei der *European Association for Research and Technology Organisations (EARTO, Security Working Group)*. Zudem sind einige Mitarbeiter des Geschäftsfeldes als Berater für größere Forschungsprojekte aktiv.

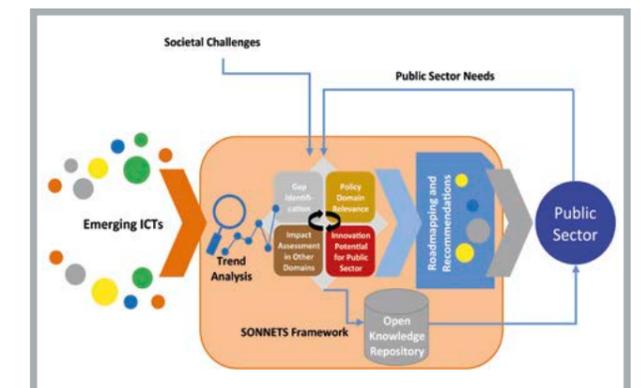
Seit März 2016 forscht das Fraunhofer INT an dem EU Horizon 2020 Projekt **SO**cietal **N**eeds **a**nalysis and **E**merging **T**echnologies in the public **S**ector (SONNETS), welches das Ziel verfolgt den öffentlichen Sektor zu transformieren und ihn als Vorreiter im Bereich neue Informations- und Kommunikationstechnologien (kurz: IuK-Technologien) zu präsentieren. Dazu werden auf der einen Seite der gesellschaftliche Bedarf sowie der Bedarf des öffentlichen Sektors identifiziert und auf der anderen Seite werden gerade aufkommende IuK-Technologien zusammengestellt. Eine gegenüberstellende Analyse von beiden Seiten soll dann in die Entwicklung einer Forschungsagenda und in gezielten Empfehlungen an die Europäische Kommission münden.

Auf der Basis von Sekundärforschung, eigenen Interviews in vier EU-Ländern und Workshops wurde dazu im ersten Schritt eine Liste von Bedarfen entwickelt. Unterschieden wurde dabei nach den unterschiedlichen Akteursgruppen:

- 1) die Gesellschaft, bzw. Vertreter von einzelnen Bevölkerungsgruppen, wie z. B. Wohlfahrtsverbände für die Gruppe der älteren Menschen oder Hilfsorganisationen für die Gruppe der Migranten,
- 2) Unternehmen und
- 3) Vertreter des öffentlichen Sektors.

Erste Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Während sich die Gesellschaft z. B. einen transparenten und interaktiven öffentlichen Sektor wünscht, erhoffen sich die Unternehmen, dass der öffentliche Sektor die bürokratischen Prozesse z. B. für Start-ups erleichtert, wichtige Informationen leichter zu finden sind und die Interaktion zwischen Unternehmen und dem öffentlichen Sektor allgemein schneller, flexibler und über benutzerfreundliche Plattformen stattfinden kann. Der öffentliche Sektor selber sieht z. B. den Bereich Fachkräfte und Weiterbildung, aber auch die Digitalisierung als wichtige Aufgabenfelder für die Zukunft.

Außerdem hat das Konsortium mit Hilfe von Interviews, Workshops und auch Literaturrecherchen eine Liste von neu aufkommenden IT-Technologien und Trends zusammengestellt, die für die Transformation des öffentlichen Sektors von Bedeutung sein könnten. Dazu gehören zum Beispiel Bereiche wie big data oder Online-Ausweise (e-ID-Funktion). In den kommenden Monaten werden diese Technologien weiter auf ihre Innovationspotenziale im öffentlichen Sektor hin untersucht und mögliche Forschungslücken identifiziert.



Das Projekt wird von der spanischen Firma ATOS koordiniert und verfügt über ein Budget von rund 500 000 €. Die vier Partnerorganisationen aus Deutschland, Griechenland, Italien und Spanien haben bis August 2017 insgesamt 18 Monate Zeit um ein Netzwerk im Bereich neue IT-Technologien im öffentlichen Sektor aufzubauen und die Entscheidungsträger in der EU Kommission bzgl. notwendiger Forschungsaktivitäten zu beraten, wie der öffentliche Sektor optimal von neuen IT-Technologien profitieren kann.

Weitere Informationen zu dem Projekt sind unter <http://www.sonnets-project.eu> zu finden.



# H2020 PROJEKT »RESISTAND« – INCREASING DISASTER RESILIENCE THROUGH STANDARDISATION

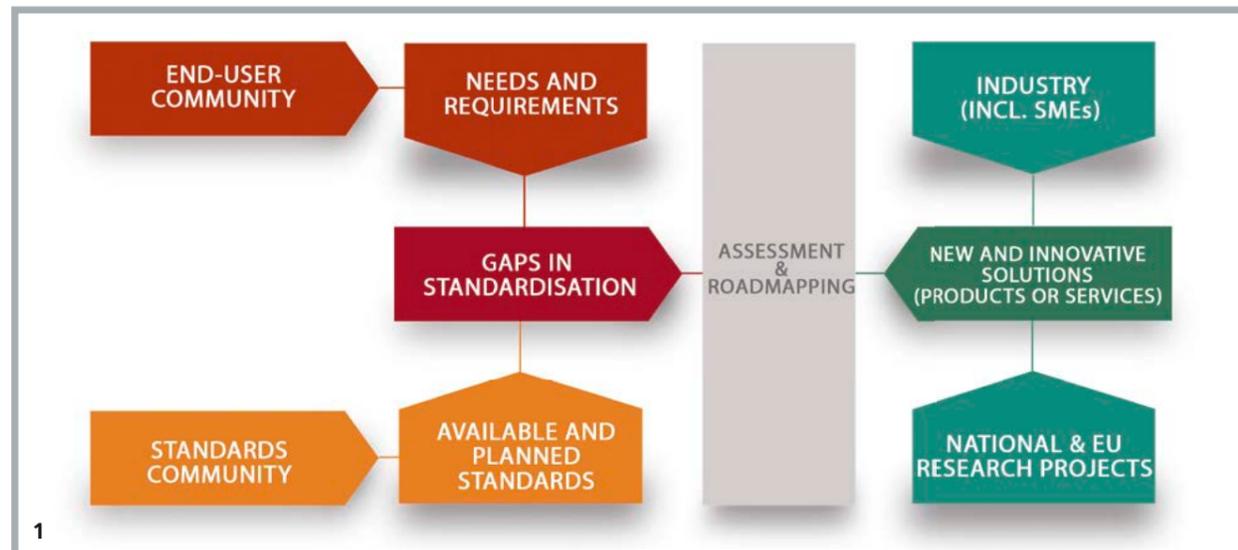
Michael Löscher

Das Fraunhofer INT trägt seit Mai 2016 zu einer strategisch wichtigen Coordination & Support Action (CSA) im Rahmen des europäischen Forschungsprogramms Horizont 2020 bei. Das zweijährige Projekt trägt den Titel Increasing disaster Resilience by establishing a sustainable process to support Standardisation of technologies and services (ResiStand). Es teilt das Verständnis der Europäischen Kommission, dass Harmonisierung und Standardisierung von Technologien, Prozessen und Dienstleistungen im Bereich des Krisenmanagements und des Katastrophenschutzes, die Resilienz Europas gegenüber Natur- und Terrorgefahren entscheidend stärken kann. Standards können beispielsweise dazu beitragen

Zum einen eine Roadmap, die darüber informiert welchen Standardisierungsaktivitäten Priorität eingeräumt werden sollte. Die Roadmap wird ebenfalls darüber Auskunft geben, ob bei bestimmten Standardisierungsvorhaben zunächst weitere Forschung betrieben werden muss, um den notwendigen konsensfähigen Reifegrad der thematisierten Lösung zu erreichen. Zum anderen wird im Zuge des Projektes – und in enger Abstimmung mit den beteiligten und assoziierten europäischen Standardisierungsinstituten – ein nachhaltiger Prozess aufgesetzt, der die Planung von Standardisierungsaktivitäten im Sicherheitsbereich zukünftig anleiten soll. Nach Abschluss von ResiStand soll dieser Prozess vom Europäischen Komitee

diese mit vorhandenen und geplanten Standards abzugleichen, und schließlich die erwähnte Roadmap unter Betrachtung von neuartigen Lösungen auf Anbieterseite (Industrie, KMUs, Forschung) zu entwickeln. Bei der Entwicklung der ResiStand Roadmap stehen vor allem Fragen der Machbarkeit und der erwarteten Wirkung bzw. des Nutzens des zukünftigen Standards im Vordergrund. Die Einschätzung dessen erfolgt mittels eines neuartigen Bewertungsrahmens. Dieser unterstützt Standardisierungsinstitute oder Organisationen, die Interesse an der Entwicklung von Standards haben bei der Entscheidung, ob eine geplante oder eine mögliche Investition in die Entwicklung eines Standards getätigt werden sollte oder nicht. Somit können

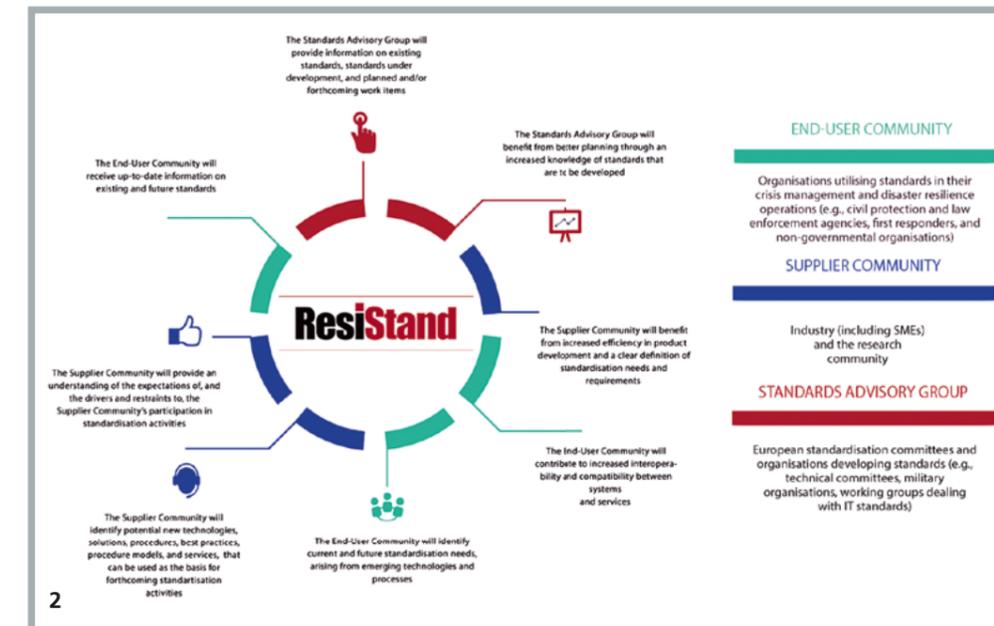
(siehe Abbildung 2). Diese Akteure sind in ResiStand drei Gruppen zugeordnet: den Endanwendern, den Anbietern und den Standardisierungsexperten. Diese definieren Bedarfe, stellen Lösungen bereit und unterstützen und beteiligen sich an der eigentlichen Entwicklung von Standards. Demnach stehen Bemühungen um eine optimierte Einbindung von Behörden, Ersthelfen, Einsatzkräften, Industrieunternehmen, KMUs, Forschungseinrichtungen und Standardisierungsexperten im Vordergrund des Projektes.



bestehende Probleme von Einsatzkräften bezüglich technischer oder semantischer Interoperabilität aufzulösen. Standards können kleinen und mittelständischen Anbietern von neuartigen Produkten und Dienstleistungen helfen, Entwicklungskosten zu senken, und Standards können öffentliche Beschaffer dabei unterstützen Performanz- und Qualitätsanforderungen eindeutig zu bestimmen und festzulegen.

für Normung (CEN) und vom Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) aufgegriffen und weitergeführt werden.

Der ResiStand Prozess (siehe vereinfachte Darstellung in Abb. 1) sieht vor, eine Erhebung von Anforderungen und Standardisierungsbedarfen auf Seiten der Endanwender durchzuführen,



in Zukunft Fehleinschätzungen und darauf basierende Entscheidungen zur langwierigen Entwicklung von fragwürdigen Standards verhindert und Ressourcen für vielversprechende Verfahren verwendet werden.

Der zentrale Ansatzpunkt von ResiStand in Bezug auf verbesserte Standardisierungsprozesse liegt in der frühzeitigen und kontinuierlichen Mitwirkung aller fraglichen Interessengruppen

# GESCHÄFTSFELD »CORPORATE TECHNOLOGY FORESIGHT«

Dr. Martin Brüchert



Das Geschäftsfeld Corporate Technology Foresight (CTF) fokussiert sich im Themenkomplex Technologie, Innovationen und Zukunft auf die Welt der Unternehmen. Mit fundierten, wissenschaftlichen Methoden unterstützt das Geschäftsfeld so Unternehmen aus unterschiedlichsten Branchen in den Bereichen Technologie- und Innovationsmanagement, Strategie sowie Forschung und Entwicklung. CTF zeigt zukünftige technologische Veränderungen auf, analysiert und bewertet diese und entwickelt gemeinsam mit seinen Auftraggebern Lösungen und Pläne. Durch ein breit angelegtes Screening von Technologietrends werden die Risiken und Potenziale neuer Technologien für Unternehmen aufgedeckt.

Der Ausgangspunkt ist dabei in der Regel der umfassende Überblick der Abteilung Technologieanalysen und Strategische Planung (TASP) über nahezu die gesamte zukünftige Technologielandschaft mit einem zeitlichen Horizont von aktuellen Veränderungen bis hin zur langfristigen Perspektive. In einem Zeitalter, in dem technologische Entwicklungen inzwischen ganze Branchen verändern, können so sogenannte Cross-Industry-Innovationen rechtzeitig erkannt und ein Blick über den firmenspezifischen Tellerrand geworfen werden. Auch werden komplexe technologische Veränderungen, wie z. B. Industrie 4.0, für die spezifischen Belange eines einzelnen Unternehmens aufgeschlüsselt.

Neben der technologischen Perspektive in voller Breite wird außerdem der komplette Planungshorizont abgedeckt – von der kurzfristigen bis zur langfristigen Vorausschau. Der Aufbau vergleichbarer eigener Kompetenzen ist für Unternehmen sehr kostenintensiv. Somit liegen viele technologische Entwicklungen häufig außerhalb des Sichtfelds vieler Unternehmen, obwohl diese von großer Bedeutung für einen langfristigen Erfolg sein können.

Das Geschäftsfeld CTF schließt diese Lücke für Unternehmen, liefert eine neutrale Outside-In-Sichtweise und hilft auf diese Weise, eine nachhaltige, langfristige Unternehmensstrategie zu entwickeln.

Die Grundfrage dabei ist:

- Welche technologischen Entwicklungen sind zu erwarten?
- Welche Technologie ist nachhaltig und kann bis zur nächsten Veränderung möglichst lange genutzt werden?
- Welche neuen Technologien werden vorhandene Geschäftsfelder verändern oder sogar obsolet machen?
- Welche neuen (Dienst-)Leistungen werden durch zukünftige Technologien umsetzbar?

Bei der Beantwortung dieser Fragen durch das Geschäftsfeld CTF werden Trends und technologische Entwicklungen in den unternehmensrelevanten Kontext gerückt, mögliche Entwicklungspfade aufgezeigt, deren Bedeutungen analysiert und Handlungsempfehlungen entwickelt. Besonders letzteres gelingt nicht ohne den professionellen Einsatz partizipativer Methoden und eine enge, vertrauensvolle Zusammenarbeit, wie sie beim Fraunhofer INT üblich ist.

Die beschriebenen Leistungen bauen auf der Kernkompetenz Technologieanalysen und Strategische Planung und dem systematischen Technologiemonitoring der gleichnamigen Abteilung TASP auf. Hier wird Grundlagenwissen zu Trends in nahezu der gesamten technologischen Breite aufgebaut, das in Projekten innerhalb kurzer Zeit vertieft und kundenspezifisch aufgearbeitet werden kann. Dabei zeichnet das Geschäftsfeld CTF eine unternehmensorientierte Sicht auf technologische Trends aus. Folgend werden einige Beispiele technologischer Entwicklungen aufgezeigt. Solche Beispiele werden zukünftig quartalsweise aufgearbeitet und im Rahmen des CTF-Newsletters versandt.

Eine Anmeldung für die sogenannten Trend-NEWS ist auf der Homepage des Fraunhofer INT möglich: [www.int.fraunhofer.de](http://www.int.fraunhofer.de).

# MASCHINELLES LERNEN – EINE SCHLÜSSEL-TECHNOLOGIE FÜR DIE PRODUKTION VON MORGEN

Dr. Martin Brüchert, Dr. Anna Schulte

Ob es nun um autonomes Fahren, die Entwicklung neuer Werkstoffe oder die Analyse und Optimierung von Produktionsprozessen (Industrie 4.0) geht – Künstliche Intelligenz ist in der Zukunft nicht mehr weg zu denken. Und Verfahren des maschinellen Lernens gehören zu den Schlüsseltechnologien dieses Gebiets und werden zunehmend wichtiger für die intelligente Analyse von immer größeren und komplexeren bzw. vernetzten Datenmengen. Dabei handelt es sich um Verfahren, die aus Daten Wissen generieren. So werden diese Systeme zunächst »trainiert« und dadurch in die Lage versetzt, aus Erfahrungen zu lernen und sich stetig zu verbessern.

Das Thema Maschinelles Lernen ist ein vielfältiges und in seiner Gesamtheit unübersichtliches Forschungsfeld, in dem die Entwickler-Community und die Anwender-Community fließend ineinander übergehen. Eine erste Sortierung dieses Themas kann über die verschiedenen Lernverfahren erfolgen. So kann zwischen überwachtem Lernen (supervised learning), teilüberwachtem Lernen (semi-supervised learning), unüberwachtem Lernen (unsupervised learning), bestärkendem Lernen (reinforcement learning) und aktivem Lernen (active learning) unterschieden werden. Je nach Lernmethodik finden schließlich unterschiedliche Algorithmen ihren Einsatz.

Das Fraunhofer INT hat dieses Forschungsfeld anhand bibliometrischer Verfahren hinsichtlich seiner wesentlichen methodischen Ansätze, der relevanten Akteure und deren Forschungsschwerpunkte untersucht. Bibliometrie ist ein wichtiges quantitatives Analysewerkzeug und wird am Fraunhofer INT eingesetzt, um die zukünftige Bedeutung und den Entwicklungsverlauf einer Technologie besser bewerten zu können. Indikatoren wie beispielsweise die sogenannte Giant-Component geben dabei Auskunft über den Vernetzungsgrad der jeweiligen Forschungs-Community und damit indirekt auch über den potenziellen wissenschaftlichen Reifegrad einer Technologie. Akteursanalysen zeigen die wesentlichen wissenschaftlichen Player auf, während sogenannte Overlay-Maps die Möglichkeiten bieten, die fachlichen Schwerpunkte einer Institution auf einer Art »Landkarte der Wissenschaften« zu projizieren,

wodurch eine Einordnung der Akteure in die thematische Forschungslandschaft möglich ist.

Die Analysen bestätigen die generelle Wahrnehmung, dass Maschinelles Lernen in der Fabrik der Zukunft – beispielsweise im Bereich der Produktion – eine immer wichtigere Rolle spielen wird. Das Thema ist hochentwickelt und findet eine immer größere Verbreitung in sehr unterschiedlichen Anwendungsfeldern. Unternehmen sollten im Rahmen ihres Technologie- und Innovationsmanagements genau analysieren, welchen Nutzen sie vom Gebrauch dieser Technologie in Zukunft haben können und ihre Planungen zeitnah voranbringen.

# BIOPRINTING – UNSER JUNGBRUNNEN DER ZUKUNFT?

Stefan Reschke

In Deutschland ist die Warteliste für Spenderorgane lang. Alleine 2015 warteten über 10 000 Menschen auf Spenderorgane, jedoch konnten nur ca. 3300 Spenderorgane transplantiert werden. In anderen Industrienationen ist diese Diskrepanz noch viel größer. Ein künftiger Weg aus dieser Organknappheit, aber auch eine Alternative zu Tierversuchen, kann das Bioprinting sein.

Bioprinting ist ein gerade entstehendes Anwendungsfeld der additiven Fertigung (3D-Druck), das revolutionäre Anwendungen in allen Bereichen der regenerativen und restaurativen Medizin verspricht, aber auch in Schönheitschirurgie oder pharmakologischer Forschung. In die Zukunft weitergedacht, kann das Bioprinting einerseits eine Möglichkeit sein, das menschliche Leben durch wiederholtes Austauschen gealterter Organe erheblich zu verlängern, andererseits auch zunehmend auf Tierversuche zu verzichten.

Die Besonderheit des Bioprinting ist, dass mit sehr hoher räumlicher Präzision lebende Körperzellen, Proteine, biochemische Wachstums- und Differenzierungsfaktoren sowie andere biologisch aktive Stoffe schichtweise zu weichen (z. B. Bindegewebe, Faszien, Organe) und harten Geweben (Knochen) zusammengefügt werden können. Weitere, in ersten Ansätzen bereits realisierte Anwendungsfelder sind biologische Gewebe für die pharmazeutische Wirkstoffforschung und Modellgewebe für die Erforschung von Krankheiten, wie z.B. Krebs, auf zellulärer Ebene.

Medizinische Anwendungsfelder sind vor allem maßgeschneiderter Knochen- und Organersatz, der biologisch wie auch räumlich exakt an den Körper des Patienten angepasst werden kann. Durch die Verwendung von körpereigenem Zellmaterial des Patienten können so Gewebe und Organe hergestellt werden, die keine Abstoßungsreaktion des Immunsystems auslösen. Damit könnten Transplantationen zukünftig erfolgreicher und mit massiv verringertem Risiko in Bezug auf Nebenwirkungen durchgeführt werden. Außerdem kann in der Schönheitschirurgie zunehmend auf silikonbasierte Implantate und andere nichtbiologische Werkstoffe verzichtet werden.

Während hartes Gewebe als exakte Kopie des zu ersetzenden Originals schon länger druckbar ist und bereits vielfältig eingesetzt wird, befindet sich die Forschung in Bezug auf funktionales Gewebe – Organe wie Haut, Leber oder Nieren, aber auch neuronale Strukturen, wie sie im Gehirn zu finden sind – in einem relativ frühen Stadium. Allerdings wurden bereits Modelle verschiedener Organe hergestellt und unter lebensnahen Bedingungen erfolgreich getestet.

In den letzten Jahren wurden viele neue Erkenntnisse publiziert, die ein disruptives Potential dieser Technologie in Medizin, Pharmakologie und Biotechnik erwarten lassen, was wiederum auf interessante neue Geschäftsmodelle hindeutet.

## ATMOSPHERIC WATER GENERATION – NEUE KONZEPTE GEGEN WASSERKNAPPHEIT

Dr. Anna Schule, Dr. Diana Freudendahl

Wie der Schriftsteller Arthur C. Clarke 1973 schon feststellte: »Jede hinreichend fortschrittliche Technologie ist von Magie nicht zu unterscheiden.« Diesen Satz kann man auch modernen Atmospheric Water Generation (AWG)-Technologien angedeihen lassen, die der Luft Wasser entziehen und so scheinbar aus dem »Nichts« Wasserflaschen füllen können. Solche Technologien können der Wasserknappheit in der Welt, insbesondere in niederschlagsarmen und ariden Gebieten entgegenwirken.

Die Atmosphäre stellt eine große potentielle alternative Wasserquelle dar, die auch industriell immer mehr an Bedeutung gewinnt. So liegen etwa 98 Prozent des in der Atmosphäre gebundenen Wassers als Luftfeuchtigkeit in der Umgebungsluft vor. Obwohl das Sammeln von Wasser aus der Atmosphäre bereits ein sehr altes Konzept ist, gewinnt es durch den fortschreitenden Klimawandel und den Anstieg der Weltbevölkerung zunehmend an Bedeutung. Daher schreitet in den letzten Jahren die Entwicklung relevanter Teiltechnologien, insbesondere im Bereich der Materialwissenschaften, aber auch neuer Gesamtsysteme in diesem Gebiet stark voran.

Für das Sammeln von atmosphärischem Wasser können sowohl Kondensationstechnologien genutzt werden als auch Technologien zur Trocknung der Luft durch Trockenmittel. In beiden Bereichen kann der Wasserentzug der Luft sowohl aktiv als auch passiv erfolgen. Aktive Systeme, die z. B. ähnlich wie Klimaanlagen arbeiten, benötigen zumeist einen relativ hohen Energieeintrag und sind insbesondere dort, wo Meerwasserentsalzung möglich ist, selten wirtschaftlich. Daher sind aktive AWG-Systeme, deren Energie aus erneuerbaren Ressourcen wie der Sonnenenergie stammt, von großem Interesse in der aktuellen Forschung.

Neben solchen aktiven Systemen sind aber vor allem auch einfach zu installierende und wenig wartungsintensive, passive AWG-Systeme von Interesse. Solche Vorrichtungen beruhen auf der Kondensation von Tau und Umgebungfeuchte (z. B. Nebel) an Oberflächen oder Netzen. Hierbei liegt das Augenmerk der Forschung besonders auf vielversprechenden bioni-



schen Ansätzen. Dabei kann die Forschung auf eine große Diversität natürlicher, hierarchisch strukturierter Oberflächen, die bereits von verschiedensten Organismen zum Sammeln von Wasser genutzt werden, zurückgreifen. Häufig kommen neben der speziellen Strukturierung entsprechende chemische Oberflächencharakteristika und teilweise sogar effektive Temperaturgradienten zum Einsatz.

Das Fraunhofer INT hat eine Analyse neuer, in der Forschung befindlicher AWG-Ansätze und Konzepte durchgeführt. Diese besitzen sowohl in ökonomischer als auch ökologischer und sozialer Hinsicht große Potentiale, weshalb das Thema in den letzten Jahren ein steigendes Interesse erfährt. Zukünftige AWG-Systeme werden dabei z. B. auch von der aktuellen Forschung an neuen Oberflächenmaterialien und deren Fertigung profitieren.

## BEWEGUNGSENERGIE FÜR TRAGBARE STROMVERBRAUCHER

Dr. Sabine Müller

Nutzer von Smartphones und anderen mobilen elektronischen Geräten kennen das Problem: der Akku ist leer und keine Steckdose ist in Sichtweite. Dabei ließe sich die benötigte Energie zukünftig beim Laufen oder Treppensteigen erzeugen. Das technologische Prinzip heißt »Energy Harvesting« und meint in diesem Zusammenhang die Nutzbarmachung von Bewegungsenergie durch Umwandlung in elektrische Energie.

Mit der Entwicklung von triboelektrischen Nanogeneratoren (kurz: TENG) ist nun eine neue Technologie kurz vor der Marktreife. Schon bald könnte mit jedem Schritt und Tritt Strom erzeugt werden, wenn in Kleidungsstücken oder Schuhen TENGs integriert werden.

Das zugrunde liegende physikalische Prinzip ist simpel: Werden zwei Schichten unterschiedlicher Materialien mit geringer Leitfähigkeit (z. B. Gummisohlen und PVC) in Kontakt gebracht, tauschen sie Elektronen aus und laden sich gegensätzlich auf (sog. Triboelektrischer Effekt). Werden die Schichten wieder voneinander getrennt, baut sich durch elektrostatische Induktion eine Spannung auf und mittels an den Schichten angebrachter Elektroden lässt sich ein Strom abgreifen. Indem die beiden Schichten immer wieder aufeinander zu und weg bewegt werden, entsteht ein periodischer Strompuls.

Neu ist, dass bei bestimmten TENGs nur noch eine triboelektrische Schicht integriert ist. Als zweite Schicht dient dann zum Beispiel der Boden oder die menschliche Haut, was eine große Freiheit bezüglich möglicher Anwendungen mit sich bringt. Zudem sind TENGs mechanisch flexibel und sehr robust. Die verschiedenen Typen von TENGs werden immer weiter verbessert. So lässt sich beispielsweise durch eine Optimierung der Oberflächen die Ladungsübertragung der Nanogeneratoren noch deutlich erhöhen. Eine Kombination von TENGs mit bereits etablierten piezoelektrischen Nanogeneratoren ermöglicht weitere neuartige Anwendungen.

TENGs lassen sich in verschiedene textile Gewebe integrieren. So könnte beim Betreten eines Teppichbodens Strom erzeugt



oder die Bewegung von am Körper getragenen Kleidungsstücken zum Aufladen kleiner Akkus genutzt werden. Auch die Entwicklung von sich selbst mit Energie versorgenden Touchscreens, die sich biegen, einrollen oder falten lassen und die bei einem Sturz nicht brechen, wird mit TENGs möglich. Dadurch könnten TENGs in naher Zukunft unter anderem den Einsatz kleinerer Akkus in Smartphones ermöglichen. Auch im Bereich von autonomen Sensornetzwerken und anderen Kleinstverbrauchern gibt es bereits heute, ergänzend zu Solarzellen, einen großen Bedarf an einer weiteren autarken und zuverlässigen Energiequelle.

# DAS STRATEGISCHE PROJEKT »TOOLS UND METHODEN«

Dr. Miloš Jovanović

## Einrichtung einer zentralen Gruppe zur Umsetzung der Toolstrategie

Wie erfüllt die Abteilung Technologieanalysen und Strategische Planung (TASP) die verschiedenen Aufgaben, die Jahr für Jahr an sie gestellt werden? Das Aufgabenspektrum und die thematische Vielfältigkeit, der in dieser Abteilung bearbeiteten Projekte, sind groß und verlangen eine entsprechende Herangehensweise. Neben der fachlichen Bandbreite der Wissenschaftler, Graduierten und Mitarbeiter der Infrastruktur nutzt die Abteilung bereits seit vielen Jahren verschiedenste Tools und Methoden. Die Vielzahl und Heterogenität dieser Tools und Methoden ist es, die im Jahr 2016 zum Start eines strategischen Projektes und der Gründung der Gruppe **Tools und Methoden (TM)**, innerhalb von TASP geführt hat.

Bereits im Jahr 2015 begannen vorbereitende Arbeiten zur Gründung dieses neuen strategischen Projektes, welches als Nachfolger des strategischen Projektes »Technologie- und Planungsmonitoring« (TPM, siehe Jahresbericht 2015) zu betrachten ist. Im Rahmen des Projektes »Weiterentwicklung Toolstrategie« wurde der aktuelle Sachstand der genutzten Tools und Methoden erhoben und die Frage gestellt: »Zu welchem Zweck sollen Tools bei uns eingesetzt werden?«. Steigerung der Effizienz wissenschaftlicher Studien und Erhöhung der Qualität von Projektergebnissen waren beispielsweise Antworten auf diese Frage. Mit Blick in die Zukunft wurde dann geschaut, wie eine Strategie entwickelt werden kann, um die Nutzung und Weiterentwicklung von Tools und Methoden in TASP zu gewährleisten.

Die schließlich im April 2016 gegründete Gruppe stellt ein strategisches Projekt dar, weshalb ihre Arbeit zunächst auf zwei Jahre befristet ist. Aufgabe dieser Gruppe ist die Umsetzung der Toolstrategie der Abteilung TASP inklusive der Nutzbarmachung und Weiterentwicklung von Tools und Methoden, die sich in den nächsten zwei Jahren als potentiell nützlich für die Abteilung erweisen könnten. Hierfür wurden innerhalb der Gruppe verschiedene Themen und Projekte definiert, die bis Ende des

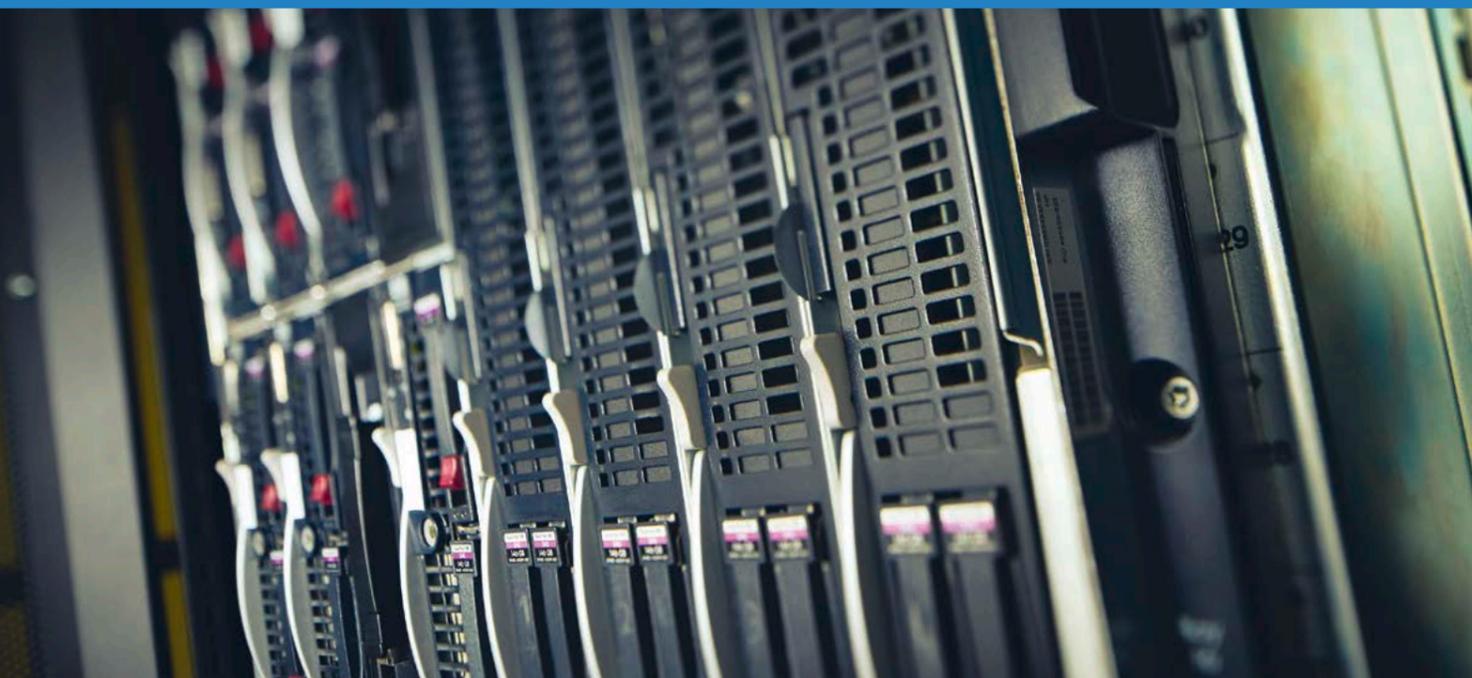
strategischen Projektes umgesetzt sein sollen. Die Gruppe versteht sich sowohl als Entwickler neuer Tools und Methoden als auch als Dienstleister für die Geschäftsfelder: Die Geschäftsfelder werden kurzfristig bei ihrer täglichen Projektarbeit durch Wissen über Methoden und Toolkompetenz unterstützt sowie langfristig durch die Entwicklung neuer Tools und deren Einbringung in die Geschäftsfelder – zum Beispiel durch Workshops oder Seminare. Die Gruppe arbeitet mit der Stabsstelle »Methodik und Ausbildung« zusammen, etwa bei der gemeinsamen Ausrichtung des sogenannten »Methodenforums«, eines flexiblen Formats, in dem jeder Fraunhofer INT-Mitarbeiter seine Erfahrungen mit Tools und Methoden vortragen, diskutieren und ausprobieren kann.

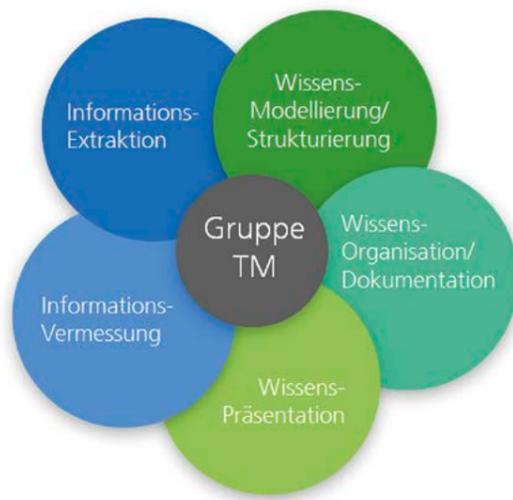
## Themenkategorien, Tools und Projekte der Gruppe TM

TASP ist eine Abteilung, die sich vorwiegend mit der Recherche, Analyse, Bewertung, Dokumentation und Veröffentlichung von Wissen beschäftigt. Aus diesem Grund lassen sich die Themen und Projekte in Kategorien einordnen, die wechselseitig miteinander in Verbindung stehen und dabei stets den Umgang mit Information und Wissen in ihrem Fokus haben (siehe Abb. 1 auf Folgeseite).

Betrachtet man diese Kategorien chronologisch, so wird man üblicherweise zuerst versuchen Informationen zu extrahieren, zum Beispiel aus einer wissenschaftlichen Datenbank. In den Bereich dieser »Informationsextraktion« fallen bei TM z. B. die Themen **Bibliometrie und Patentometrie**. Mithilfe dieser Methoden kann die Recherche nach wissenschaftlichen Artikeln und Patenten optimiert und effizienter durchgeführt werden.

Als »Wissenschaft der Wissenschaft« beschäftigt sich die Bibliometrie aber auch mit der quantitativen Analyse wissenschaftlicher Publikationen und deren Zitationen und fällt damit auch in die Kategorie »Informationsvermessung«. Hat man ausreichend Informationen extrahiert, können diese in einem nächsten Schritt vermessen werden. Innerhalb der Abteilung





1

TASP wird die Bibliometrie dabei vor allem für die Technologievorausschau und die Forschungsevaluation genutzt. Analysiert werden zum Beispiel das Publikations- und Zitationsverhalten innerhalb verschiedener Wissenschafts- und Technologiethemen. Ähnliche Analysen können auch für den Bereich der Patente durchgeführt werden, was für Technologieanalysen eminent wichtig ist.

Ebenfalls vielseitig einsetzbar sind allgemein **statistische Analysen** für verschiedene Anwendungen. Aktuell beschäftigt sich TM in diesem Zusammenhang mit der **Nutzung von R**, einer freien Programmiersprache, um verschiedene statistische Analysen einer breiteren Nutzerbasis in TASP zur Verfügung zu stellen. Diese Analysen stellen ein Thema dar, welches in der Kategorie »Wissensmodellierung und -strukturierung« angesiedelt ist. Diese Kategorie beschäftigt sich zum Beispiel damit Muster in Datensätzen zu erkennen.

Neben diesen ersten drei Kategorien stellt die »Wissensorganisation und -dokumentation« eine wichtige Kategorie für TASP dar, da hier das gesammelte und verarbeitete Wissen klassifiziert und wiederauffindbar gemacht wird. Eine zentrale Aufgabe innerhalb dieser Kategorie ist das **Wissensmanagement**. Zum Beispiel existiert eine zentrale Wiki-Plattform, über die Mitarbeiter ihr Wissen dokumentieren und austauschen können. Neu entwickelt wurde die **Informationsplattform »Neue Technologien« (IPNT)**, in welcher die Ergebnisse des Technologie- und Planungsmonitorings abgelegt werden sollen. IPNT befindet sich aktuell im Testbetrieb. Neben IT-Tools befasst sich TM aber auch mit der Erarbeitung von Wissensmanagementkonzepten, zum Beispiel wie die Struktur der Wiki aufgebaut und wie das dort abgelegte Wissen klassifiziert und gespeichert werden soll. Für das Planungsamt der Bundeswehr und zur internen Nutzung analysiert die Gruppe TM, gemeinsam mit den Geschäftsfeldern der Abteilung, die Literatur zu aktuellen und vergangenen **Trendmanagementsystemen**. Ziel ist es, die Erkenntnisse dieser Analyse in ein neues Tool für das Trendmanagement zu übersetzen, welches auch am Fraunhofer INT genutzt werden kann.

Als chronologisch letzte Kategorie kann die Wissenspräsentation genannt werden. In TM werden modernste **Visualisierungsmethoden** genutzt, um komplexe Sachverhalte effizient zu vermitteln. Vor diesem Hintergrund arbeiten in der Gruppe TM Fachleute verschiedenster Fachrichtungen daran, neue Visualisierungsformen zu entwickeln bzw. bereits existierende an die Anforderungen von TASP anzupassen.

Keine der oben genannten Kategorien, Themen und Projekte steht für sich allein. Ein Trendmanagementsystem ist natürlich auch Teil des Wissensmanagements, die Bibliometrie wäre nur halb so mächtig, wenn man sie nicht auch mit Visualisierungen verbindet, um die Ergebnisse besser zu kommunizieren. Statistische Analysen werden auch in der Bibliometrie genutzt und R besitzt seine eigenen Visualisierungsformen. Es ist gerade diese Vernetzung aller TM-Themen und -Projekte, die den besonderen Reiz dieses strategischen Projekts ausmacht. All diese Arbeiten verfolgen ein Ziel: Die zukünftige Arbeit der Abteilung TASP (und perspektivisch gesehen die Arbeit des gesamten Institutes) besser und effizienter zu machen.

Ein ebenfalls vielseitiges und in mehreren Kategorien beheimatetes Projekt beschäftigt sich mit der mit der Watson-Software von IBM. Dieses Projekt, das den Namen KATI trägt, wird im nachfolgenden Artikel im Detail beschrieben.

1 Die Gruppe TM, und die Themenkategorien, in denen sie tätig ist.

## SUCHST DU NOCH ODER ANALYSIERST DU SCHON?

Beate Becker, Frank Fritsche, Daniela Lieberz, Sylvia Scheid, Marcus John

Daten, Informationen, Wissen – dies ist der Rohstoff für die Arbeit der Abteilung TASP. Für die Technologiefrühaufklärung ist es unabdingbar, die aktuellen Entwicklungen in fast allen Bereichen von Naturwissenschaft und Technik kontinuierlich zu beobachten und sich regelmäßig einen Überblick über die Planungslandschaft zu verschaffen. Dabei ergibt sich jedoch die Herausforderung, dass dieses sogenannte Science Observatory eher zu viele Daten und Informationen liefert als zu wenige.

Aber nicht nur die schiere Menge muss von den Mitarbeitern der Abteilung TASP bewältigt werden. Vielmehr ist es notwendig, diese Daten miteinander zu verknüpfen und darin Muster oder Trends aufzuspüren. So interessieren sich viele Kunden nicht nur für die inhaltlichen Aspekte eines Technologiefeldes, den aktuellen Stand der Technik und mögliche künftige Entwicklungen. Zusätzlich steht die Frage, wer sich mit welchen Teilaspekten einer Technologie befasst, ebenfalls im Fokus des Kundeninteresses, beispielsweise um gezielt geeignete Kooperationspartner zu ermitteln. Eine weitere Herausforderung ist es, möglichst zügig geeignete Schlüsselpublikationen zu identifizieren. Darunter versteht man wissenschaftliche Artikel, die besonders gut geeignet sind, um sich in ein Thema einzuarbeiten und aktuelle Entwicklungen zu erkennen.

Meist liefern entsprechende Recherchen sehr schnell sehr viele Publikationen, die interessant sein könnten. Von diesen kann aber nur ein kleiner Teil im Rahmen eines konkreten Projektes gelesen werden.

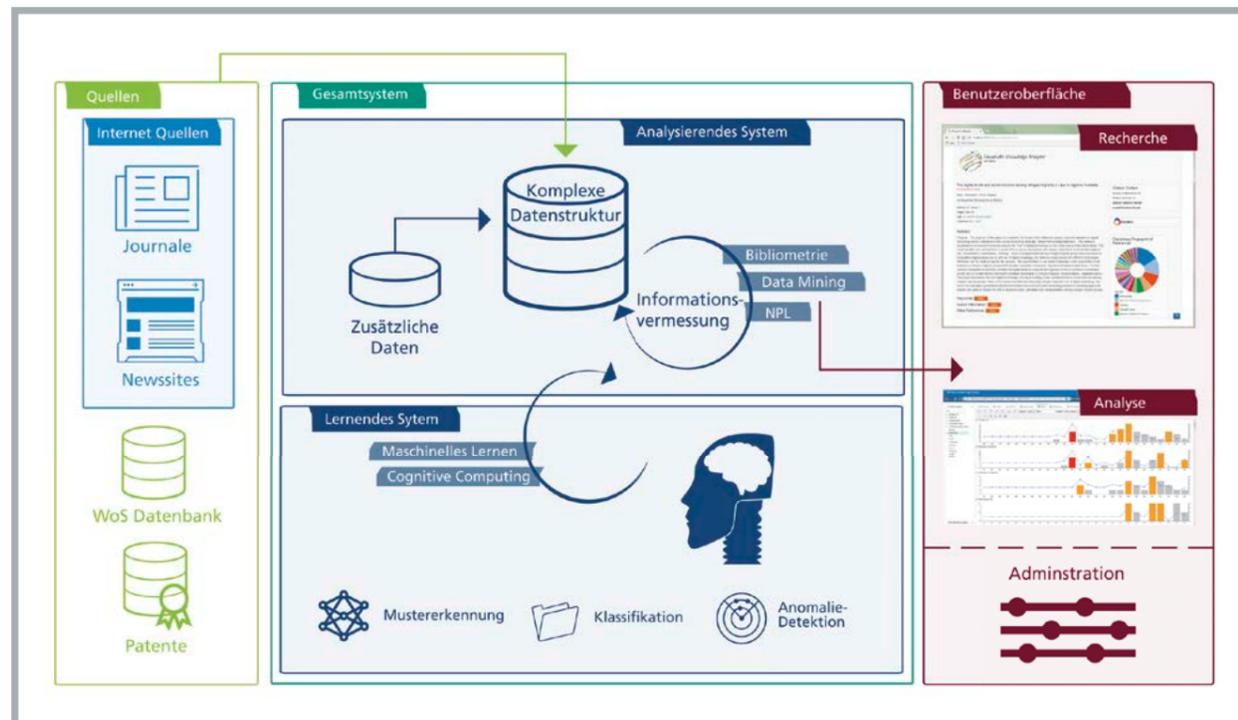
### Entwicklung eines Assistenzsystems für die Technologiefrühaufklärung

Diese Fragestellungen sind die wesentlichen Anknüpfungspunkte für das in der Gruppe TM bearbeitete Projekt KATI, welches zum Ziel hat, ein IT- und datenbasiertes Analysesystem für die Abteilung TASP zu entwickeln. Dieses soll die Mitarbeiter an zahlreichen Stellen ihrer täglichen Arbeit unterstützen. Das betrifft zunächst vor allem die Recherche. Das System zielt darauf

ab, die benötigte Zeit für die Suche nach relevanten Publikationen deutlich zu verringern, um somit mehr Zeit für die inhaltliche Analyse zur Verfügung zu haben. Diese soll ebenfalls unterstützt werden, indem beispielsweise Analysen zur Akteurslandschaft beschleunigt und automatisiert werden. An dieser Stelle profitiert das Projekt vom Knowhow im Bereich der Bibliometrie, der statistischen Publikationsanalyse, das in den letzten Jahren am Fraunhofer INT erarbeitet wurde.

Im Assistenzsystem, welches zurzeit am Institut entwickelt wird, sollen Verfahren des Cognitive Computing zum Einsatz kommen. Darunter versteht man den Versuch, mittels Software die menschliche Erkenntnisfähigkeit (Kognition) zu simulieren. Hierbei kommen Techniken aus unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz. Verfahren aus der Computerlinguistik – oft auch als Natural Language Processing bezeichnet – sind notwendig, um Texte inhaltlich zu erschließen und zu analysieren. Ergänzt werden diese durch Algorithmen aus den Bereichen Data-Mining, maschinelles Lernen und Big Data. Diese sind dafür gedacht, große Textmengen zu clustern, darin Muster zu erkennen, diese zu klassifizieren und Abweichungen – sogenannte Anomalien – zu detektieren.

Ende 2015 wurde im Rahmen dieses Projektes ein Softwarepaket für das Fraunhofer INT angeschafft und auf der IT-Infrastruktur des Instituts installiert, dessen Komponenten für Computerlinguistik und maschinelles Lernen für die Zukunftsforschung nutzbar gemacht werden sollen. Hierfür muss das System umgestaltet und an die speziellen Erfordernisse der Technologiefrühaufklärung angepasst werden. Üblicherweise werden solche Systeme lediglich für die Nutzung innerhalb eines einzelnen Wissensgebietes, z. B. der Medizin, implementiert. Um es für die vielen verschiedenen Wissenschafts- und Technologiefelder nutzen zu können, die am Institut beobachtet und analysiert werden, sind erhebliche Anpassungen notwendig. Dies stellt eine Herausforderung dar, bei der das Fraunhofer INT zusätzlich zur eigenen Expertise auch durch externe Systemberater unterstützt wird.



### Struktur des Projektes und Aufbau des Systems

Die grundlegende Struktur des Projektes lässt sich in drei Teilprozesse unterteilen. Zunächst geht es darum, die relevanten Daten zu erschließen. Im Wesentlichen sind dies bibliographische Datenbanken für wissenschaftliche Publikationen (vor allem die Zitationsdatenbank des Web of Science), Newssites, Blogs und Patente. Die Auswahl dieser Quellen wird dabei sowohl durch deren Verfügbarkeit als auch den Bedarf der Mitarbeiter bestimmt. An diesen Prozess der Informationsintegration schließt sich die Analyse der Daten, die sogenannte Informationsvermessung an. Dieser Prozessschritt orientiert sich ebenfalls maßgeblich am Bedarf der Mitarbeiter und den Erfordernissen der Technologiefrühaufklärung. Dabei werden Verfahren aus dem Bereich des Data-Mining, der Computerlinguistik aber auch der Bibliometrie angewandt und miteinander verknüpft.

Zusätzlich werden geeignete Visualisierungstechniken entwickelt und erprobt. Im dritten Schritt schließlich dienen die gewonnenen Daten als Grundlage für ein lernendes System, welches mit Hilfe von Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens versucht, Muster zu erkennen und zu klassifizieren.

Derzeit liegt der Fokus der Entwicklungsarbeiten auf der Erschließung der Datenquellen und der Implementierung geeigneter Analyseverfahren. Mit deren Hilfe werden Use-Cases realisiert, die wichtige Aspekte der Technologiefrühaufklärung adressieren. Dazu zählt neben der Identifikation von Schlüsselquellen, die Akteursanalyse oder die Frage, welche möglichen (neuen) Anwendungsfelder für eine neue Technologie in Betracht kommen. Von zentraler Bedeutung ist ferner, Verfahren zu

entwickeln, mit denen neue, sogenannte Emerging Topics identifiziert werden können.

### Beitrag zur Zukunftssicherheit des Fraunhofer INT

Im Kern setzt dieses Projekt also auf drei wichtigen Säulen der TASP-Arbeit auf. Das ist zum einen die inhaltliche Kompetenz der Mitarbeiter in den Bereichen Technologiefrühaufklärung und Technologieanalysen. Das ist zum anderen deren methodische Kompetenz in den Bereichen der quantitativen Verfahren der Technologiefrühaufklärung sowie der Informationsvisualisierung. Diese werden schließlich durch die neu hinzukommenden Möglichkeiten ergänzt, die aus dem Bereich des Cognitive Computing resultieren. Auf diese Weise soll das Projekt gleich in zweifacher Hinsicht zur Zukunftssicherheit des Fraunhofer INT beitragen. Zunächst geht es darum, mittels der erweiterten und neuen Recherche- und Analysenmöglichkeiten, die Auskunfts- und Beratungsfähigkeit auszubauen, um am Markt konkurrenzfähig zu bleiben. Insbesondere die Recherchemöglichkeiten kommen dabei allen Mitarbeitern des Hauses zugute. Außerdem dient die Entwicklung und Nutzung neuer, wissenschaftlich herausfordernder Methoden der Vernetzung des Fraunhofer INT in den entsprechenden wissenschaftlichen Communities. Mit Hilfe der zentralen IT-Dienste des Hauses konnte Ende des Jahres 2016 eine Pre-Alpha-Version des Systems implementiert werden, die derzeit getestet und erweitert wird.

# NUKLEARE UND ELEKTROMAGNETISCHE EFFEKTE

Dr. Stefan Metzger

Für die Abteilung Nukleare Effekte (NE) war das Jahr 2016 ein sehr herausforderndes Jahr wie für das INT insgesamt, da auch NE-Geschäftsfelder von den Kürzungen des FuT-Haushaltes des BMVg stark betroffen waren. So wurden einige Projekte nicht wie geplant in 2016 beauftragt. Durch verstärkte Akquise der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in anderen Märkten konnte dieses Defizit in einem erträglichen Maß gehalten werden.

Auf Ebene der Abteilung war der Bezug des Obergeschosses des neuen Bürogebäudes, in dem nun NE bis auf WTI komplett unterkommen konnte, sicherlich ein herausragendes Ereignis im Laufe des Jahres 2016. Allen, die uns dabei unterstützten, sei auch auf diesem Weg nochmals gedankt. Durch die räumliche Nähe aller »NE-ler« wird zum einen die interne Kommunikation effizienter und auch das Wir-Gefühl sowie die Identifikation mit der Abteilung gestärkt. Zudem erwarten wir 2017 nach der Fertigstellung der restlichen Umbauarbeiten der Laborräume stark verbesserte Arbeitsbedingungen in den nach modernsten Gesichtspunkten gestalteten Laboren.

Die Arbeiten zur Implementierung eines nach ISO 9001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystems gehen stetig voran. Dies wurde während eines internen Audits am 12. und 13. Oktober 2016 unter Leitung von Herrn Olaf Vieweg vom Fraunhofer IML unter Beweis gestellt. Es wurde von allen noch nicht zertifizierten Arbeitsgruppen mit einem mittleren Erfüllungsgrad von mehr als 85 Prozent erfolgreich bestanden, sodass einem externen Zertifizierungsaudit im Frühsommer 2017 nichts mehr im Wege steht.

Die Tätigkeiten der NE-Geschäftsfelder werden an anderer Stelle ausführlicher dargestellt. Hier sei nur eine sehr persönliche Auswahl von Höhepunkten aus den Arbeitsgruppen:

- Stellvertretend für das gesamte Geschäftsfeld EME, erhielten die Kollegen Adami, Jöster und Suhrke den NATO Scientific Achievement Award für ihre Beiträge zur »SCI-250 Task Group on Radio Frequency Directed Energy Weapons in Tactical Scenarios«. Auch an dieser Stelle nochmals meine herzlichsten Glückwünsche (siehe auch Seite 76).

- Das Geschäftsfeld NEO unternahm im Rahmen eines ESA-Projektes erstmalig im größeren Umfang Single-Event Effects (SEE) Tests an externen Beschleunigern wie der Proton Irradiation Facility (PIF) des Paul-Scherrer-Instituts in Villigen, Schweiz, oder der RADiation Effects Facility (RADEF) für Schwerionen an der Universität von Jyväskylä, Finnland. Dies stellt wichtige Meilensteine für den Aufbau einer SEE-Kompetenz dar (mehr dazu finden Sie auch auf Seite 61).
- Das Geschäftsfeld NSD konnte, im Hinblick auf die angestrebte Diversifizierung des Kundenstammes, zum ersten Mal das Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk (MWEIMH) des Landes Nordrhein-Westfalen als öffentlichen Auftraggeber gewinnen.

Mein persönliches Highlight des Jahres war unbestritten die europäische Strahlungseffekte-Konferenz RADECS 2016 in Bremen, welche in ihrer 25-jährigen Geschichte zum ersten Mal in Deutschland stattfand. Als wissenschaftlicher Leiter (»Technical Program Chair«) organisierte ich die Inhalte der einzelnen Sitzungen und leitete den Auswahlprozess der mehr als 150 Präsentationen, von denen fünf aus dem INT respektive dem Geschäftsfeld NEO beigetragen wurden. Siehe dazu auch den separaten Beitrag auf Seite 63.

Die Arbeiten der Abteilung wurden in zahlreichen Publikationen und Arbeitsberichten dokumentiert. Weiterhin bleibt eine wichtige Aufgabe der Abteilung NE, um in den verschiedenen wissenschaftlichen Communities auf dem aktuellen Stand der Forschung zu sein, die Tätigkeit als Gutachter für renommierte Fachzeitschriften sowie die Teilnahme an internationalen Konferenzen oder die Übernahme der dortigen Sitzungsleitung. Auch brachten NE-Mitarbeiter ihre Kompetenzen in die Arbeit diverser Normungsgremien wie DIN, IEC oder auch der NATO ein. Die ausführliche Liste findet sich an anderer Stelle in diesem Jahresbericht.

Im Laufe des Jahres konnte NE Frau Charlotte Bornhöft in NSD als neue Mitarbeiterin sowie in WTI Herrn Heinrich Herrmann als neuen Mitarbeiter begrüßen.

# FORSCHUNG MIT RADIOAKTIVEN STOFFEN UNTER HÖCHSTER SICHERHEIT

Dr. Theo Köble, Udo Weinand

Die sichere Lagerung radioaktiver Stoffe hat aktuell durch die allgegenwärtige Terrorgefahr und die Befürchtung, dass radioaktive Stoffe in einer Sprengvorrichtung als Beiladung verwendet werden könnten, nochmals an Gewicht gewonnen. Bisher wurde das rund um die Uhr bewachte Gelände des Fraunhofer INT und die massiven Wände der meterdicken Betonabschirmungen als ausreichend sicher für die sichere Lagerung der radioaktiven Stoffe betrachtet. Im Zuge der veränderten Wahrnehmung des Gefährdungspotentials von radioaktiven Stoffen fand seitens der Behörden und des Fraunhofer INT eine Neubewertung der Sicherheitseinrichtungen statt, die zu weitreichenden zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen im Fraunhofer INT geführt hat.

Die Aufbewahrung und Lagerung der radioaktiven Stoffe, insbesondere solcher mit hoher Aktivität, muss hohen Anforderungen an die Sicherheit genügen und daher beständig den gestiegenen Anforderungen angepasst werden.

## Grundlagen

Die Anforderung an die sichere Lagerung radioaktiver Stoffe sind in Deutschland in der DIN-Norm 25422 »Aufbewahrung und Lagerung radioaktiver Stoffe – Anforderungen an Aufbewahrungseinrichtungen und deren Aufstellungsräume zum Strahlen-, Brand- und Diebstahlschutz« beschrieben. Diese Norm basiert u. a. auf den Vorgaben, die im IAEA Implementing Guide, Nuclear Security Series No. 11, »Security of Radioactive Sources«, gemacht werden. Zum Anwendungsbereich sagt die Norm: Diese Norm ist auf die Lagerung bzw. Aufbewahrung sonstiger radioaktiver Stoffe nach § 2 Atomgesetz (AtG) anzuwenden. Sie gilt auch für kerntechnische Anlagen und Einrichtungen nach den §§ 6, 7 und 9 AtG. Die Norm ist nicht anzuwenden auf die Endlagerung radioaktiver Stoffe.

## Systematik

Strahlenquellen werden nach ihrer Aktivitätsklasse klassifiziert (siehe Tabelle). Hierbei werden vier Aktivitätsklassen betrachtet, die nach Vielfachen der Freigrenzen definiert werden. Diese Klassifizierung unterscheidet sich von der Klassifizierung der Sicherheit von Strahlenquellen für die »security« der IAEA, die nach D-Werten klassifiziert.

| Aktivitätsklassen | Aktivität<br>(in Anzahl der Freigrenzen <sup>1)</sup> ) |
|-------------------|---|
| 1                 | 1 – 10 <sup>4</sup>                                     |
| 2                 | 10 <sup>4</sup> – 10 <sup>7</sup>                       |
| 3                 | 10 <sup>7</sup> – 10 <sup>10</sup>                      |
| 4                 | > 10 <sup>10</sup>                                      |

<sup>1)</sup> Freigrenze nach StrSchV, Anlage III, Tabelle 1, Spalte 2

Wenn mehrere Stoffe aufbewahrt oder gelagert werden gilt die Summenformel, d. h. die Freigrenzen für die einzelnen Isotope müssen summiert werden, bevor sie mit der Freigrenze für die Aktivitätsklasse verglichen werden. Allgemein gilt, dass je höher die Aktivitätsklasse ist, umso höher die Sicherheitsanforderungen sind.

Die Anforderungen an den Brand- und Diebstahlschutz richten sich sodann neben der Aktivitätsklasse nach der Art der zulässigen Aufbewahrung. Beispiele für zulässige Aufbewahrungen sind Bleiburgen, Transportbehälter, Strahlenschutztresore aus Blei oder aus Beton oder Bestrahlungseinrichtungen.

Brand- und Diebstahlschutz können entweder an der Aufbewahrungseinrichtung oder am Aufstellungsraum vorgenommen werden oder an beiden. In der Regel sind mehrere verschiedene Kombinationen möglich.

Der Schwerpunkt der DIN 25422 liegt auf den Regelungen zum Diebstahlschutz. Im Gegensatz zum Brandschutz, der auch über andere Regelungen erfasst wird, z. B. über die geforderte Kooperation mit der Feuerwehr bei der vorbeugenden Brandbekämpfung, wird der notwendige Diebstahlschutz detailliert in dieser DIN geregelt.

## Verbesserungen des Diebstahlschutzes im Institut

In Zeiten der zunehmenden Bedrohung durch den internationalen Terrorismus gewinnt die sichere Lagerung von radioaktiven Stoffen zunehmend an Bedeutung. Im Fraunhofer INT werden umschlossene radioaktive Quellen für Untersuchungen von Eigenschaften von Strahlungsdetektoren, zur Forschung an den Nachweismöglichkeiten für radioaktive und nukleare Stoffe sowie zur Untersuchung der Strahlenempfindlichkeit von elektronischen und optoelektronischen Komponenten verwendet. Im Zusammenhang mit der Sicherung radioaktiver Stoffe spielen besonders die Quellen höherer Aktivität eine Rolle.

Im Forschungsinstitut werden radioaktive Stoffe in verschiedenen Bereichen gelagert. Unter anderem handelt es sich um Bestrahlungsräume mit Co-60 Quellen, die in ihren Abschirmbehältern bei Nicht-Verwendung auch gelagert werden. Die Quellen fallen in eine hohe Aktivitätsklasse. Die Behälter befinden sich in fensterlosen Räumen mit dicken Abschirmwänden.

Bei einem weiteren Bereich handelt es sich um einen Lagerraum für radioaktive Isotope. In diesem sind mehrere Bleitresore, die gemeinsam in Beton eingegossen sind, sowie ein Neutronentresor mit besonders dicker Abschirmung und einige Abschirm- und Transportbehälter mit Quellen.

Bei den Zugängen zu allen Bereichen wurden die vorhandenen Stahltüren durch spezielle einbruchhemmende Brandschutztüren ersetzt. Zusätzlich wurde in jedem der Bereiche eine Alarmanlage installiert. Da die Türen gleichzeitig den einzigen Fluchtweg aus den jeweiligen Bereichen darstellen, wurde außerdem

ein aufwändiges zugelassenes und zertifiziertes Flucht- und Rettungswegesystem installiert, das es jederzeit ermöglicht, den Raum auch bei aktivierter Alarmanlage zu verlassen.

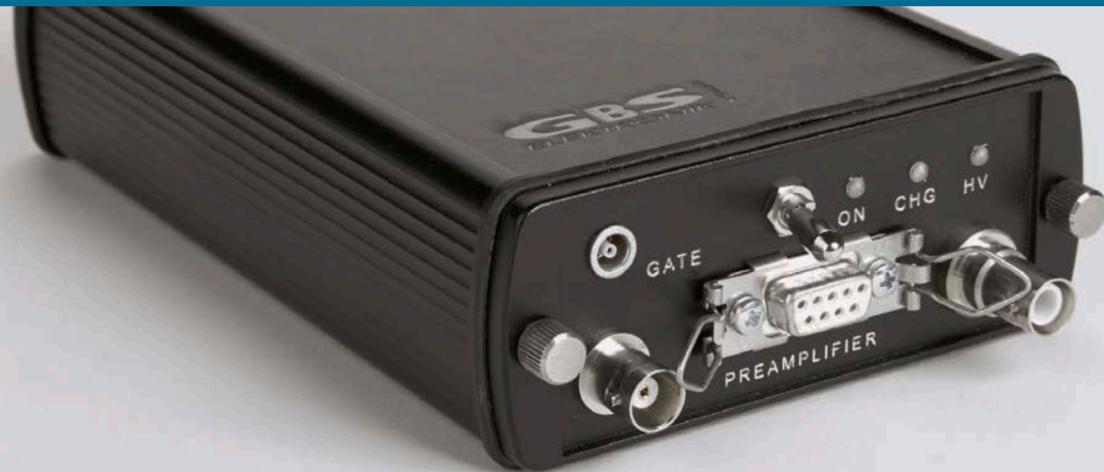
Bei einem weiteren Bereich handelt es sich um einen massiv mit Beton abgeschirmten Bestrahlungsraum, in dem mehrere D-T Neutronengeneratoren betrieben und aufbewahrt werden. Die Tritium-Aktivität liegt jedoch nur in einer niedrigen Aktivitätsklasse. Hier musste lediglich eine neue einbruchhemmende Tür eingebaut werden.

## Ausblick

Die Umsetzung der gestiegenen Forderungen zum Brand- und Diebstahlschutz an einem relativ kleinen Forschungsinstitut war aufwändig und erforderte viel Zeit. Erforderliche Änderungen im Bestand waren nur schwer zu realisieren, insbesondere die räumlichen Möglichkeiten waren oft sehr begrenzt. Firmen, die sich sowohl im Strahlenschutz als auch im Brand- und Diebstahlschutz auskennen, sind selten. Außerdem sind die erforderlichen Arbeiten in den Kontrollbereichen nur schwer in den laufenden Betrieb zu integrieren und erfordern von den ausführenden Firmen ein hohes Maß an Flexibilität. Dennoch ist der zusätzliche Gewinn an Sicherheit gerade in der derzeitigen Gesamtsicherheitslage sicherlich einiges an Aufwand wert, gerade wenn man berücksichtigt, dass jede gedachte terroristische Verwendung einer entwendeten Strahlenquelle für den gesamten Bereich der technischen und industriellen, möglicherweise sogar der medizinischen, Anwendung radioaktiver Stoffe unabsehbare Auswirkungen haben würde.

## GESCHÄFTSFELD »NUKLEARE SICHERHEITSPOLITIK UND DETEKTIONSVERFAHREN«

Dr. Theo Köble



Das Geschäftsfeld Nukleare Sicherheitspolitik und Detektionsverfahren (NSD) führt theoretische und experimentelle Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der nuklearen Sicherheitspolitik und der nuklearen Detektionsverfahren durch. Neben grundlegenden Untersuchungen werden Forschungsprojekte für industrielle Auftraggeber (Kernforschung und Kerntechnik) und öffentliche Auftraggeber (hauptsächlich für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben sowie Großforschungseinrichtungen) bearbeitet. Ferner wird im Rahmen der Grundfinanzierung durch das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) die nationale Urteilsfähigkeit auf dem Gebiet nuklearer und radiologischer Waffen und den damit verbundenen asymmetrischen Bedrohungen weiter vertieft und ausgebaut. Des Weiteren werden Projekte mit dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien (WIS) in Munster durchgeführt.

Das Geschäftsfeld stützt sich bei seiner Arbeit auf eine hochmoderne technische Ausstattung. Zur Simulation physikalischer Vorgänge steht ein Linuxcluster mit insgesamt 64 Prozessorkernen zur Verfügung. Neben gekoppelten Neutronen- und Gammastrahlungstransportrechnungen, z. B. zur Simulation von Detektorspektren, werden auch gekoppelte Neutronen- und Hydrodynamikrechnungen durchgeführt. Zur Durchführung experimenteller Untersuchungen werden mehrere Neutronengeneratoren (14 MeV und 2,5 MeV) sowie ein Isotopenlabor betrieben. Gelegentlich werden die vorhandenen Isotopenquellen und experimentellen Anlagen auch Externen für eigene Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Für den sicheren Betrieb der Bestrahlungsanlagen und den Umgang mit zahlreichen radioaktiven Stoffen verfügt das INT über die entsprechende Strahlenschutzorganisation und über eine Genehmigung zur Tätigkeit in fremden Anlagen (z. B. Forschungsreaktoren, Kernkraftwerke). Alle experimentellen Arbeiten werden unterstützt durch eine feinmechanische Werkstatt und ein Elektronik-Labor.

Auf dem Sektor nukleare Abrüstung und mögliche Proliferation werden kontinuierlich politische und vor allem technische Entwicklungen verfolgt. Diese werden insbesondere unter physikalisch-technischen Gesichtspunkten analysiert. Speziell

wurden die nuklearen Entwicklungen im Iran und Nordkorea beobachtet, analysiert und bewertet. Im Rahmen der Mitarbeit in der ESARDA (European Safeguards Research and Development Association) Arbeitsgruppe Verifikationstechnologien und Methoden (VTM), die von der Einheit Nichtverbreitung und nukleare Safeguards, in der gemeinsamen europäischen Forschungsstelle (JRC) in Ispra, organisiert wird, wurden Entwicklungen bei internationalen Abrüstungsverträgen einschließlich Exportkontrolle sowie neue Safeguardstechnologien für die internationale Atomenergiebehörde (IAEA) untersucht. Von besonderem Interesse war hierbei die Umsetzung des Atomabkommens mit dem Iran.

Das Geschäftsfeld NSD beteiligt sich auch an der technischen Vorbereitung des umfassenden nuklearen Teststoppvertrages (CTBT). Weiterhin nimmt das Geschäftsfeld regelmäßig aktiv an der Jahrestagung der INMM in den USA teil, die die US-amerikanische Schwesterorganisation der ESARDA ist.

Im März wurde das Messfahrzeug DeGeN bei einer Fachveranstaltung der Fraunhofer-Gesellschaft im Fraunhofer IOSB in Karlsruhe zu neuen Technologien der Terrorismusabwehr interessierten deutschen Polizeien vorgestellt.

Weiterhin war und ist das Geschäftsfeld Partner bei mehreren internationalen Projekten, die sich mit der Thematik der CBRN(E)-Bedrohungen (Chemisch, Biologisch, Radiologisch, Nuklear, Explosiv) und Gegenmaßnahmen beschäftigen. Das Geschäftsfeld bringt in die jeweiligen Konsortien naturgemäß hauptsächlich seine Expertise im R und N-Bereich ein. Im Folgenden werden diese Projekte kurz dargestellt.

Das große EU Demonstrations-Projekt EDEN (End-user driven demo for CBRNe) hatte zum Ziel, ein umfassendes System an Maßnahmen gegen CBRNE-Anschläge oder Unfälle und ihre Auswirkungen zu demonstrieren. An diesem Projekt waren mehr als 30 Partner aus der gesamten EU beteiligt. Das Geschäftsfeld war unter anderem beteiligt an der Bedarfsanalyse (Needs) und der Analyse der Lücken (Gaps) der End-Anwender.

 **CBRNE Innovation Fair 2016**  
11–12 October 2016



# VERGLEICH ZWEIER MCA FÜR DEN MOBILEN EINSATZ

Dr. Olaf Schumann

In diese Analysen flossen die Ergebnisse früherer EU-Projekte ein, die zudem durch End-Anwender Workshops ergänzt wurden. Weiterhin beteiligte sich das Geschäftsfeld an der Entwicklung der RN-Szenarien und an den Demonstrationen im RN-Bereich. Solch eine Demonstration zum Thema Nuklearschmuggel wurde unter Verantwortung des INT auf dem Gelände des Projektpartners ENEA in Frascati, Italien, zusammen mit einer Demonstration von ENEA zum Thema »Dirty Bomb« durchgeführt. Ziel der Demonstrationen war es das effektive Zusammenwirken des umfassenden Systems von Maßnahmen zum Schutz vor und zur Bewältigung von CBRNE-Anschlägen und Unfällen aufzuzeigen sowie Lücken durch, im Rahmen des Projektes, neu- bzw. weiterentwickelte Systeme zu schließen. Zum Jahresende wurden auf einer CBRN-Messe in Brüssel die Ergebnisse des Projekts vorgestellt. Hier wurden auch die im Rahmen des EDEN-Projekts vorgenommenen Verbesserungen am Messfahrzeug DeGeN, u. a. die Verbesserung der Gamma-detektion, präsentiert.

Im EU-Horizon 2020 Projekt C-BORD (effective Container inspection at BORDER control points) entwickelt das Institut mit einer Vielzahl von europäischen Partnern verbesserte Strategien und Geräte, zur effizienten Kontrolle von, in Containern transportierter, Massenfracht. Hierzu werden verschiedene Inspektionssysteme für die erste und zweite Inspektionslinie entwickelt bzw. weiterentwickelt, in ein Gesamtsystem integriert und im Rahmen von Feldtests verifiziert. Hierbei werden sowohl die Anforderungen großer Seehäfen als auch die kleineren und mittleren Containerterminals wie zum Beispiel Binnenhäfen berücksichtigt. Das Geschäftsfeld beteiligt sich an mehreren Arbeitspaketen und leitet das Arbeitspaket zur detaillierten Bewertung der erarbeiteten technologischen Lösungen und des Gesamtsystems am Ende des Projekts, für das schon am Anfang des Projekts geeignete Bewertungskriterien festgelegt wurden.

Außerdem wurden im Rahmen eines Projekts mit dem deutschen Unterstützungsprogramm für die IAEA vergleichende Messungen mit Vielkanalanalysatoren durchgeführt, die die

IAEA zur Verfügung stellte, ebenso wie die mit den Analysatoren betriebenen Detektoren.

Das Geschäftsfeld beteiligt sich weiterhin an Normungsaktivitäten zu Strahlungsmessgeräten, national im DIN/VDE und international im entsprechenden IEC Gremium.

Im Rahmen des Atomwaffensperrvertrages hat sich die internationale Staatengemeinschaft entschlossen, die atomare Aufrüstung der Nichtkernwaffenstaaten zu verhindern und die bereits bestehenden Arsenale abzubauen. Zu diesem Zweck wurde die internationale Atomenergie Organisation (IAEO) beauftragt, den zivilen Einsatz der Kernenergie zu überwachen und eine nicht-friedliche Verwendung von Kernmaterial zu verhindern. Hierzu führt die IAEO Vor-Ort-Kontrollen in den Mitgliedsstaaten durch. Die hierfür notwendige Messtechnik bedarf einer ständigen Weiterentwicklung, um mit den sich verändernden Anforderungen Schritt halten zu können.

Hierzu ist die IAEO insbesondere auf Unterstützungsprogramme der Mitgliedsstaaten angewiesen, in deren Rahmen die teils speziellen Messgeräte und Verfahren entwickelt werden.

Im Rahmen des deutschen Unterstützungsprogramms für die internationale Atomenergie Organisation (IAEO) wurden unter anderem die beiden Vielkanalanalysatoren MiniMCA-166 und dessen Nachfolger, der MiniMCA-527 entwickelt. Der MiniMCA-166 ist ein kompaktes Messinstrument, das Hochspannungs- und Vorverstärkerversorgung, Verstärker und einen analogen Vielkanalanalysator integriert. Er bietet einen internen Akku zum netzunabhängigen Betrieb und eine automatisierte Spektrenaufnahme. Damit bringt er außer dem Detektor und einem Computer alles mit, was für den Betrieb eines Strahlungsdetektors für eine Vor-Ort-Inspektion notwendig ist. Da mittlerweile einige Komponenten für den 1997 eingeführten MCA-166 nicht mehr erhältlich sind, wurde als Nachfolger der MCA-527 entwickelt. Dieser bietet eine moderne digitale Architektur und weist einige wesentliche Verbesserungen gegenüber seinem Vorgänger auf. So bietet er z. B. eine größere Auswahl an Hochspannungsmodulen, einen Netzwerkanschluss zusätzlich zu der seriellen RS232- und einer USB-Schnittstelle und einen Trigger-Eingang. Im Einsatz werden die MiniMCAs dann mit einem Computer und einem Detektor verbunden und ermöglichen bei Vor-Ort-Inspektionen den Nachweis und die Analyse von radioaktiver Strahlung.

Im Rahmen eines Projektes für das deutsche Unterstützungsprogramm für die IAEA wurden am Fraunhofer INT vergleichende Tests mit den beiden MCA-166 und MCA-527 durchgeführt. Im Fokus stand insbesondere der Vergleich der beiden Geräte bei hohen Zählraten. Die gewonnenen Ergebnisse dienen dann der IAEO als Unterstützung, inwieweit der Ersatz des MCA-166 durch den MCA-527 zu übereinstimmenden Resultaten bei einer Vor-Ort-Inspektion führt.

Ein wesentlicher Teil der Tests betraf den Einfluss verschiedener Zählraten, der Temperatur und unterschiedlicher Peak-Shape-Parameter auf die Stabilität der aufgenommenen Spektren mit verschiedenen Detektortypen. Zur Verfügung standen hier NaI- und LaBr-Szintillationsdetektoren und ein CTZ-Halbleiterdetektor. Ebenso standen Tests der Langzeitstabilität, der Batterielebensdauer und weiterer Parameter auf dem Programm. Hohe Zählraten zwischen 10 000 und bis zu 200 000 Impulsen/s wurden durch Co-60- und Cs-137-Quellen hoher Aktivität erzeugt.

Für weitere Untersuchungen kamen Ba-133- und Eu-152-Quellen zum Einsatz. Mit einer Klimakammer konnte der Einfluss der Temperatur auf die Spektrenqualität in einem Bereich zwischen  $-15^{\circ}\text{C}$  bis  $+60^{\circ}\text{C}$  bestimmt werden. Hierbei wurde innerhalb von 24 Stunden automatisiert ein Temperaturprofil mit definierten Heizraten und Haltezeiten durchlaufen. Im Rahmen dieser Messungen wurden mehr als 45 000 Spektren aufgezeichnet, die größtenteils automatisiert ausgewertet werden konnten.

In Zusammenarbeit der beiden Geschäftsfelder NSD und EME konnten auch Tests zur möglichen elektromagnetischen Beeinflussung des MCA-527 absolviert werden. Hierbei wurde der MCA 527 im Wellenleiter des Institutes mit elektromagnetischer Strahlung in einem Frequenzbereich von 80 MHz bis 2.7 GHz beaufschlagt, während gleichzeitig das Spektrum einer radioaktiven Prüfquelle aufgezeichnet wurde.



## FP7 PROJEKT EDEN: UMFASSENDE SCHUTZ GEGEN ANSCHLÄGE ODER UNFÄLLE

Dr. Sebastian Chmel

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des Förderprogramms »Gemeinsames Programm zur technischen Entwicklung und weiteren Verbesserung der IAEA-Sicherungsmaßnahmen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Internationalen Atomenergie-Organisation« gefördert (Aufgabe C.40 / A1791).

Im Dezember 2016 endete nach dreieinhalbjähriger Laufzeit das europäische Verbundprojekt EDEN, an dem auch Wissenschaftler des Fraunhofer INT mitwirkten. Es handelte sich hierbei um eines von vier Großprojekten, die von der Europäischen Kommission im Rahmen des Themenbereiches Sicherheit des siebten Forschungsrahmenprogrammes ausgeschrieben und gefördert wurden. 36 Universitäten, Forschungsinstitute und Firmen aus 15 europäischen Ländern und Israel hatten sich zusammen gefunden zur Entwicklung eines Gesamtsystems, das die Welt in Zukunft besser vor Terroranschlägen oder Unfällen schützen soll. Genauer gesagt, vor Anschlägen oder Unfällen größeren Ausmaßes, bei denen gefährliche Stoffe eine Rolle spielen: Es ging dabei um chemisches, biologisches, radioaktives oder nukleares Material und Explosivstoffe.

Ziel des Projektes war die Demonstration eines umfassenden Systems an Maßnahmen gegen derartige Ereignisse, die es im Vorfeld zu verhindern oder deren Auswirkungen es abzumildern gilt. Dass der praktische Nutzen und die Endanwendung im Vordergrund stand, ließ sich schon am Projektnamen erkennen: EDEN steht für Enduser driven Demo for CBRNE und hier wiederum C für chemisches, B für biologisches, R für radiologisches, N für nukleares und E für explosives Material. Die End-User bzw. Endanwender sind in diesem Zusammenhang z. B. Feuerwehren, polizeiliche Einsatzkräfte oder spezielle CBRN-Einheiten. Im Rahmen des Projektes wurden dutzende unterschiedliche technische und methodische Hilfsmittel in Systeme zusammengefasst, weiterentwickelt, getestet und in Übungsszenarien demonstriert. Die Bandbreite reichte dabei von neuen Methoden, um die Widerstandsfähigkeit von Systemen zu bestimmen oder die Reaktion der Bevölkerung auf Gefahren zu modellieren, über Instrumente für eine ferngesteuerte Probenentnahme und Detektion bis hin zu Ansätzen, am Beispiel eines Nuklearreaktors ein europaweit gemeinsames Lageverständnis auf mehreren Ebenen zu entwickeln (Nuclear Reactor core integrity sensing).

Darüber hinaus wurden diverse Hilfsmittel während des Projekts neu entwickelt, welche Einsatzkräften bei der Bewältigung von

CBRNE-Lagen wertvolle Unterstützung geben können. Darunter sind zwei, die bereits vollständig kommerziell verfügbar sind, die anderen befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Insgesamt wurden über 100 »Tools« (beigesteuert auch von Partnern, die nicht dem Konsortium angehörten) einbezogen. Ein Konzept zur Integration der Innovationen in existierende Systeme wurde ebenfalls bei den Demonstrationsübungen präsentiert.

Im Fraunhofer INT wurden zwei Hilfsmittel weiterentwickelt, die beide im Falle eines radiologischen oder nuklearen Ereignisses eingesetzt werden können: das Messfahrzeug DeGeN und die Messkabine NaNu.

Bei DeGeN handelt es sich um ein Messfahrzeug, mit dem Gammastrahlung und Neutronen detektiert werden können, und das daher der Suche nach radioaktivem oder nuklearem Material dient. Im Rahmen des Projektes wurden in das Fahrzeug unter anderem Plastiksintillatoren mit erheblich größerem Volumen integriert, was eine deutliche Effizienzsteigerung bei der Gammadetektion zur Folge hat.

Die Messkabine NaNu stellt ein mobiles Labor dar, das im Bedarfsfall sowohl per Lkw als auch per Hubschrauber transportiert werden kann und das im Rahmen des Projektes an aktuelle Anforderungen angepasst wurde. Dem allen vorausgegangen war im Projekt eine Analyse der Lücken und Bedürfnisse und eine Überprüfung, inwieweit diese Bedürfnisse bereits von bestehenden Systemen erfüllt werden. Dies geschah einerseits mit Rückgriff auf die Ergebnisse früherer EU-Projekte, u. a. DECOTESC1, bei dem das Fraunhofer INT ebenfalls beteiligt war, andererseits aber auch in neu durchgeführten Umfragen und Workshops. Eine wichtige Rolle spielte hier auch die »End user Plattform«, eine große Expertengruppe, über die auch Endanwender miteinbezogen wurden, die nicht Projektpartner waren.

Die 15 Demonstrationsübungen, an denen insgesamt mehr als 200 Endanwender als Beobachter oder Mitwirkende beteiligt

1 *Der analoge MiniMCA 166 und sein digitaler Nachfolger der MiniMCA 527.*



waren, umfassten drei thematische Szenarien: Erstens Notfallsituationen, die aus biologischen und chemischen Verunreinigungen der Nahrungskette entstehen, zweitens Anschläge mit chemischen Stoffen und drittens die radiologische und nukleare Sicherheit. Demonstriert wurden zahlreiche technische Geräte und andere Hilfsmittel in ihrem Zusammenspiel – großangelegte Maßnahmen mit der umfangreichen Einbeziehung von Einsatzkräften. Daneben wurden Übungen durchgeführt, die in einer simulierten Umgebung stattfanden, sogenannte Table-Top Exercises.

Die Endanwender analysierten im Anschluss an die Demonstrationen die Hilfsmittel auf ihre Eignung hin, die Lücken zu schließen, die im Rahmen des Projektes identifiziert worden waren, und gaben Einschätzungen ab hinsichtlich der Realisierbarkeit der Verbesserungen. Das Fraunhofer INT war im Rahmen der Demonstrationsübungen unter anderem auch als Koordinator einer Demonstration zum Schmuggel von radioaktivem Material beteiligt, die auf einem Gelände der Forschungsorganisation ENEA in Frascati, Italien durchgeführt wurde. Das Szenario beinhaltete zwei Teile: Im ersten Teil ging es um den Nachweis und die Identifikation radioaktiver Stoffe an einer Grenzstation und im zweiten Teil um eine verdeckte Suche nach derartigem Material auf einem Parkplatz.

Weiterhin war das Fraunhofer INT auch an der Abschlussdemonstration des thematischen Bereichs radiologische und nukleare Sicherheit beteiligt, welche in der Stadt Prypjat (Ukraine), gelegen innerhalb der Sperrzone von Tschernobyl, stattfand. Bei dieser Demonstration wurde die Funktionsfähigkeit von technischen Geräten und Systemen in einer real kontaminierten Umgebung unter Beweis gestellt.

Eine große Bedeutung kam der Einbeziehung von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMUs) während der Demonstrationen zu. KMUs spielen heutzutage eine wichtige Rolle in Forschung und Entwicklung (FuE) innerhalb des Sicherheitssektors. Ihr Beitrag in EDEN wurde durch eigens dafür geschaffene Plattformen (SME (KMU) und Supplier Plattform) koordiniert.

Die Abschlusskonferenz des Projektes fand in Brüssel am 11. und 12. Oktober 2016 statt. Neben etlichen Vorträgen, in denen die Projektarbeit im Einzelnen vorgestellt wurde, konnten die Teilnehmer auch die finale Version des EDEN Store kennenlernen. Hierbei handelt es sich um eine Internetplattform, die Endanwendern und Entwicklern in Bezug auf die CBRNE-Thematik eine Reihe von Funktionen bietet. Im EDEN Store findet sich z. B. ein Katalog von mehr als 280 Tools mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Funktionalitäten, eine Simulations- und Echtzeit-Krisen-Management-Umgebung, es gibt Trainingsmodule und Bedienungsanleitungen oder auch ein geschütztes Anwenderforum, auf dem Informationen und Expertise zentral zur Verfügung stehen und geteilt werden können. Der EDEN Store ist ausgewählten Nutzern nach einer Anmeldung zugänglich (<https://eden.astrium-eu-projects.eu>).

Ein wesentliches Element der Abschlusskonferenz war die Ausstellung CBRNE INNOVATION FAIR 2016, bei der die Projektpartner und die Mitglieder der SME und Supplier Plattformen des EDEN Projekts Lösungen präsentierten, die während der Projektlaufzeit entwickelt wurden. Endanwender und andere Interessierte hatten die Gelegenheit, das Projekt und seine Ergebnisse ganz praktisch kennenzulernen. Die Ausstellung war eine gute Gelegenheit zum Austausch von Forschungs-ideen, zur Diskussion von Produktentwicklungen und nicht zuletzt für die Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen Organisationen, um die Europäische Gemeinschaft bei der Bekämpfung von CBRNE Bedrohungen zu stärken.

Das Projekt EDEN leistete insgesamt einen wertvollen Beitrag zur künftigen Verbesserung der Sicherheit in Europa.

# GESCHÄFTSFELD »ELEKTROMAGNETISCHE EFFEKTE UND BEDROHUNGEN«

Dr. Michael Suhrke

Das Geschäftsfeld Elektromagnetische Effekte und Bedrohungen (EME) hat im Rahmen der Grundfinanzierung durch das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) die Aufgabe, Beiträge zur Schaffung der Urteilsfähigkeit auf dem Gebiet Elektromagnetische Effekte hinsichtlich militärischer Bedrohung zu leisten. Da diese Aufgabe im BMVg selbst nur in einem gewissen Umfang bearbeitet wird, betreibt das Geschäftsfeld hierfür in Absprache mit der Amtsseite und in Zusammenarbeit mit auf dem Verteidigungsgebiet tätigen Firmen eigene theoretische und experimentelle Forschung einschließlich der Weiterentwicklung der Messtechnik. Über die grundfinanzierte Forschung hinaus gewinnen zunehmend auch Auftragsforschungsprojekte für Auftraggeber außerhalb des Verteidigungsbereichs (zivile Sicherheitsforschung) und Industrieprojekte an Bedeutung.

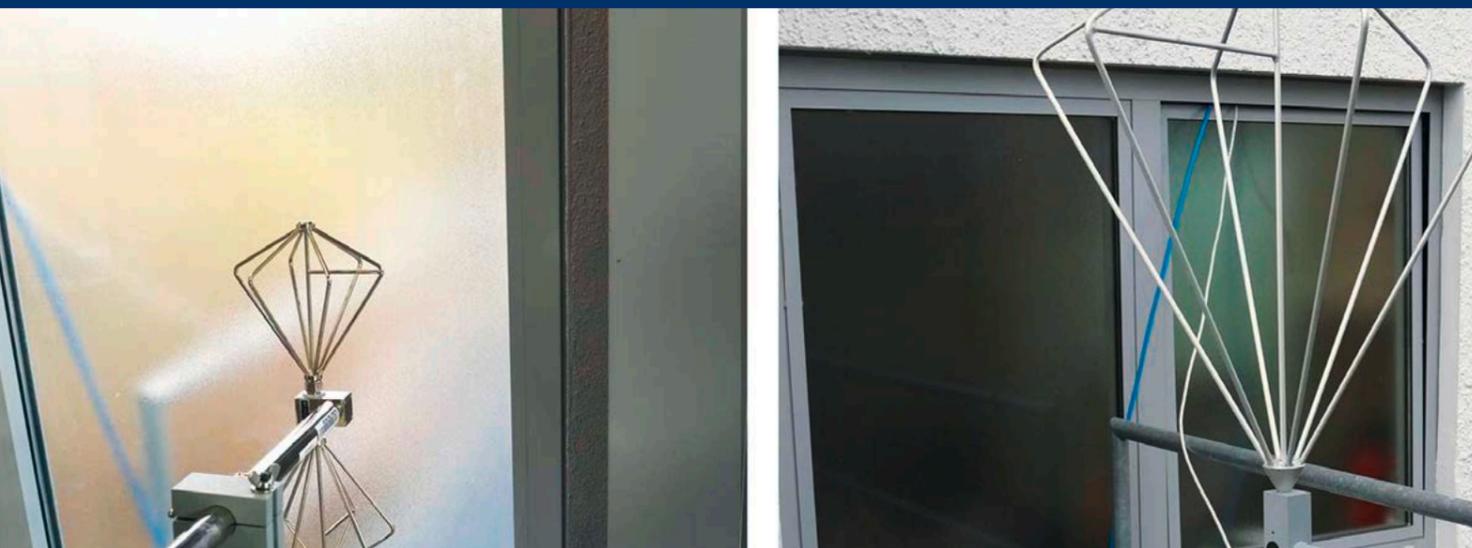
Die experimentellen Arbeiten des Geschäftsfelds zur elektromagnetischen Bedrohung insbesondere durch Hochleistungsmikrowellen (HPM) umfassen Untersuchungen zur Einkopplung elektromagnetischer Felder in Strukturen und konkrete Systeme sowie zur Verwundbarkeit von Elektronik durch Felder hoher Intensität (High Power Electromagnetics, HPEM). Die Testobjekte reichen von IT-Geräten und -Systemen auf der Basis derzeitiger IT-Technik und insbesondere auch leitungsgebundener und drahtloser Datenübertragungstechnik (Netzwerktechnik) bis zu ziviler Kommunikationstechnik und Komponenten kritischer Infrastrukturen. Weiterhin werden grundsätzliche Untersuchungen und experimentelle Arbeiten zu Detektionsverfahren für elektromagnetische Bedrohungen insbesondere durch HPM weitergeführt.

Das Geschäftsfeld verfügt über einen selbst entwickelten TEM-Wellenleiter (Transverse Electromagnetic Mode) in einer abgeschirmten Halle für Frequenzen bis zu einigen Gigahertz. Hier können sowohl lineare Einkopplungsmessungen zur Bestimmung von Transferfunktionen und Untersuchungen zur Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) als auch Störfähigkeitsuntersuchungen mit konstanten und gepulsten Feldern mit Feldstärken bis zu mehreren kV/m an Objekten mit Abmessungen bis zu mehreren Metern erfolgen.

Für Messaufgaben außerhalb des Instituts verfügt das Geschäftsfeld über eine ebenfalls selbst entwickelte mobile HPM-Bestrahlungsanlage, mit der durch die Abstrahlung über verschiedene Antennen in einem weiten Frequenzbereich ebenfalls Feldstärken von einigen kV/m erzeugt werden können. Ergänzt werden diese Anlagen durch eine mit Hochleistungsquellen bestückte Modenverwirbelungskammer zur Erzeugung von noch höheren Feldstärken im Gigahertzbereich, um der wachsenden Zahl von Anwendungen der modernen Sensor- und Kommunikationstechnik bei diesen Frequenzen Rechnung zu tragen. Hinzu kommen ein kleiner Absorberraum und umfangreiche Hochfrequenz- und Mikrowellenmesstechnik.

Im Rahmen der Forschung für das BMVg wurden 2016, in einem durch das Wehrwissenschaftliche Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS) Munster beauftragten Projekt, Arbeiten zur Weiterentwicklung eines HPM-Detektors sowie Untersuchungen zur Generationsabhängigkeit der HPEM-Verwundbarkeit von Elektronik fortgeführt. Ergebnisse zum letzteren Themenfeld wurden auf der Konferenz EUROEM 2016 in London vorgestellt. Eine im Rahmen des Projekts beim WIS Munster durchgeführte Messkampagne zur HPEM-Einkopplung in Gebäude wurde auf der Konferenz Future Security 2016 in Berlin präsentiert. Das Geschäftsfeld EME war auf dieser Tagung ebenfalls an der Organisation einer Special Session Protection of Critical Infrastructures beteiligt. Die Tagung der Nationalen Arbeitsgruppe (NAG) HPEM wurde 2016 vom Geschäftsfeld am Fraunhofer INT ausgerichtet. Im Rahmen eines Technical Agreement Development of High Power Microwave Test Methodology and Procedures wurde 2016 eine Kooperation mit dem FOI Schweden zur Methodik von HPEM-Tests begonnen.

Für die Arbeit in der NATO STO SCI-250 Task Group Radio Frequency Directed Energy Weapons in Tactical Scenarios wurde das Geschäftsfeld mit dem NATO STO 2016 Scientific Achievement Award ausgezeichnet. Im Jahr 2016 begannen die Arbeiten in der NATO STO SCI-294 Task Group Demon-



# HIER KEIN EMPFANG? UMSO BESSER!

Michael Jöster, Marian Lazrath

stration and research of effects of RF Directed Energy Weapons on electronically controlled vehicles, vessels, and UAVs. Hier beteiligt sich das Geschäftsfeld insbesondere an HPEM-Verwundbarkeitsuntersuchungen von Unmanned Aerial Vehicles (UAVs).

Im Themenfeld der zivilen Sicherheitsforschung ist das Geschäftsfeld im Sicherheitsforschungsprogramm HORIZON 2020 der Europäischen Kommission Partner im 2016 begonnenen Forschungsprojekt SmartResilience zum Thema Smart Resilience Indicators for Smart Critical Infrastructures mit 20 Projektpartnern.

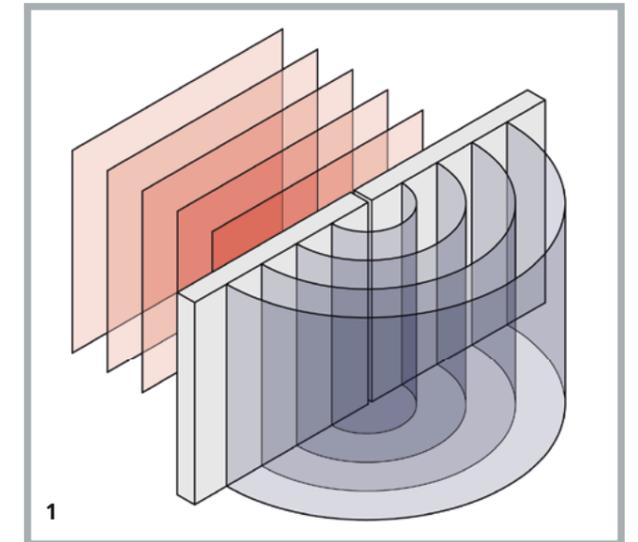
Das Geschäftsfeld betreibt ebenfalls umfangreiche Normungsaktivitäten. Diese umfassen die DIN-Arbeitskreise TEM-Wellenleiter und Reverb-Chamber sowie EMV von Halbleitern, die VG-Normenkreise zu NEMP- und Blitzschutz und zur Elektromagnetischen Verträglichkeit und die Beteiligung als Nationaler Vertreter an der Joint Working Group Reverberation Chamber der IEC. Die Weiterentwicklung der HPEM-Normung soll wie bereits in der Vorgängergruppe wieder Gegenstand der NATO STO SCI-294 Task Group sein. Mit einem Kick-Off Meeting im Anschluss an die EUROEM 2016 begannen unter Beteiligung des Geschäftsfelds Arbeiten zu einem White Paper The Risk of Intentional Electromagnetic Attacks to Critical Infrastructures der IEEE EMC Society.

Im Jahr 2016 wurde am Geschäftsfeld eine Promotion zum Thema HPEM-Verwundbarkeit des Smart Grid fortgesetzt. Ergebnisse zur HPEM-Empfindlichkeit von intelligenten Stromzählern als Endgeräte und von Kontrollsystemen in Mittelspannungsschaltanlagen wurden in Beiträgen auf den Konferenzen EMV 2016 in Düsseldorf und Future Security 2016 in Berlin vorgestellt.

Seit einiger Zeit rücken Fragen der Sicherheit vermehrt ins öffentliche Bewusstsein. In der Einordnung gesellschaftlich zentraler Einrichtungen wie Energie- und Wasserversorgung unter den Begriff der Kritischen Infrastruktur, spiegelt sich ein wachsendes Schutzbedürfnis – schließlich beruht unser Lebensstandard auf deren ständiger Verfügbarkeit. Was viele Ihnen also ein, wenn Sie beispielsweise das Gebäude einer Steuerzentrale für die Energieversorgung gegen Sabotage schützen sollten? Sie würden vermutlich an Zäune und verstärkte Mauern denken, Stahltüren, vergitterte Fenster oder gar Panzerglas. Das mag für physisch zerstörerische Anschläge hilfreich sein, aber es gibt eine viel diskretere Art zu versuchen, das Rückgrat dieser Einrichtungen – nämlich die Informations-, Kommunikations- und Steuersysteme, in ihrer Funktion zu beeinträchtigen. Dazu bedarf es nicht einmal einer hochqualifizierten Mannschaft aus Spezialisten für Cyber-Angriffe, es reicht auch eine starke Quelle für elektromagnetische Wellen.

Die Verhältnisse bei einem solchen elektromagnetischen Angriff kann man sich so vorstellen, als stünde ein starker Fernsehsender nicht auf einem hohen, weit entfernten Turm, sondern direkt auf dem gegenüberliegenden Hausdach. Nicht nur der Empfangsteil am heimischen Fernseher wäre durch die Funkwellen hoffnungslos übersteuert, auch andere elektronische Geräte im Haushalt würden gestört oder beschädigt. Die Wellen koppeln nämlich auf Kabel, Platinen und Bausteine der Elektronik ein und verursachen zusätzliche Ströme und Spannungen, für die die Elektronik nicht ausgelegt ist. Bei einer systematischen Untersuchung jedes elektronischen Geräts kann man spezifische Belastungsschwellen feststellen, bei denen erste Störungen in der Funktion zu beobachten sind; bei weiterer Steigerung der Belastung bis hin zum Totalausfall.

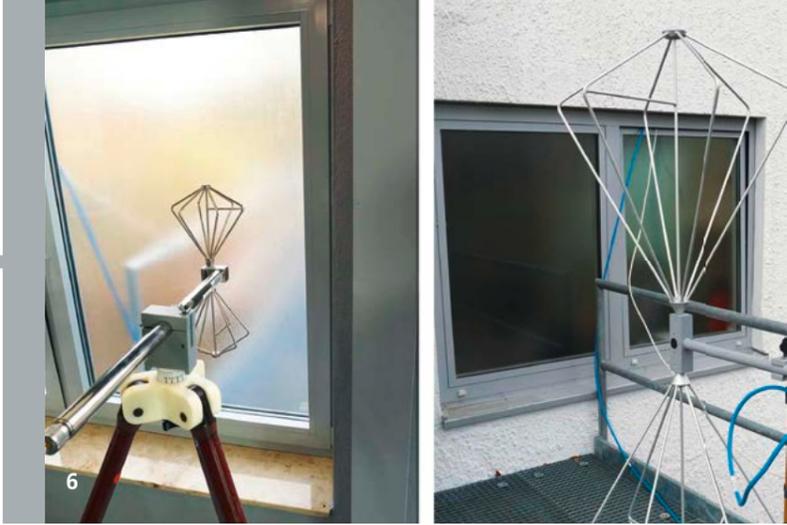
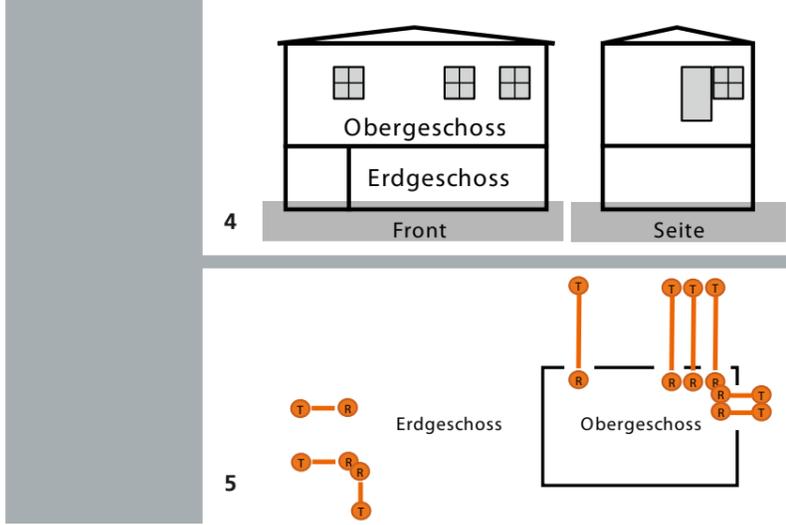
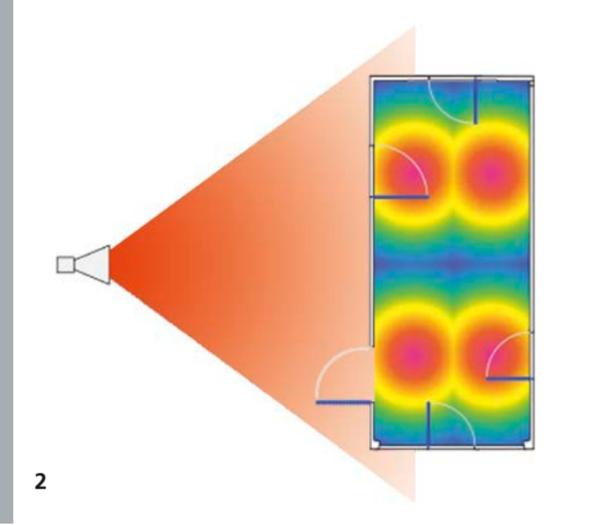
Entscheidende Größe ist neben der Sendefrequenz die Amplitude der elektromagnetischen Feldstärke. Innerhalb von Gebäuden bildet das elektromagnetische Feld komplexe Muster aus Gebieten mit höheren und geringeren Feldstärken, die entscheidend von der Art und dem Ort der Einkopplung sowie der Beschaffenheit des Gebäudes und den Gegenständen im



Raum abhängen. Für eine gegebene kritische Infrastruktur ist es also von Interesse, welche baulichen Rahmenbedingungen zu welcher Ausprägung von Feldmustern im Inneren führen können.

Wenn man von einer wirksamen Zugangsbeschränkung zu den schützenswerten Räumlichkeiten ausgeht, befindet sich der Hochfrequenzsender des Angreifers zumindest außerhalb des Raumes, wohl eher auch außerhalb des Gebäudes. Damit muss die elektromagnetische Welle mindestens eine Wand durchdringen, um in den Raum zu gelangen. Für ein typisches Funktionsgebäude sind solche Wände unterbrochen durch Fenster, Türen und andere Öffnungen, die die Wellenfronten beim Durchdringen ganz unterschiedlich beeinflussen und im Innern des Raumes zu komplexen Feldmustern führen.

1 *Durchtritt von elektromagnetischen Wellen durch eine Gebäudewand mit senkrechtem Schlitz.*  
Bild: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Diffraction\\_through\\_Slit.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Diffraction_through_Slit.svg), Lizenz: gemeinfrei.



Diese werden auch durch Reflexionen der Wellen an elektrisch leitenden Flächen im Raum mitgeprägt, zu denen man auch die Stahlarmierungsgitter in Betonwänden zählen kann. Wie bei den Grund- und Obertönen einer Gitarrensaite gibt es auch in Räumen sogenannte Eigenfrequenzen und bei entsprechender Anregung kommt es zu Resonanzen. Nach elementaren, geometrischen Regeln können näherungsweise Gebiete mit großer und solche mit geringer Feldamplitude ermittelt werden. Über eine systematische Untersuchung lässt sich die Ausprägung der Feldmuster direkt auf die geometrischen Relationen im Raum und den Öffnungen in den Wänden zurückführen.

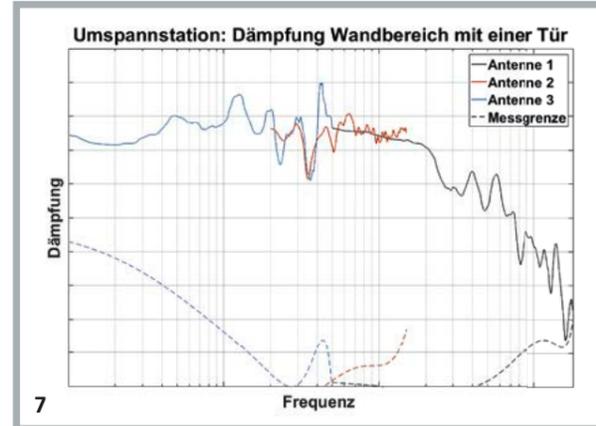


Um auf experimentellem Wege solcherlei Ausbreitungs- und Resonanzeffekte zu erkunden, bieten sich Einstrahlungsuntersuchungen an einer vereinfachten Nachbildung eines generischen Büroraumes an. Der Projektpartner für die vorliegenden Untersuchungen, das Wehrwissenschaftliche Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS) im niedersächsischen Munster, verfügt über einen Freifeldmessplatz für Versuche mit elektromagnetischen Wellen, bei denen wegen seiner Abgeschlossenheit keine privaten Haushalte und Einrichtungen in der Umgebung gestört werden. Es lässt sich auf Grund von Bauweise und verwendeten Materialien feststellen, dass eine Fertiggarage ohne Garagentor, dafür aber mit Fenstern und einer normalen Tür ausgestattet, eine in guter Näherung realitätsnahe Nachbildung eines Gebäudes darstellt. Für die Versuche kann ein solches Raummodul auf einen Schwerlast-Anhänger montiert und bewegt werden. Durch die Reduktion eines komplexen Gebäudes auf einen Raum, der trotzdem die wesentlichen Eigenschaften eines großen Gebäudes aufweist, lassen sich vorab mit vertretbarem Aufwand Computersimulationen durchführen, die Vorhersagen über die in das Gebäude eindringende Energie und das elektromagnetische Feldmuster erlauben.

Um die Frage nach dem Einfluss der elektromagnetischen Wellen auf Computer in einer typischen Arbeitsumgebung zu beleuchten, wurden im Raummodul zudem zwei vernetzte PC-Arbeitsplätze mit typischer Verkabelung eingerichtet. In

einer ersten Messung wurde mit Labormessgeräten die Verteilung des elektromagnetischen Feldes im Innern bei Bestrahlung des Raummoduls von außen erfasst. Dann wurden die in die verschiedenen Kabel eingekoppelten Störungen gemessen, um Vorhersagen über den Einfluss der vorher bestimmten Feldverteilung auf den Betrieb der Computer treffen zu können. Die Bestrahlung mit stärkeren Sendern zeigte in weiteren Versuchsdurchläufen die mit den Vormessungen vorhergesagte Störbarkeit von vernetzten Computern in Abhängigkeit von der jeweiligen Position im Raum.

Nach diesen Untersuchungen an einem vereinfachten Modell wurden bei einer realen kritischen Infrastruktur die Eigenschaften von Wänden eines Gebäudes genauer unter die Lupe genommen. Ein Energieversorger eröffnete uns die Möglichkeit, eine Umspannstation zu untersuchen, die aus dem Hochspannungsnetz mit seinen weithin sichtbaren Überlandleitungen elektrische Energie an lokale, umliegende Industrie- und Wohngebiete zur Verfügung stellt. Die untersuchte Umspannstation fällt unter den umliegenden Gebäuden nur durch das mit Zäunen abgetrennte Schaltfeld mit den Hochspannungsmasten daneben auf. Computer im Gebäude übertragen Messwerte zu einer weiter entfernten Zentrale und empfangen von dieser die Fernsteuerungssignale für die Verteilschalter, so dass also nicht ständig Personen dort arbeiten.



Mit einem Messaufbau aus einem Präzisionssender und einem Messempfänger sowie zwei Antennen lässt sich die Dämpfung der Wände, Fenster und Türen messen. Um einen Überblick über alle Eindringpfade zu bekommen, wurde eine Vielzahl von Messpunkten an typischen Positionen wie Fenstern und Türen definiert. Aus Sicherheitsgründen erfolgten die Messungen bei kleinen Feldstärken, wobei die gewonnenen Erkenntnisse aber für reale Bedrohungen hochgerechnet werden können. Da sich, von einem Hang hinter dem Gebäude, mit einem Störsender leicht auch das Obergeschoss bestrahlen ließ, wurden auch für diesen Fall Messungen durchgeführt.

Die ersten Auswertungen zeigen, dass bei einem Angriff mit elektromagnetischen Wellen bei den gegebenen Wandstrukturen durchaus signifikante Feldstärken im Gebäudeinneren erzeugt werden können. Da die verwendeten elektronischen Geräte eine gewisse Robustheit gegen elektromagnetische Einstrahlung besitzen, können erst Labortests an solchen Geräten im Fraunhofer INT zeigen, inwieweit die ermittelten Werte, hochgerechnet auf zu erwartende elektromagnetische Feldstärken durch Störsender, eine Gefährdung des Betriebs einer solchen Umspannstation erwarten lassen. Mit aus den Ergebnissen hergeleiteten technischen, baulichen und organisatorischen Maßnahmen lässt sich erreichen, dass im Falle eines Angriffs elektromagnetische Felder möglichst nicht in die Räume eindringen. Das würde sich auch dann am einge-

schränkten Mobilfunk- und Radioempfang bemerkbar machen. Damit heißt es also: Hier kein Empfang? Umso besser!

1 Freifeldmessung mit einem generischen Gebäude auf einem speziell dafür eingerichteten Gelände. Bild: Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS).

2 Schematische Darstellung einer resonanten Feldverteilung in einem Raum bei Bestrahlung mit elektromagnetischen Wellen geeigneter Frequenz.

3 Nachbildung zweier Büroarbeitsplätze, einer davon in einer abstrakten Anordnung für Feldstärkemessungen.

4 Skizze des Gebäudes einer Umspannstation, an der Feldstärkemessungen stattfanden.

5 Schematische Übersicht der durchgeführten Feldstärkemessungen an verschiedenen Stellen am Gebäude.

6 Sende- und Empfangsantennen, positioniert an einem Fenster der Umspannstation.

7 Ergebnis der Dämpfungsmessung an einer Wand der Umspannstation mit Tür.

## GESCHÄFTSFELD »NUKLEARE EFFEKTE IN ELEKTRONIK UND OPTIK«

Dr. Jochen Kuhnhehn



Das Geschäftsfeld Nukleare Effekte in Elektronik und Optik (NEO) des Fraunhofer INT ist auf das Gebiet der Wirkung von ionisierender Strahlung auf elektronische, optoelektronische und optische Komponenten und Systeme spezialisiert. NEO führt Bestrahlungstests nach anerkannten Standards durch und berät Unternehmen bei der Strahlungsqualifizierung und -härtung, beispielsweise für Satelliten oder Beschleuniger. Die gewonnenen Erkenntnisse werden darüber hinaus auch zur Entwicklung von Strahlungssensoren verwendet. Das INT führt die Bestrahlungstests hauptsächlich an eigenen Bestrahlungsanlagen, aber auch in externen Einrichtungen, durch. Die eigenen Anlagen verfügen über eine in Europa einzigartige Ausstattung, um alle relevanten Strahlungsarten und die von ihnen induzierten Effekte im Labor nachzustellen. Daneben steht dem Geschäftsfeld modernste Messtechnik zur Verfügung, um auch kleinste Änderungen charakteristischer Kenngrößen zu messen.

Die Erweiterung der Kompetenz im Bereich der Einzelteilchen-Effekte (Single-Event-Effects, SEE) stellt weiterhin einen wesentlichen Schwerpunkt im Geschäftsfeld dar. Dieses Ziel leitet sich aus der stetig wachsenden Empfindlichkeit, insbesondere von digitalen elektronischen Systemen und Leistungselektronik, gegenüber der Wirkung von einzelnen geladenen Teilchen ab. Diese können bislang vor allem in Weltraumanwendungen oder in Hochenergiebeschleunigern Störungen oder Ausfälle verursachen. Aber auch in Flugzeugen oder in sensitiven Systemen auf dem Boden führt die kosmische Höhenstrahlung immer häufiger zu Effekten, die Hersteller und Anwender herausfordern. Für NEO ergeben sich in diesem Bereich neue und wissenschaftlich anspruchsvolle Aufgaben.

So wurden im vergangenen Jahr mehrere Projekte für Luftfahrtzulieferer durchgeführt, in welchen die Empfindlichkeit von elektronischen Systemen gegenüber atmosphärischen Neutronen untersucht wurde.

In Fortsetzung der letztjährigen Arbeiten zu diesem Thema wurden im Jahr 2016 weitere umfangreiche Bestrahlungs-

kampagnen am COSY-Beschleuniger des Forschungszentrums Jülich durchgeführt. Dabei standen neben ersten Projektarbeiten die Strahlcharakterisierung und die Adaption für SEE-Untersuchungen im Mittelpunkt.

Die rasch wachsende Anzahl von neuartigen Weltraumkonzepten mit Schwärmen von Kleinstsatelliten oder der zunehmenden Kommerzialisierung in diesem Bereich stellt auch an das Geschäftsfeld NEO neue Anforderungen. Schnelligkeit, Flexibilität und Kosteneffizienz spielen in diesen Märkten eine wesentlich wichtigere Rolle, als in den meisten bisherigen Missionen. Einen Überblick über diese Veränderungen verschafft ein eigener Artikel in diesem Band.

Mit Unterstützung der Fraunhofer-Allianz Space konnten 2016, unter Beteiligung von NEO, mehrere gemeinsame Auftritte, der darin zusammen geschlossenen Institute, durchgeführt werden. Dabei war NEO als Teil der Allianz Space wieder auf der ILA Berlin Air Show präsent sowie auf der International Conference on Space Optics (ICSO) vertreten.

Höhepunkt im Zusammenhang mit Messen und Konferenzen war im Jahr 2016 die erstmalige Ausrichtung der wichtigsten europäischen Strahlungskonferenz RADECS in Deutschland. Dieser Veranstaltung, die im Herbst 2016 in Bremen stattgefunden hat, widmet sich ein eigener Artikel in diesem Jahresbericht (siehe Seite 63). Im Zuge der Vorbereitungen für die Veranstaltungen wurden neue Marketingmaterialien entworfen und ein neuer Auftritt im Internet realisiert, die umfassend über das Geschäftsfeld in Deutsch und Englisch informieren.

Im Zusammenhang mit dem Projekt SmartSecurityGlas (siehe Jahresbericht 2014) wurden wesentliche Fortschritte erzielt. Gemeinsam mit mehreren Glasherstellern wurden mehrere Prototypen entwickelt, in welchen die patentierten Sensorsysteme verschiedenen Tests unterzogen wurden. Einen erfolgreichen Abschluss fand dies in einer Prüfung durch den VdS, in welcher die Eignung des Systems bescheinigt wurde.

# UMFASSENDE UNTERSUCHUNG DER STRAHLUNGSEMPFINDLICHKEIT VON DIGITALEN ISOLATOREN

Dr. Michael Steffens

Nach der erstmaligen Zertifizierung des Geschäftsfelds im Jahre 2013 nach ISO 9001:2008 fand 2016 das vorgeschriebene Re-Zertifizierungs-Audit statt. Hierbei wurde dem Qualitätsmanagementsystem in NEO die volle Wirksamkeit bescheinigt. Besonders hervorgehoben wurde dabei die stetige Verbesserung der Prozesse und Kennzahlen über die vergangenen drei Jahre.

Mit der Entwicklung einer hermetisch dichten Probenkammer, in der unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen Proben zwischen  $-50^{\circ}\text{C}$  und  $+250^{\circ}\text{C}$  bestrahlt werden können, wurden die Testmöglichkeiten am Fraunhofer INT deutlich erweitert. Dieses System zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass auch sehr lange Bestrahlungen zum Erreichen von hohen Dosiswerten ohne Einschränkungen bei verschiedensten Temperaturen möglich sind.

Auf dem Gebiet der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses beteiligt sich auch NEO an dessen Ausbildung. So wurden im Geschäftsfeld zusammen mit dem RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz zwei Masterarbeiten begonnen, die sich mit verschiedenen Aspekten der Strahlungsdetektion beschäftigen. Eine der Arbeiten soll eine kompakte und autonome Strahlungsdetektion ermöglichen, die sowohl an unseren eigenen, als auch an fremden Anlagen zur Strahlcharakterisierung genutzt werden wird. Die zweite Arbeit ermittelt die nötigen Anwendungsparameter, um digitale Speicherbausteine zur Messung der Dosis, beispielsweise an Bord eines Satelliten, zu verwenden.

## Digitale Isolatoren

In vielen elektronischen Anwendungen und Schaltkreisen ist ein Datenaustausch zwischen galvanisch isolierten Unter-systemen nötig, die aufgrund hoher Empfindlichkeit oder um gegen auftretende Überspannungen zu schützen, voneinander isoliert sind. Realisiert wird diese Kommunikation oft durch Optokoppler, in denen das ursprünglich elektrische Datensignal mit einer LED in ein optisches umgesetzt wird. Nach einem kurzen Transport durch ein optisches Medium wird das Signal von einer Fotodiode aufgegriffen und wieder in ein elektrisches Signal umgesetzt. Optokoppler sind kommerziell als elektronisches Bauteil weit verbreitet und werden auch in Weltraummissionen häufig verwendet. Gerade bei Weltraumanwendung weisen Optokoppler jedoch zwei entscheidende Nachteile auf: zum einen ist die zweifache Umsetzung der Signale relativ leistungsintensiv, zum anderen zeigen Optokoppler eine hohe Empfindlichkeit für Displacementschäden, der durch Einschläge der geladenen Teilchen der Weltraumstrahlung ausgelöst wird.

Digitale Isolatoren auf CMOS-Basis hingegen erfüllen die Kopplung der Eingangs- und Ausgangsseite rein elektronisch durch die Wirkung eines elektrischen oder magnetischen Feldes in einem Dielektrikum, entweder induktiv in Form eines Spulenpaares, kapazitiv ähnlich eines Kondensators oder unter Ausnutzung des Riesenmagnetowiderstandes (GMR). Ihre Leistungsaufnahme ist deutlich geringer als die von Optokopplern, außerdem sollte durch die zugrundeliegende CMOS-Technologie eine inhärente Unempfindlichkeit gegenüber Strukturschäden gegeben sein. Bisher war die Einsatzmöglichkeit dieser Bauteile für Weltraumanwendungen allerdings nicht erwiesen.

## REDI

Im Projekt REDI (»Radiation evaluation of digital isolators«) wurden Digital Isolatoren und die dahinterliegenden Technologien auf ihre Weltraumtauglichkeit hin untersucht. Das Projekt

wurde gemeinsam mit der Seibersdorf Labor GmbH (Österreich) im Auftrag der ESA durchgeführt, wobei die Durchführung in enger Absprache und Planung in beiden Laboratorien parallel mit unterschiedlichen Bauteiltypen erfolgte.

Das Verhalten der Bauteile unter Gammabestrahlung mit Kobalt-60 wurde bis zu einer Gesamtdosis von 200 krad (Si) durchgeführt. Ferner wurde die Anfälligkeit auf Einzelteilcheneffekte (SEE) durch schwere Ionen oder hochenergetische Protonen insbesondere bezüglich Transienten (SET) und Latch-Ups (SEL) untersucht. Eine Transiente ist ein flüchtiges Signal im Ausgangssignal des Bauteils, welches sich in andere Bereiche der elektronischen Schaltung ausbreiten kann. Als Latch-Up bezeichnet man den instantanen Anstieg des Leckstroms aufgrund eines Teilchen-induzierten Kurzschlusses (parasitärer Thyristor) in der CMOS-Struktur der Bauteile. SET treten potentiell häufig auf, haben in der Regel aber keine fatalen Auswirkungen. SEL hingegen haben immer die Zerstörung des Bauteils durch Überhitzung zur Folge, sofern sie nicht durch Unterbrechung der Stromzufuhr aufgelöst werden.

Während die Datenübertragung im Normalbetrieb digital erfolgt, stellen die Transienten eine Störung mit analogem Verhalten auf den Daten dar und müssen auch als solche analysiert werden. Dazu haben die Kollegen aus der Gruppe Wissenschaftlich-Technische Infrastruktur (WTI) des INT eine komplexe Ausleseelektronik entwickelt, die bei Auftreten einer Transiente deren Zählung und eine Erfassung der Wellenform anstößt. Verzerrungen der Signale und Verzögerungen durch Kabelverluste oder in den Bauteilen selbst mussten dabei berücksichtigt werden. Die SEE-Tests konnten nicht mit allen Technologien gleichartig durchgeführt werden. So ist z. B. kein Öffnen der Bauteile mit der induktiven Kopplungstechnologie möglich, so dass hier nur Experimente mit energetischen Protonen, aber nicht mit Schwerionen durchgeführt werden konnten. SEE-Experimente fanden an der Proton Irradiation Facility (PIF) des Paul-Scherrer-Institutes (Schweiz) und an der RADiation Effects Facility (RADEF, siehe Abbildung 2) der Universität Jyväskylä (Finnland) statt.



## RADECS 2016

Thomas Loosen

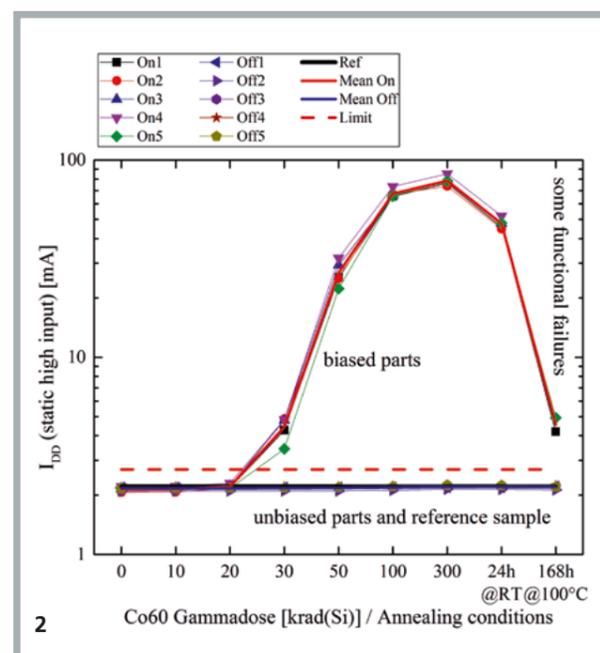
### Ergebnisse

Zusammenfassend kann keiner der Technologien (induktiv, kapazitiv, GMR) eine generelle Unempfindlichkeit gegenüber TID-Effekten attestiert werden. Bei allen zeigt sich eine Erhöhung des Verbrauchstroms mit der Dosis; teils in akzeptablem Maße, teils durch Erhöhung um mehrere Größenordnungen (siehe Abbildung 1). Deutliche Unterschiede im zulässigen Strahlungspegel zeigten sich insbesondere zwischen verschiedenen Modellen gleicher Technologie des gleichen Herstellers. Teilergebnisse lassen eine Anfälligkeit für zeitabhängige Reboundeffekte oder Dosisleistungseffekte vermuten. In allen Fällen wäre aber der Einsatz in Missionen mit geringeren Anforderungen an die Strahlenhärte wie z. B. Erdbeobachtungsmissionen gegeben. Die vermutete Unempfindlichkeit gegenüber Displacementschäden konnte an einem Beispiel am Neutronenbeschleuniger des INT demonstriert werden.

Deutliche Unterschiede zeigen sich bei den SEE insbesondere bei der Anfälligkeit auf SEL, und auch hier zwischen verschiedenen Modellen des gleichen Herstellers. Das SET-Ansprechverhalten ist wahrscheinlich abhängig davon, welcher Unterbereich auf den Chips durch ein Teilchen getroffen wird. Hier bieten sich weitere Untersuchungen mit dem SEE-Lasersystem des INT an.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Für den Einsatz in den meisten Weltraummissionen, insbesondere in erdnahen Missionen mit geringeren Gesamtdosiswerten, sind Digitale Isolatoren eine gute Alternative zu Optokopplern. Allerdings haben sie eine, je nach Modell und Hersteller unterschiedlich stark ausgeprägte, Empfindlichkeit gegenüber Einzelteilcheneffekten.

Das Fraunhofer INT bedankt sich bei der ESA, den Beschleunigeranlagen HIF und RADEF, der Seibersdorf Labor GmbH und insbesondere bei der WTI des Fraunhofer INT für die hervorragende Zusammenarbeit. Die Ergebnisse wurden auf der RADECS 2016 vorgestellt und die Testberichte werden auf dem Dokumentenserver [www.escies.org](http://www.escies.org) veröffentlicht.



1 Aufbau zur Messung von SET und SEL mit Digitalen Isolatoren an RADEF (Bildnachweis: Ari Virtanen)

2 Entwicklung des Leckstroms eines Digital Isolators unter Co-60 Strahlung

Am 19. April 2016 absolvierte das Fraunhofer INT einen Meilenstein in seiner 40-jährigen Geschichte. Dr. Stefan Metzger eröffnete eine internationale Fachkonferenz, die RADECS 2016 in Bremen, als Technical Chair. Die International Conference on Radiation Effects in Components and Systems fand 2016 zum 24. Mal statt, in diesem Jahr allerdings erstmalig in Deutschland. Die Konferenz ist neben der US-amerikanischen NSREC Nuclear and Space Radiation Effects Conference weltweit die wichtigste Konferenz, auf der Effekte ionisierender Strahlung auf elektronische Bauteile diskutiert werden.

Während das INT die Rolle des Technical Chair übernahm, wurde die übergreifende Konferenz-Organisation von den beiden Conference Chairmen Johan Idestrom von der OHB System AG und Sven Rakers von Airbus Defence & Space getragen. In diesem Verbund aus OHB, Airbus DS und Fraunhofer gelang es, eine Konferenz zu realisieren, die von allen Seiten äußerst positiv bewertet wurde.

Die Wahl auf Bremen als Veranstaltungsort war folgerichtig, schließlich ist die Stadt Sitz der beiden führenden deutschen Raumfahrt-Unternehmen Airbus DS und OHB, und darüber hinaus seit Jahrzehnten einer der wichtigsten Standorte der deutschen Raumfahrtforschung. Die RADECS fand im Congress Center Bremen statt, zu den Social Events zählten ein Empfang im Bremer Rathaus, das Conference Dinner im Bremer Ratskeller und natürlich eine Rundfahrt auf der Weser. Darüber hinaus bot sich noch die Gelegenheit, die großen Fertigungshallen von OHB und Airbus zu besichtigen. Begleitet wurde die Konferenz von einer Industrieausstellung, auf der 40 Unternehmen dem Fachpublikum aktuelle Projekte und Produkte präsentierten.

Aus fachlicher Sicht war die Konferenz sehr erfolgreich. Es gab insgesamt rund 200 Paper Submissions, von denen rund 150 akzeptiert wurden, entweder für die Poster Session oder als Vortrag in einer der 10 Technical Sessions. Abgerundet wurde das Programm durch den Topical Day »Jupiter's harsh radiation environment«, einem Workshop, der sich mit den speziellen Anforderungen an Jupiter-Missionen befasste. Insgesamt nahmen



an der Konferenz rund 400 Besuchern aus ca. 40 Ländern teil. Ein großer Anteil an Teilnehmern aus den USA, VR China und weiteren nicht-europäischen Ländern zeigt den hohen internationalen Stellenwert der Konferenz. Neben den zahlreichen Fachbeiträgen war einer der Höhepunkte der Vortrag von Dr. Thomas Reiter, ESA Astronaut und ESA Koordinator für internationale Agenturen sowie Berater des Generaldirektors.

Das INT leistet schon seit vielen Jahren einen substantiellen Beitrag zur RADECS, mit zahlreichen Paper-Submissions und Leitungen einzelner wissenschaftlicher Sessions. So auch in diesem Jahr, als die NEO-Wissenschaftler Dr. Jochen Kuhnhen und Dr. Stefan K. Höffgen die Sessions Radiation Effects in Photonics and Optical Fibres bzw. SEE in Devices and ICs als Co-Chair leiteten. Letzterer war auch Mitglied im Awards Committee der Konferenz. Hinzu kamen insgesamt fünf Präsentationen von Papern unter Mitwirkung von Mitarbeitern von NEO und anderen Gruppen innerhalb der Abteilung NE, im Detail nachzulesen im Anhang ab Seite 78.

Einen reibungslosen technisch-organisatorischen Ablauf der einzelnen Sessions zu gewährleisten entfiel als Aufgabe an das Fraunhofer INT, ebenso wie alle PR- und Marketing-Aktivitäten wie Website, Programmheft etc. unter der Leitung von Thomas Loosen. Darüber hinaus ist der persönliche Einsatz von Angela Haberlach, Tobias Kündgen, Simone Schmitz, Lukas Tilk, Udo Weinand, Raphael Wolf, Michael Steffens, Stefan Höffgen und Max Baum hervorzuheben, ohne die die Konferenz nicht hätte durchgeführt werden können.

# KOMMERZIELLE BAUTEILE FÜR WELTRAUMANWENDUNGEN

Dr. Stefan K. Höffgen, Dr. Michael Steffens

## NewSpace

Im Weltraum vollzieht sich zurzeit ein Paradigmenwandel, welcher unter anderem als NewSpace breitere Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat. Dabei handelt es sich um einen neuen Ansatz, bei dem neue kommerzielle Firmen (SpaceX, Virgin Galactic, OneWeb) einen schnelleren, besseren und preiswerteren Zugang zum Weltraum planen, als es bei bisherigen staatlich und politisch dominierten Weltraumprojekten der Fall war. Diese Ziele wollen die Firmen zum einen durch die Effizienzsteigerungen durch mehr Konkurrenz und weniger Bürokratie und zum anderen durch den Einsatz kommerzieller Bauteile erreichen.

## Kommerzielle Bauteile

Bei klassischen Weltraummissionen war ein Ausfall des Satelliten durch Komponentenversagen ein Ereignis, das es unter allen Umständen zu vermeiden galt. Dies stellte eine extrem hohe Anforderung an die Zuverlässigkeit der verwendeten Komponenten. Um diese hohen Anforderungen zu erfüllen, verursachen diese elektrischen Bauteile (auch HiRel Bauteile genannt) hohe Kosten bei der Herstellung (Härtung und Kontrolle der Prozesse) und durch umfangreiche Tests. Dem steht ein sehr kleiner Markt mit geringen Stückzahlen gegenüber. Dies führt neben den hohen Kosten auch zu langen Lieferzeiten und, aufgrund der langen Entwicklungs- und Qualifizierungszeiten, zu veralteter Technik.

Dem standen die Vorgehensweisen bei den CubeSats gegenüber. Hier handelt es sich um Kleinstsatelliten von ca. 10 cm Kantenlänge, welche häufig von Universitäten im Rahmen von Studentenprojekten gebaut werden. Da die Budgets hier sehr begrenzt sind, wurden rein kommerzielle Bauteile von der Stange (engl. Commercial of the Shelf, COTS) eingesetzt, häufig ohne jegliche weitere Qualifizierungsmaßnahmen. Da es sich um Lehrprojekte handelt, war ein früher Verlust des Satelliten verschmerzbar. Dies war auch häufiger der Fall. Ebenso häufig

haben die Satelliten aber auch lange, teilweise jahrelang, funktioniert.

Im NewSpace denkt man nun über einen Mittelweg nach. Zweifelsohne kann es einem kommerziellen Projekt nicht egal sein, wie lange der Satellit funktioniert, man kann sich aber auch ein größeres Risiko vorstellen. Die aktuelle Frage ist nun: Welche Qualifizierungsmaßnahmen kann man mit kommerziellen Bauteilen machen um das Ausfallrisiko zu verringern, ohne den Preis zu stark zu erhöhen. Zum einen kann man versuchen Bauteile zu verwenden, welche für Massenmärkte mit erhöhten Zuverlässigkeitsanforderungen gemacht wurden, wie zum Beispiel Automobil, Luftfahrt, Medizin, Bergbau etc. Die erhöhte Zuverlässigkeit dieser Bauteile gilt jedoch nur für klassische Ausfallmechanismen, ohne den Einfluss von Strahlung zu berücksichtigen.

## Der Einfluss ionisierender Strahlung

Der Frage der kosteneffektiven Risikominimierung durch Strahlung beim Einsatz kommerzieller elektronischer Komponenten widmet sich auch das Geschäftsfeld NEO.

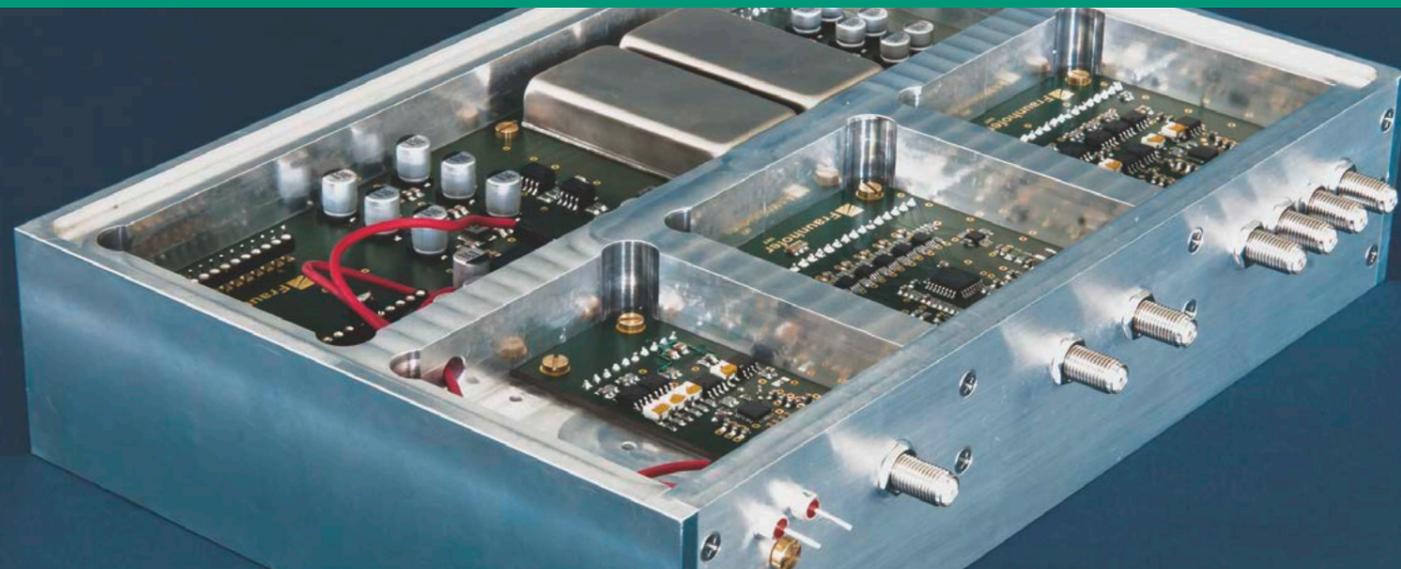
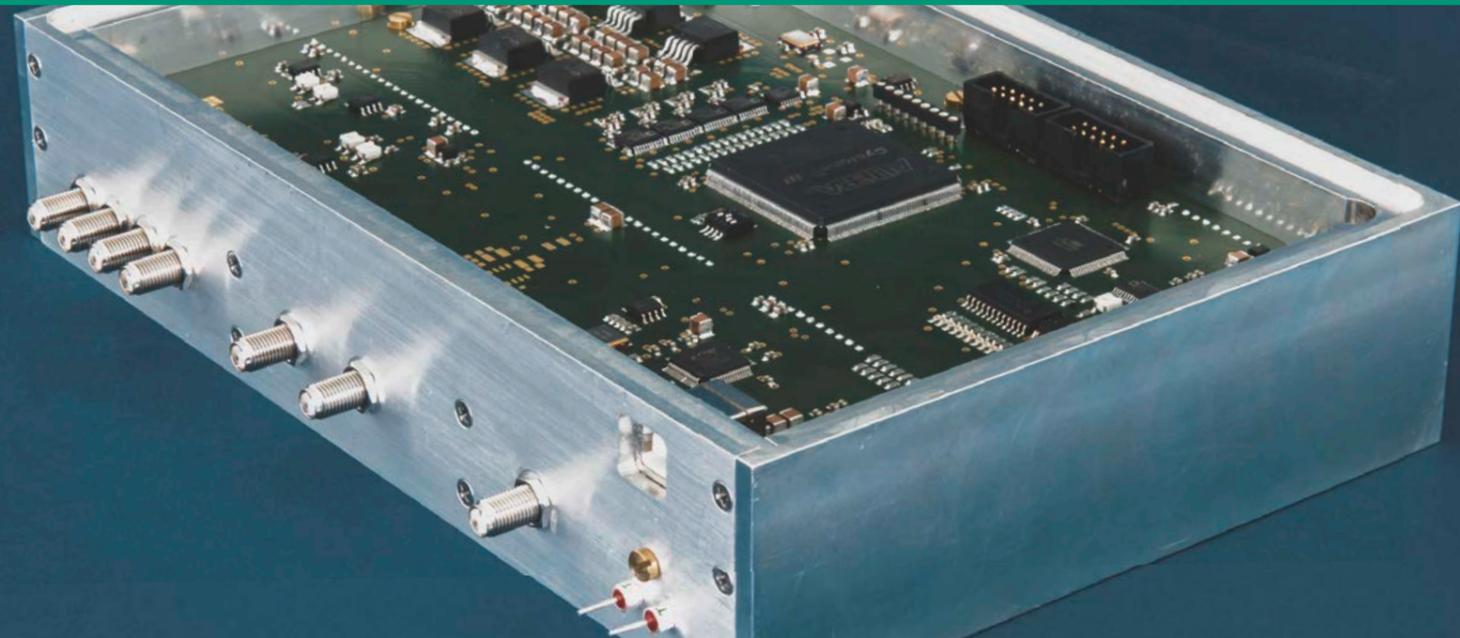
Im Bereich der Einzelteileneffekte sind das Hauptproblem zerstörende Effekte. Während man Latchup bei CMOS Bauteilen durch externe Schutzschaltungen umgehen kann, gibt es für Leistungsbauteile nur die Möglichkeit diese bei deutlich geringerer Spannung zu betreiben. Die weichen Einzelteileneffekte, bei denen der Zustand von Speicherzellen geändert wird, können softwareseitig durch Redundanzen und häufigeres Systemrücksetzen beherrscht werden. Der höhere Ressourcenverbrauch der Redundanzen wird durch die exponentiell steigenden Ressourcenangebote moderner kommerzieller Mikroelektronik wieder wettgemacht.

Bei Dosiswirkungen gibt es im Prinzip keine Möglichkeiten die Strahlungswirkung auf die Bauteile extern zu umgehen. Die meisten kommerziellen Bauteile sind in der Lage Strahlungs-

dosen von 1 krad zu widerstehen, so dass bei sehr kurzen Missionen kommerzielle Bauteile bei geringem Risiko eingesetzt werden können. Bei höheren Dosen bleiben nur Bestrahlungstests. Diese sind bei kommerziellen Bauteilen allerdings mit zusätzlichen Problemen verbunden: Die Herstellungsprozesse können stark variieren bei gleichbleibenden elektrischen Eigenschaften, aber dramatisch geänderten Strahlungseigenschaften. Es ist teilweise nicht möglich Bauteile auf eine Fabrikationsanlage, geschweige denn den gleichen Wafer zurückzuführen. All dies führt zu potentiellen starken Streuungen, welche eine Vorhersage des Ausfallrisikos der im Satelliten verwendeten Bauteile zu einer großen Herausforderung machen. Das Geschäftsfeld NEO führt zurzeit eine Reihe von Untersuchungen durch um diese Effekte besser zu quantifizieren und kosteneffektive Testprozeduren zu entwickeln.

# WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE INFRASTRUKTUR

Peter Clemens, Gisela Fuss



Die Abteilung Nukleare und Elektromagnetische Effekte (NE) verfügt über eine umfassende wissenschaftlich-technische Infrastruktur, die die experimentellen Arbeiten in den drei Geschäftsfeldern unterstützt. Im Bereich WTI – Wissenschaftlich-Technische Infrastruktur (scientific-technical support) gehören dazu eine feinmechanische Werkstatt, in der spezielle Teile der Mechanik für die Experimentieranlagen hergestellt werden, und eine Elektronik-Werkstatt, welche die Herstellung spezieller Elektronik, die Wartung und die Reparatur der Experimentier-Elektronik übernimmt.

## Projekt HPEM-Detektor

Für ein Projekt des Geschäftsfeldes »Elektromagnetische Effekte und Bedrohungen« wurde die Hardware für ein HPEM-Detektionssystem (System zur Detektion von Hochleistungsmikrowellen) entwickelt. Mit Antennen werden elektromagnetische Signale hoher Feldstärken aufgenommen. Dämpfungsglieder schwächen die Signale ab. Im Detektionssystem wird das HPEM-Signal aufbereitet und digitalisiert. Die Signale werden zwischengespeichert und an den Auswerterechner übertragen. Weiterhin werden die für die Auswertung relevanten Parameter der Pulse gemessen.

Das obere Bild zeigt die Hauptplatine. Eine selbstentwickelte Software steuert den Detektor, analysiert, komprimiert und überträgt die aufgearbeiteten Rohdaten. Auf dem unteren Bild sieht man den Hochfrequenz-Teil (HF-Teil), die Amplitudendetektoren, das Modul zur Frequenzerkennung und das Netzteil.

Da das Detektionssystem im Bereich hoher Feldstärken betrieben wird, ist eine hohe HF-Dichtigkeit gefordert. Diese wird durch ein gefrästes Eigenbaugeschäft sichergestellt.

Die Auswertung der Daten erfolgt in einem Einplatinencomputer in einem zweiten HF-Gehäuse. Die Steuerung des Detektors und die Anzeige der Daten übernimmt ein selbstentwickeltes Web-Interface.

## Das Sekretariat unterstützt die Abteilung NE mit:

- der organisatorischen Begleitung von Projekten
  - bei der Berichterstellung zu experimentellen Untersuchungen
  - im Strahlenschutz
  - durch Mitarbeit bei der Vorbereitung und der Durchführung von Workshops
- sowie
- bei der Erstellung von Fragebögen (auch online).

# ABTEILUNG BETRIEBSWIRTSCHAFT UND ZENTRALE DIENSTE

Prof. Dr. Harald Wirtz

Von der Abteilung Betriebswirtschaft und Zentrale Dienste (BZD) werden alle kaufmännischen und administrativen Aufgaben wahrgenommen und die Zentrale Infrastruktur des Instituts bereitgestellt. Daneben nehmen Mitarbeiter der Abteilung eine Reihe von Arbeitgeberaufgaben wahr, wie beispielsweise die Arbeitssicherheit und den Geheimschutz am Institut.

Die Abteilung ist in die beiden Untergruppen Finanzen, Personal und Recht (FPR) sowie Zentrale Infrastrukturdienste (ZI) unterteilt. Dazu kommen die eigenständigen Bereiche Bibliothek, Marketing und PR.

Innerhalb der Gruppe **Finanzen, Personal und Recht** werden die Sachgebiete Buchhaltung, Rechnungswesen, Controlling, Personal und Reisemanagement bearbeitet. Die **Buchhaltung** des Institutes wird nach Handels- und Steuerrecht betrieben. Weiterhin wird der Einkauf sämtlicher Verbrauchs- und Investitionsgüter unter Beachtung der Beschaffungsrichtlinien und der VOL/VOB abgewickelt. Außerdem verwaltet das Sachgebiet die Institutskasse und wickelt den gesamten baren und unbaren Zahlungsverkehr ab.

Die Aufgabe des **Controllings** im Fraunhofer INT ist es, sämtliche monetär relevanten Prozesse im Institut zu steuern. Dazu gehört einerseits die laufende Überwachung und Steuerung des gesamten Institutshaushalts. Andererseits werden die Abteilungen bei der Bearbeitung der Projekte administrativ unterstützt. Da das Institut sowohl intern als auch extern von Zuwendungsgebern laufend geprüft wird, werden in diesem Sachgebiet auch sämtliche Anfragen von Prüfungsorganen bearbeitet.

Das Sachgebiet **Personalwesen** unterstützt die Institutsleitung bei der Personalplanung und bearbeitet sämtliche Personalvorgänge wie Ausschreibungen, Einstellungen, Stellenbewertungen und resultierende Ein- und Umgruppierungen, Vertragsverlängerungen etc.

Das Reisemanagement unterstützt die Angehörigen des Instituts in allen Dienstreisefragen, beginnend bei der Reiseplanung und -vorbereitung, über die Buchung von Verkehrsmitteln und Unterkünften bis hin zur Abrechnung nach Bundesreisekostengesetz.

Die Gruppe **Zentrale Infrastruktur** betreut die Sachgebiete Facility Management / Innerer Dienst und Zentrale IT-Dienste. Das Facility Management spielt nach wie vor eine wichtige Rolle bei der Koordination der verschiedenen Baumaßnahmen auf dem Institutsgelände.

Im Bereich der zentralen IT-Dienste wird die gesamte IT-Infrastruktur des Institutes betrieben. Hier wird der 1st-Level-Support für die Benutzer geleistet.

Zudem ist das Sachgebiet zentrale IT-Dienste intensiv an der Vorbereitung und Durchführung des Projekts KATI zur Nutzung IT-basierter Assistenzsysteme für die Technologieförderung und des Projekts RAHS beteiligt; es berät und unterstützt die Abteilung TASP bei der Beschaffung und leistet den Betrieb der erforderlichen IT-Komponenten.

Im Sachgebiet **Marketing und Öffentlichkeitsarbeit** werden alle zentralen Maßnahmen zur Kommunikation und Vermarktung der Arbeitsergebnisse aus den verschiedenen Geschäftsfeldern des Instituts durchgeführt.

Im Vordergrund der Arbeit der **Bibliotheks- und Fachinformationsdienste** steht die Beschaffung und Verwaltung von für die Institutsarbeit benötigten Medien und die Unterstützung der Wissenschaftler bei Recherche und Informationsbeschaffung. Je nach Projektbedarf werden zusätzliche Fachdatenbanken und weitere Informationsquellen lizenziert und bereitgestellt. Die Bibliothek bildet zudem Fachangestellte für Medien und Informationsdienste in der Fachrichtung Information und Dokumentation aus.



# BAUMASSNAHMEN AM FRAUNHOFER INT

Thomas Loosen

An der Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten für »Cognitive Computing« im Rahmen der Technologiefrühaufklärung ist das Sachgebiet weiterhin beteiligt. Bei der Identifizierung und dem Aufbau weiterer, für das INT relevanter Kompetenzbereiche im Bereich IT- und datenbasierter Methoden und Tools wird die vorhandene umfassende Expertise des Fachinformationsmanagements seit 2015 ebenfalls regelmäßig hinzugezogen.

Die Bauaktivitäten am Fraunhofer INT wurden 2016 mit un- verminderter Intensität fortgeführt. Nicht zuletzt dank der Koordination, Planung und tatkräftigen Mitarbeit des Facility Managements, konnten im Berichtsjahr entscheidende Bau- abschnitte abgeschlossen werden. Nach mittlerweile mehr als fünf Jahren nahezu ununterbrochener Bauaktivität sieht das Institutsgelände im Dezember 2016, von außen betrachtet, nun nicht mehr wie eine Großbaustelle aus.

Auf den ersten Blick fällt sicherlich die Aufstockung des neuen Bürogebäudes am stärksten ins Auge. Hier entstanden 14 neue Büros, dazu ein neuer Besprechungsraum und eine weitere Kommunikationszone. Parallel dazu wurden die Büros der unteren Etage mit einer neuen Schallisolierung ertüchtigt, um Forderungen nach Vertraulichkeit Rechnung zu tragen. Die Einrichtung der neuen Räumlichkeiten und der Umzug der Mitarbeiter in die Büros konnten zum Jahresende weitgehend abgeschlossen werden.

In diesem Zusammenhang spielt auch der moderne Verbindungs- gang zwischen dem alten und neuen Gebäudebestand eine wichtige Rolle. Dieser Gang, der entlang der Experimentierhalle zwischen Altbau und der neuen Bibliothek verläuft, gestattet es Mitarbeitern und Gästen, auch bei schlechtem Wetter im Warmen und trockenen Fußes zwischen den beiden Institutsteilen hin- und herzuwechseln.

In dem neu gestalteten Labortrakt des Institutes waren die alte Kantine und vier kleinere Labore untergebracht. Im Zuge der Umgestaltung dieses Bereiches mussten auch im Untergeschoss umfangreiche Veränderungen an der Statik und Installationen des Gebäudes vorgenommen werden. Ende 2016 war der Umbau abgeschlossen und acht deutlich größere Laborräume können 2017 ausgerüstet werden. Durch die neuen Labore und Büros sind die provisorischen Container auf dem Institutspark- platz überflüssig geworden und wurden abgebaut.

Die neue Kantine nebst Austeilküche wurde ebenfalls fertig- gestellt und wurde Anfang 2017 abgenommen und für den

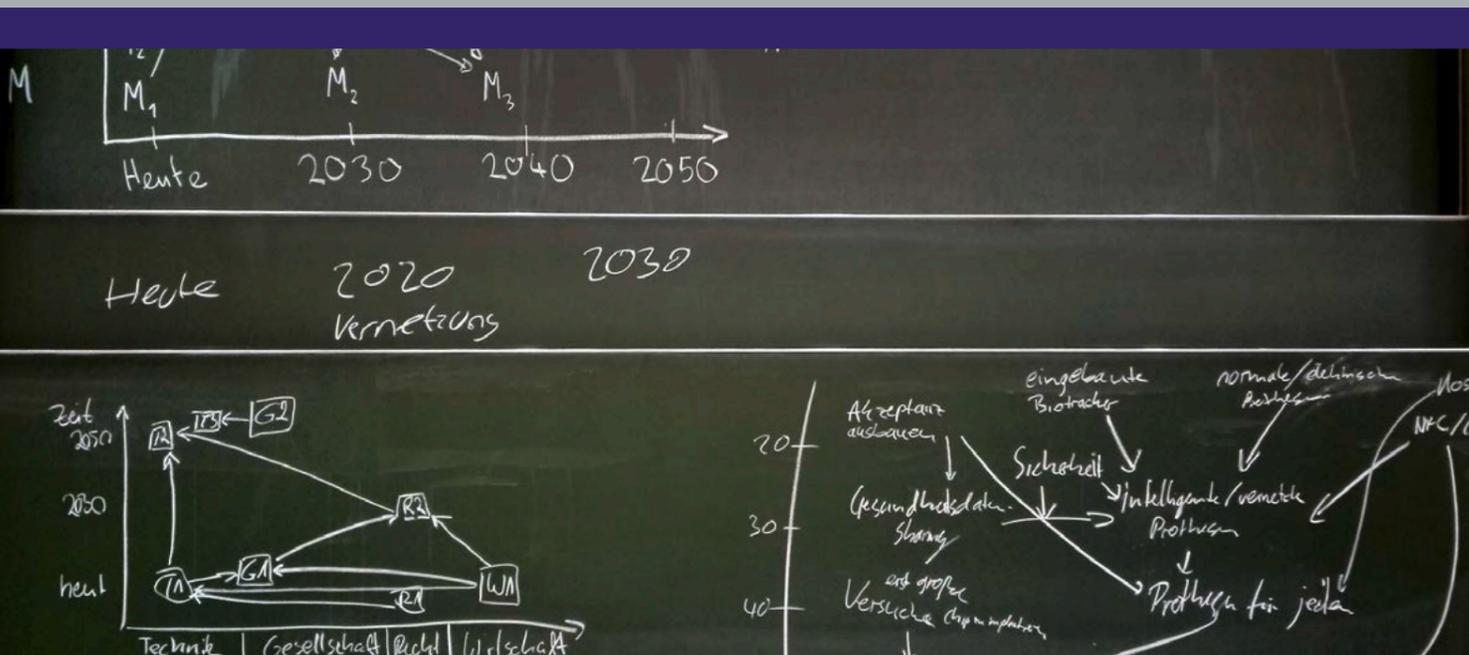
Betrieb freigegeben. Somit können nach einer mehr als ein- jährigen Pause die Mitarbeiter diesen wieder nutzen um z. B. ihr Mittagessen wieder im Institut einzunehmen. Die Kantine wird ergänzt durch einen Außenbereich mit weiteren Sitz- plätzen für die Sommermonate. Diese Terrasse ziert, wie vor dem Umbau, ein kleiner Springbrunnen.

Zeitgleich zu diesen Baumaßnahmen wurde das Dach der neuen Kantine und der neuen Labore auf Initiative des Facility Managements in enger Zusammenarbeit mit BlmA und BLB vollständig saniert. Aus kosmetischer Sicht am bedeutendsten ist vermutlich die Fertigstellung der Außenanlagen. Wo sich seit 2010 die meiste Zeit nur lose Erde und Baustellenmaterial stapelte, wurde nun Rasen eingesät und eine Reihe Apfelbäu- me als Hommage an die Anschrift Appelsgarten gepflanzt. Dadurch hat man, zum ersten Mal seit langer Zeit, beim Besuch des Institutes nicht mehr das Gefühl, eine Großbaustelle zu betreten. Die seit dem ersten Masterplan vorgesehene »Grüne Achse« durch das Institutsgrundstück ist somit sichtbar geworden.

Mit den Neubauten stößt das Institut an die Grenzen des bisherigen Grundstücks. 2016 wurde daher das südlich an das Institutsgelände anschließende, brachliegende Nachbargrund- stück durch die BlmA erworben und soll im Jahr 2017 für das Institut erschlossen und nutzbar gemacht werden. Es gibt mehrere Optionen für die Nutzung des neuen Grundstückes, über die nach der Erschließung entschieden wird.

Insgesamt ist das Jahr 2016 ein sehr erfolgreiches Jahr hin- sichtlich der Bauaktivitäten des Institutes gewesen. Der 2009 begonnene Masterplan, der seither mehrfach umgeschrieben und erweitert wurde, ist so gut wie abgeschlossen. Die Umbau- aktivitäten des Institutes sind damit nicht abgeschlossen, aber die schwersten Belastungen, mit denen sich die Mitarbeiter in den letzten Jahren arrangieren mussten, gehören nun der Vergangenheit an. Ein weiterer positiver Effekt in diesem Zusammenhang ist die Möglichkeit, die fertigen Bauten im Rahmen eines Tages der offenen Tür der Öffentlichkeit zu präsentieren. Dieser ist für den 8. Juli 2017 geplant.

## SONSTIGES



## ALLIANZ SPACE

Thomas Loosen

Die Fraunhofer-Allianz Space ist ein Zusammenschluss von 15 Instituten, dessen Ziel die gemeinsame Akquise und Bearbeitung von Forschungsprojekten für die Raumfahrt ist. Die Allianz gründete sich im Frühjahr 2014 und hat seitdem zahlreiche Aktivitäten initiiert, um angewandte Forschung der Marke Fraunhofer in die Weltraumbranche zu bringen.

Einer der Hauptzwecke der Allianz ist die Erhöhung der Sichtbarkeit der Allianz im Außenraum. Deswegen präsentiert sich die Allianz auf einschlägigen Messen und Konferenzen samt Begleitausstellung mit gemeinsamen Messeständen, auf denen verschiedene Institute ihre Exponate zeigen. Herausragend war dabei sicher wieder die Internationale Luftfahrtausstellung ILA 2016 Anfang Juni in Berlin-Schönefeld, auf der die Allianz nun schon zum zweiten Mal mit einem großen Gemeinschaftsstand in der Weltraumhalle vertreten war.

Auch die Airtec in München im Oktober war eine spannende Messe mit vielen interessanten Kontakten. Besonders erwähnenswert ist hierbei der Vortrag von Prof. Dr. Dr. Lauster zum Thema »New Space – Old Earth«, der im Rahmen der begleitenden Fachkonferenz gehalten wurde. Bei der INNOSPACE Fachtagung »Erdbeobachtung als Infrastruktur der Zukunft«, die im Oktober in Augsburg stattfand, und deren Organisation das DLR Raumfahrtmanagement organisiert wurde, leitete Prof. Dr. Dr. Lauster zudem den Workshop »Sicherheit und kritische Infrastrukturen«.

Eine weitere Fachkonferenz war die International Conference on Space Optics, eine sehr renommierte wissenschaftliche Fachkonferenz der ESA, die im September in Biarritz stattfand. Insbesondere die Institute der Allianz, deren Schwerpunkt im Bereich der optischen Technologien liegt, beteiligten sich mit zahlreichen Fachvorträgen am wissenschaftlichen Programm und mit Exponaten am Gemeinschaftsstand in der begleitenden Ausstellung.

Um übergreifende Projekte zu fördern, bei denen die Kompetenzen mehrerer Institute zusammengeführt werden, veranstaltet

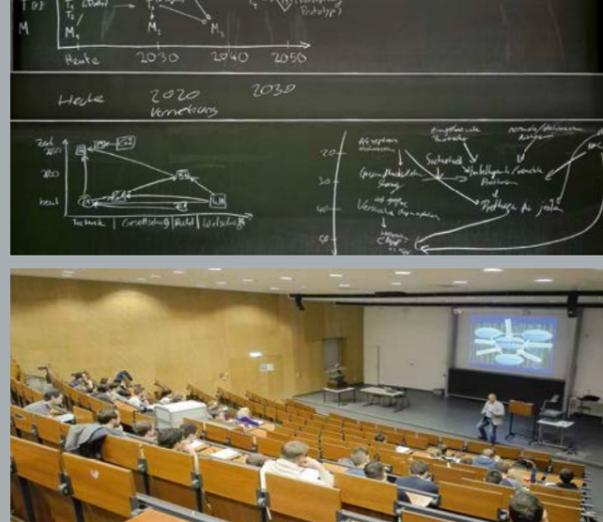
die Allianz regelmäßig auch Kreativworkshops zur Generierung von neuen Ideen und zur weiterführenden Arbeit an existierenden Ideen. Auch beim weiteren internen Treffen wird immer auch der Entwicklung von Projekten Raum gegeben. Ein solches Projekt, welches 2016 erstmals als Exponat öffentlich präsentiert wurde, ist ein optischer Spiegel auf CFK-Basis. Der carbonfaser-verstärkte Kunststoff wurde dabei vom Fraunhofer IAP-PYCO geliefert und die optische Beschichtung vom IST. Poliert wurde der Spiegel am Fraunhofer IPT. Gegenüber herkömmlichen Spiegeln auf Metallbasis ist durch den Einsatz von CFK eine Gewichtsersparnis von 80 Prozent möglich.

Ein echter Meilenstein für die Allianz Space im Jahr 2016 war der OHB-Technologietag am neuen Standort der OHB System AG in Oberpfaffenhofen bei München. Insgesamt waren elf Institute in einer großen Ausstellung mit sechs Inselständen für die sechs Geschäftsfelder der Allianz vertreten. Beim Besuch der Ausstellung diskutierten die Mitarbeiter des Standortes mit den Fraunhofer-Vertretern technische Probleme und mögliche Lösungen. Zusätzlich zu der Ausstellung fand eine kurze Vortragsreihe mit Projektvorstellungen statt – ähnlich wie bei einer wissenschaftlichen Fachkonferenz. Um der Veranstaltung Nachhaltigkeit zu verleihen, unterzeichneten Dr. Fritz Merkle, Vorstand der OHB System AG und Dr. Hans-Otto Feldhütter, Hauptabteilungsleiter der Fraunhofer-Gesellschaft, ein Memorandum of Understanding, in der eine weitere Forschungszusammenarbeit vereinbart wurde. Als erstes greifbares Ergebnis werden für das Jahr 2017 gemeinsame Expertenworkshops zu speziellen Technologiethemen durchgeführt.

Weitere Infos zur Fraunhofer-Allianz Space unter: [www.space.fraunhofer.de](http://www.space.fraunhofer.de)

# LEHRSTUHL DER RWTH AACHEN UNIVERSITY

Stephanie Hansen-Casteel



Die inhaltliche und methodische Arbeit des Lehrstuhls für Technologieanalysen und -vorausschau auf dem Gebiet der Sicherheitsforschung der *RWTH Aachen University* wurde auch im vergangenen Jahr sukzessive vorangetrieben. Ziel des Lehrstuhls ist es, den Studierenden der Hochschule quantitative und qualitative Methoden der Zukunftsforschung im Rahmen anwendungsorientierter didaktischer Lehr- und Lernkonzepte zu vermitteln. Dies beinhaltet sowohl die erkenntnistheoretische Fundierung von Methoden als auch die Untersuchung des umfangreichen Methodenkanons der Zukunftsforschung in Bezug auf seine Eignung und Optimierungsmöglichkeiten. Der Forschungsschwerpunkt des Lehrstuhls liegt in der Analyse von Vorschauprozessen auf technologischen Gebieten sowie der Adaption, Neu- und Weiterentwicklung entsprechender Verfahren und Methoden. Die fortlaufend generierten Erkenntnisse aus der Forschung unterstützen eine wissenschaftlich fundierte Entscheidungsfindung bei Fragen, im Zusammenhang mit der zeitlichen Entwicklung von Technologien.

Der Lehrstuhl konnte im vergangenen Berichtszeitraum wieder steigende Studierendenzahlen verzeichnen: Im Sommersemester 2016 nahmen an der Vorlesung Methoden der Zukunftsforschung (MdZF) 75 Studierende teil. Im Wintersemester 2016/2017 waren es 160 Studierende.

Ein großer Erfolg wurde im Jahr 2016 mit der inhaltlichen und methodischen Konzeption eines interdisziplinären Seminars erzielt, das Lehrstuhlinhaber Prof. Dr. Dr. Michael Lauster gemeinsam mit Prof. Dr. Dr. Axel Zweck (Lehrstuhl für Soziologie der RWTH Aachen University) 2016 erstmalig durchführte. Das Grundkonzept verfolgt die Idee, dass Studierende der Ingenieurwissenschaften gemeinsam mit Studierenden der Soziologie ein Themenfeld der Technikfolgenabschätzung kollaborativ bearbeiten. Ziel der Veranstaltung ist es, die unterschiedlichen Perspektiven der beiden Disziplinen zu analysieren. Dabei erhalten die Studierenden die Möglichkeit, eine Aufgabenstellung im interdisziplinären Team zu bearbeiten und die wichtigsten Methoden und Instrumente zur Technikfolgenabschätzung anzuwenden. Das Seminar trägt den Titel:



Zukunft (inter)disziplinär – sozial- und ingenieurwissenschaftliche Perspektiven auf Technologien von morgen. Die zugehörige Abschlussveranstaltung hat im Juli 2016 in den Räumlichkeiten des INT stattgefunden.

Zusätzlich hat der Lehrstuhl sein Veranstaltungsangebot mit einem Fortgeschrittenen-Seminar zur Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie ergänzt; weitere Seminarangebote, z. B. aus dem Bereich der Ingenieursethik sind für die kommenden Semester geplant.

Ein weiterer Erfolg ist die Etablierung der Vorlesungsreihe »Methoden der Zukunftsforschung« an der Hochschule Ravensburg-Weingarten. Studierende des Studiengangs Technologiemanagement besuchen die Vorlesung unter der Leitung von Prof. Lauster und lernen anwendungsorientiert die methodischen Grundlagen der Zukunftsforschung kennen. Die Vorlesungsreihe findet einmal jährlich in Blockform in Weingarten statt und wird von den Studierenden als sinnvolle Ergänzung zum regulären Studienangebot positiv angenommen.

Außerdem betreut Prof. Lauster am Lehrstuhl eine Dissertation zum Thema Technologieakzeptanz, die das Ziel verfolgt, einen Indikatoren-Baukasten zur prospektiven Messung von Technologieakzeptanz durch potentielle Nutzer zu entwickeln. Darüber hinaus werden am Lehrstuhl verschiedene Master-, Bachelor- sowie Projektarbeiten geschrieben, die u. a. in Kooperation mit dem Fraunhofer INT betreut werden.

# STABSSTELLE METHODIK UND AUSBILDUNG

Dr. Birgit Weimert

Wesentlicher Bestandteil einer kompetenten Technologieanalyse und -vorausschau ist, neben der fachlichen und prozeduralen, die methodische Kompetenz. Deshalb wurde bereits 2013 die Stabsstelle Methodik und Ausbildung eingerichtet, die sich mit der Förderung der Methodenentwicklung und -validierung sowie mit dem nachhaltigen Ausbau der methodischen Kompetenz des Fraunhofer INT befasst. Um der Bedeutung dieses Bereichs Rechnung zu tragen, wurde im Frühjahr 2016 ergänzend in der Abteilung Technologieanalysen und Strategische Planung (TASP) eine Gruppe Tools und Methoden aufgebaut.

Das Erarbeiten bzw. Halten eines umfassenden Überblicks über die Methodenlandschaft, die ständige Aktualisierung des Methoden- bzw. Prozesswissens sowie eigene Forschungsaktivitäten in diesem Bereich, zählen zu den Kernaufgaben der Stabsstelle. Darüber hinaus unterstützte sie die Institutsleitung auch im vergangenen Jahr durch erfolgreiche strategische Akquise, durch die Konzeptionierung und Erstellung institutsübergreifender Projektanträge, durch die Leitung von bzw. Mitwirkung an Projekten sowie durch die wissenschaftliche Beratung der Institutsleitung. Die Stabsstelle ist weiterhin Kontaktstelle zum Lehrstuhl für Technologieanalysen und -vorausschau auf dem Gebiet der Sicherheitsforschung an der RWTH Aachen University.

Die Stabsstelle hat im vergangenen Jahr das 2015 angelaufene Projekt zur teilautomatisierten Unterstützung der Technologievorausschau (KATI) methodisch unterstützt. Hier besteht ein außerordentlich hoher Forschungsbedarf bezüglich der möglichen Anwendungsfälle, der dazu eingesetzten Methoden sowie der Aufbereitung und Darstellung der ermittelten Informationen.

Nach erfolgreicher Einwerbung des Projekts Trendmanagementsystem für das Planungsamt der Bundeswehr wurde auch hier der methodische Hintergrund erarbeitet und durch Informationen aus der Praxis, die in zahlreichen Interviews mit industriellen und institutionellen Partnern gewonnen wurden, ergänzt.

Mit dem Fraunhofer Center for Responsible Research and Innovation (CeRRI) konnte eine neue Forschungsk Kooperation eröffnet werden, bei der neben technologischen Entwicklungen vor allem auch die gesellschaftlichen Auswirkungen von Technologien im Vordergrund stehen werden. Das erste gemeinsame Projekt wird sich mit Möglichkeiten beschäftigen, das Leben im Alter außerhalb der Ballungszentren attraktiv zu machen; es wird etwa drei Jahre benötigen und soll noch im ersten Quartal des Jahres 2017 beginnen. Dabei wird auch das Serious Gaming-Framework FlexINT®, das Ende 2015 erfolgreich als Marke angemeldet wurde, intensiv zum Einsatz kommen.

## 20 JAHRE RUBRIK »NEUE TECHNOLOGIEN«

Jürgen Kohlhoff

Im Februar 1997 erschien mit dem Titel »Multifunktionale Werkstoffe« die erste Ausgabe der damals neuen Rubrik »Das Fraunhofer INT berichtet über neue Technologien« in der monatlich erscheinenden Zeitschrift »Soldat und Technik«. Inzwischen hat die Zeitschrift ihren Namen gewechselt (über »Strategie und Technik« zum heutigen »Europäische Sicherheit und Technik«), die Rubrik hat jedoch alle organisatorischen Änderungen überlebt und erfreut sich heute einer zumindest immer gleich gebliebenen Beliebtheit. Mittlerweile werden die Beiträge mit Genehmigung des Mittler Report Verlags regelmäßig auch auf der Internetseite des Instituts zugänglich gemacht.

Für das INT bietet sich durch die Rubrik die Möglichkeit, die sehr abstrakte und komplexe wissenschaftliche Studienarbeit zumindest in Form von kleinen Ausschnitten einer breiteren Öffentlichkeit zu präsentieren.

Sowohl die Auswahl der Themen als auch die inhaltliche Ausgestaltung der eine Druckseite umfassenden Beiträge liegen beim INT. Federführend ist hier heute die Abteilung TASP. Zu einem Beitrag aufgerufen sind aber grundsätzlich alle Kolleginnen und Kollegen des Instituts. Das INT kann damit Technologiethemata aufgreifen, die gerade aufscheinen oder aus anderen Gründen einen hohen Aktualitätsgrad haben, und diese quasi als Ausfluss seines flächendeckenden Technologie-monitorings einer breiteren Öffentlichkeit präsentieren. Dieses etablierte 360°-Monitoring bzw. -Scanning über alle Technologiebereiche hinweg ist die Grundlage für die Sammlung, Analyse und Verdichtung von Technologieinformationen, mit denen Entscheidungshilfen für die Forschungsplanung von staatlichen Stellen oder Unternehmen zur Verfügung gestellt werden.

Obwohl die »Europäische Sicherheit und Technik« eigentlich das Themenspektrum Verteidigung und Sicherheit abdeckt, stehen wehrtechnische Aspekte in unserer Rubrik (insbesondere auch aufgrund des oft noch geringen Reifegrades der behandelten Technologien) nicht im Vordergrund der Betrachtung. Vielmehr kommt es darauf an, dem technisch interessierten

Laien ganz allgemein Antworten auf folgende Fragen zu liefern:

- Was ist es?
- Wie funktioniert es?
- Wozu kann man es gebrauchen?
- Wann ist mit einer Anwendungsreife zu rechnen?

Die von einer Rubrik erwartete einheitliche Gestaltung der verschiedenen Beiträge wird durch eine zentral durchgeführte Gesamtedaktion sichergestellt. So könnte z.B. der erste Absatz im Prinzip immer auch für sich alleine stehen, weil er die wichtigsten Aspekte bereits anreißt.

Bis zum Ende des Jahres 2016 sind in 20 Jahrgängen nun insgesamt mehr als 200 Ausgaben der Rubrik erschienen (ein- bis zweimal pro Jahr wird sie aus verlagstechnischen Gründen durch andere Beiträge ersetzt). Typische Themen der letzten Jahre waren z. B. »Post-Quantum-Kryptografie«, »Personal Air Vehicles«, »Brain-Computer-Interfaces«, »All-Electric-Aircraft« oder »3D-Drucker«. Insgesamt kann man im Lauf der Jahre eine gewisse Verschiebung des Schwerpunkts von werkstofforientierten in Richtung der informations- und kommunikationstechnischen Beiträge feststellen. Auch die Häufigkeit der Themen mit biologischem Hintergrund hat inzwischen leicht zugenommen. Aus übergeordneter Sicht könnte man die, sich aus unserer diesbezüglichen Arbeit ergebenden, technologischen Megatrends auf oberster Ebene heute folgendermaßen zusammenfassen:

- Allgemein zunehmende Bedeutung (möglichst regenerativ erzeugter) elektrischer Energie
- Entwicklung automatisierter bzw. autonomer Systeme
- Allumfassende informationstechnische Vernetzung
- Zunehmende Nutzbarmachung individualisierter technischer Systeme.

Die Texte der Rubrik finden Sie in der jeweils aktuellen Ausgabe der EST und, nach Ablauf einer kurzen Sperrfrist, auf der Website des Fraunhofer INT:

[http://www.int.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/wehrtechnische-zukunftsanalyse/neue\\_technologien.html](http://www.int.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/wehrtechnische-zukunftsanalyse/neue_technologien.html)

## VERMISCHTES

### NATO STO Scientific Achievement Award

Dem Geschäftsfeld EME des Fraunhofer INT wurde als Anerkennung und Wertschätzung der herausragenden Arbeit und des bedeutsamen wissenschaftlichen Beitrags in der Arbeitsgruppe SCI-250 der NATO STO Scientific Achievement Award 2016 verliehen.

Inhalt der Arbeit in der Arbeitsgruppe SCI-250 mit dem Titel »Radio Frequency Directed Energy Weapons (RFDEW) in Tactical Scenarios« war es, das Potential von RFDEW anhand von Untersuchungen mit elektromagnetischen Hochleistungsquellen an Computernetzwerken, elektronischen Systemen, Fahrzeugen und Zündern von IEDs aufzuzeigen.

Es fand eine Demonstration der Möglichkeiten und Grenzen solcher Anwendungen für Interessierte und Entscheider von NATO-Ländern statt.



### SOURCE-Workshop in Bonn

Im Rahmen des EU FP7-Projektes SOURCE (Virtual centre of excellence for research support and coordination on societal security) war das Fraunhofer INT maßgeblich an der Organisation und inhaltliche Vorbereitung eines Assessment Workshops im Juni 2016 in Bonn beteiligt.

Das Ziel des Workshops war es, partizipative Methoden zu testen, die den Wissensaustausch zwischen unterschiedlichen Interessenvertretern im Bereich gesellschaftliche Sicherheit erleichtern können.

Inhaltlich diskutierten die 16 Teilnehmer aus mehreren EU-Ländern über Sicherheitsaspekte des Internets der Dinge.



# ANHANG

## Lehrveranstaltungen und sonstige Vorträge an Hochschulen

Bantes, R.: „Global IT Player Google, Facebook & Co, Fluch oder Segen?“; Diskursreihe Technik und Gesellschaft; Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, 21. 04.2016

Chmel, S.: Vorlesung und Übung „Physics“ im Bachelorstudiengang Naturwissenschaftliche Forensik (2. Semester), Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, SS 2016

Chmel, S.: Vorlesung und Übung „Measuring Techniques“ im Bachelorstudiengang Naturwissenschaftliche Forensik (3. Semester), Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, WS 2016/2017

Chmel, S.: Vorlesung zum Thema „Wahrnehmung von Wissenschaft in der Gesellschaft“ im Rahmen des Moduls „Technik, Politik und Gesellschaft“ von Prof. Wiemken im Master Studiengang „Technik- und Innovationskommunikation“, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, 28. 04.2016

John, M.: „Leben und Arbeiten mit dem Cochlea Implantat – Funktionsweise, Chancen, Risiken und Erfahrungen im Hinblick auf die medizinische Rehabilitation“, Modul im Rahmen des Aufbaukurs für Rehabilitationsmedizin, Akademie für Sozialmedizin, Berlin, 18. 01.2016

John, M.: „Das Cochlea Implantat: Funktionsweise, Entwicklung, Chancen, Risiken und Erfahrungen im Hinblick auf die logopädische Praxis“, IB-Medizinische Akademie, Schule für Logopädie, Berlin, 05. 02.2016 und 09. 02.2016

John, M.: „Die Technisierung des Menschen – über Cochlea Implantate, Cyborgs und Human Enhancement“, Bachelorstudiengang Technikjournalismus / PR, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, 25. 05.2016

Jovanović, M.: Seminar „Projektmanagement“ in den Bachelor- und Masterstudiengängen der Informationswissenschaft, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, WS 2015/2016

Kohlhoff, J.: Vortrag und Übung zum Thema „Elektromobilität“ im Rahmen des Seminars „Technik/Umwelt und Gesellschaft“, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, 04. 05.2016 und 18. 05.2016

Kohlhoff, J.: Impulsvortrag „Autonome Robotik“, Hochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten, 07. 06.2016

Kohlhoff, J., Reschke, S.: Übung zum Thema „Methoden der Zukunftsforschung“ im Rahmen des Masterstudiengangs „Technologiemanagement“, Hochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten, 06.-09. 06.2016

Lauster, M.: „Methoden der Zukunftsforschung I“, RWTH Aachen, im WS 2015/2016 und WS 2016/2017

Lauster, M.: „Methoden der Zukunftsforschung II“, RWTH Aachen, SS 2016

Lauster, M.: „Technologievorausschau – Zukunftswissen oder Spekulation? Anmerkungen zu den Erkenntnismöglichkeiten über das Zukünftige, im Rahmen der Ringvorlesung „Technik- und Umweltethik“, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, 14. 04.2016

Lauster, M.: „Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie für Ingenieure“, RWTH Aachen, WS 2015L/L2016

Lauster, M.: Gemeinsames Seminar Ingenieure/Soziologen zur Technologiefolgenabschätzung, RWTH Aachen, SS 2016

Lauster, M.: Vorlesungsveranstaltung „Methoden der Zukunftsforschung“, Hochschule Ravensburg-Weingarten, SS 2016

Reschke, S.: Impulsvortrag „Weltraumputzer“, Hochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten, 07. 06.2016

Suwelack, K.: Vortrag zum Thema „Erzeugung, Aufbereitung und Nutzung von Biomethan“ im Rahmen der Vorlesung „Verfahrenstechnik biogener Brenn- und Kraftstoffe“ im Bachelorstudiengang „Nachwachsende Rohstoffe“, Universität Hohenheim, Stuttgart, 12. 01.2016

Wirtz, H.: Vorlesung „Finanzierung“, Hochschule Fresenius, Köln, WS 2015/2016

Wirtz, H.: Vorlesung „Investitionsrechnung“, Hochschule Fresenius, Köln, WS 2015/2016

Wirtz, H.: Vorlesung „Investition und Finanzierung“, Hochschule Fresenius, Köln, SS 2016, WS 2016/2017

Wirtz H.: Vorlesung „Change- und Innovationsmanagement“, Hochschule Fresenius, Köln, WS 2015/2016, SS 2016, WS 2016/2017

Wirtz, H.: Vorlesung „Qualitäts-, Change- und Innovationsmanagement“, Hochschule Fresenius, Köln, SS 2016, WS 2016/2017

## Internationale Zusammenarbeit

Adami, Ch., Jöster, M., Suhrke, M.: Mitarbeit in der NATO STO SCI-294 Task Group Demonstration and Research of Effects of RF Directed Energy Weapons on Electronically Controlled Vehicles, Vessels, and UAVs, 9 Nationen

Baum, M., Höffgen, S., Kuhnenn, J., Kündgen, T., Lennartz, W., Metzger, S., Paschkowski, E., Schmitz, S., Steffens, M., Weinand, U., Wolf, R.: CERN, Genf, Schweiz

Berky, W., Chmel, S., Friedrich, H., Glabian, J., Köble, T., Ossowski, S., Risse, M., Schumann, O.: Im FP7 Projekt EDEN (End-user Driven Demo for CBRNE), 38 Projektpartner

Berky, W., Chmel, S., Friedrich, H., Lieder, E.: H2020 Project C-BORD (Effective Container Inspection at BORDer Control Points), 18 Projektpartner

Brandt, H., Heuer, C., Huppertz, G., Langner, R., Neupert, U., Offenberg, D., Pastuszka, H.-M., Ruhlig, K., Walther, G.: EDA-Projekt OSRA (Overarching Strategic Research Agenda and Captech SRAs Harmonization, 15.ESI.OP.162), 4 Projektpartner

Burbiel, J., Grigoleit, S.: EU-FP7-Projekt CARONTE (Creating an Agenda for Research ON Transportation sEcurity), 11 Projektpartner

Grigoleit, S., Freudendahl, D.M.: EU-FP7-Projekt SOURCE (Virtual centre of excellence for research support and coordination on societal security), 13 Projektpartner

Grigoleit, S.: Horizon 2020 Projekt SONNETS (SOcietal Needs aNalysis and Emerging Technologies in the public Sector), 4 Projektpartner

Höffgen, S., Kuhnenn, J., Weinand, U.: KIC Projekt HOBAN, Frankreich

Höffgen, S., Kuhnenn, J., Kündgen, T., Lennartz, W., Metzger, S., Paschkowski, E., Steffens, M.: ESA-ESTEC, Noordwijk, Niederlande

Jöster, M., Jovanović, M., Lieberz, D., Müller, S., Pusch, T., Suhrke, M., Vollmer, M., Walther, G.: EU-H2020-Projekt SmartResilience (Smart Resilience Indicators for Smart Critical Infrastructures), 20 Projektpartner, Laufzeit Mai 2016 bis April 2019

John, M.: Forschungsaufenthalt am Data Archiving and Networked Services (DANS) der Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam, Niederlande 19. - 23.01.2016

Kuhnenn, J., Metzger, S., Steffens, M.: Seibersdorf Labor GmbH, Seibersdorf, Österreich

Linde-Frech, I., Löscher, M., Vollmer, M., Walther, G., Lieberz, D.: EU-FP7-Projekt DRIVER (Driving Innovation in Crisis Management for European Resilience), 36 Projektpartner, 4,5 Jahre

Linde-Frech, I., Müller, L., Pastuszka, H.-M., Vollmer, M., Walther, G.: EU-H2020-Projekt ResiStand (Increasing disaster Resilience by establishing a sustainable process to support Standardisation of technologies and services), 14 Projektpartner, Laufzeit Mai 2016 bis April 2018

Missoweit, M.: Mitglied des Advisory Boards des H2020 Projekts Pandemic Risk and Emergency Management (PANDEM)

Missoweit, M., Jovanović, M.: Rahmenvertrag mit der Generaldirektion Migration und Inneres zur Folgeabschätzung, Evaluation und mit Evaluation verwandten Dienstleistungen in den Bereichen Migration und Innenpolitik, 8 Partner, Laufzeit, Oktober 2015 bis September 2017

Neupert, U., Heuer, C., Huppertz, G., Offenber, D., Ruhlig, K.: FMV (Försvarets Materielverk)-Projekte Teknisk Prognos 2015/2016 und Teknisk Prognos 2016/2017

Pastuszka, H.-M., Brandt, H., Grüne, M., Heuer, C., Huppertz, G., John, M., Kohlhoff, J., Langner, R., Neupert, U., Offenber, D., Ruhlig, K.: „Technology Watch Follow-on: Technology Mapping and Foresight“ (15.ESI.OP.201) für die Europäische Verteidigungsagentur (EDA), Projektkoordination, 2 Projektpartner

Reschke, S.: Human Factors, TNO Soesterberg, Niederlande

**Internationale Review-Tätigkeiten**

Höffgen, S., Kuhnenn, J.: IEEE Transactions on Nuclear Science

Höffgen, S., Kuhnenn, J., Metzger, S., Steffens, M.: RADECS 2016 Conference

Jöster, M.: IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility

John, M.: Scientometrics

John, M.: Science and Public Policy

Jovanović, M.: ASLIB Journal of Information Management

Kuhnenn, J.: Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Elsevier

Kuhnenn, J.: International Conference on Space Optics

Kuhnenn, J.: Journal of Lightwave Technology, IEEE

Kuhnenn, J.: Sensors

Kuhnenn, J.: Journal of Applied Physics

Lubkowski, G.: PIER (Progress in Electromagnetics Research)

Metzger, S.: IEEE Transaction on Nuclear Science

Neupert, U.: Mitglied der Independent Scientific Evaluation Group (ISEG) im NATO-Forschungsprogramm Science for Peace and Security (SPS)

Suhrke, M.: IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility

Suwelack, K.: International Journal of Industrial Chemistry

Suwelack, K.: Journal of Waste and Biomass Valorization

Suwelack, K.: Journal of Applied Energy

Suwelack, K.: European Biomass Conference and Exhibition

Thorleuchter, D.: Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence

Thorleuchter, D.: Decision Support Systems

Thorleuchter, D.: Electronic Commerce Research and Applications

Thorleuchter, D.: Information Processing and Management

Thorleuchter, D.: Sustainability

Thorleuchter, D.: Information

Thorleuchter, D.: IEEE Transactions on Biomedical Engineering

Thorleuchter, D.: Knowledge-Based Systems

Thorleuchter, D.: Abstract and Applied Analysis

**Mitarbeit in Gremien**

Chmel, S.: Leitung AG „Antrags- und Projektmanagement“ des Fraunhofer-EU-Netzwerkes

Chmel, S.: Mitglied im Beirat des Instituts für Detektionstechnologie der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Hecht-Veenhuis, S.: Berufsbildungsausschuss NRW, Unterausschuss „Geprüfter Fachwirt / Geprüfte Fachwirtin für Medien- und Informationsdienste in NRW“

Höffgen, S., Kuhnhehn, J.: Organization Committee of RADECS 2016, Bremen

Höffgen, S., Kuhnhehn, J.: Session Chair, RADECS 2016, Bremen

Metzger, S.: Organization Committee of RADECS 2016, Bremen (as Technical Chairman)

Metzger, S.: Council Board, RADECS 2016, Bremen

Missoweit, M.: European Association of Research and Technology Organizations (EARTO) – Security Working Group

Missoweit, M.: H2020 Secure Societies Protection and Advisory Group, Brüssel, DG HOME

Missoweit, M.: H2020 Advisory Group on International Cooperation

Neupert, U., Walther, G.: Mitglied der Independent Scientific Evaluation Group (ISEG) im NATO-Forschungsprogramm Science for Peace and Security (SPS)

Neupert, U.: Weiterentwickler-Netzwerk A 16+ Streitkräftebasis

Pastuszka, H.-M., Grüne, M.: Workshops on Technology Watch, European Defence Agency (EDA)

Reschke, S.: NATO-ACT Strategic Foresight Analysis (SFA)

Thorleuchter, D.: Sprecher der Fachgruppe Betrieb von Informations- und Kommunikationssystemen der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

Thorleuchter, D.: Editorial Board of the „International Journal of Information Science“

Thorleuchter, D.: Editorial Board of the „Journal of Information Systems Engineering & Management“

Thorleuchter, D.: Editorial Board of the „Journal of Advanced Computer Science & Technology“

Thorleuchter, D.: Editorial Board of „Advances in Engineering: an International Journal (ADEIJ)“

Thorleuchter, D.: Program Committee of „2016 Business Management and Human Resource (BMHR)“, 15. - 16.10.2016, Suzhou, China

Walther, G.: Independent Scientific Evaluation Group, NATO Science for Peace & Security Programme

Walther, G.: Panel SAS-123 „Futures Assessed alongside socio-Technical Evolutions“, NATO Science and Technology Office

**Teilnahme an Normungsarbeiten**

Adami, Ch.: NA140-00-19AA, Erstellung der VG-Normen VG96900-96907, NEMP- und Blitzschutz

Adami, Ch.: NA140-00-20-02UA, Erstellung der VG-Normen VG95370 ff., Elektromagnetische Verträglichkeit

Adami, Ch.: NATO HPM Standardization (NATO STO SCI-294 Task Group)

Jöster, M.: DKE / AK 767.13.5, EMV von Halbleitern, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Köble, T.: DIN und VDE DKE/GUK 967.2 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“

Köble, T.: IEC/SC 45B WG 15 „Radiation protection instrumentation“ – „Illicit trafficking control instrumentation using spectrometry, personal electronic dosimeter and portable dose rate instrumentation“

Kuhnhehn, J.: IEC SC86A/WG1, Erstellung der Norm IEC 60793-1-54

Suhrke, M.: Nationaler Vertreter „Joint Working Group Reverberation Chamber“ der IEC

Suhrke, M.: GAK 767.3/4.4, TEM-Wellenleiter / Reverberation Chamber, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Vorträge

Bantes, R.:  
„Neue Methoden der Technologiefürhauflklärung: Zur Verknüpfung von Content Analytics, Bibliometrie und Visualisierung“; 6. Internationales Symposium „Neue Technologien“ des BKA; Kurhaus Bad Cannstadt, 05.10.2016

Bantes, R.:  
„Future Technologies – to meet new operational requirements“, Panel-Beitrag, Berlin Security Conference 2016, Berlin, 29.11.2016

Chmel, S.:  
„Smuggling Radioactive Material – a Demonstration Exercise in the Framework of EU-project EDEN“, 11th Future Security 2016, Security Research Conference, Berlin, 13.09.2016

Grigoleit, S.:  
„From multifaceted information to coherent and well-founded suggestions for a land transport security research agenda: Proceedings and results of the FP7 project CARONTE“, 11th Future Security 2016, Security Research Conference, Berlin, 14.09.2016

Grüne, M., Pastuszka, H.-M.:  
„Technology Watch & Technology Foresight at EDA“, EDA's 4th Workshop on Technology Watch, European Defence Agency (EDA), Brüssel, 17.11.2016

Grüne, M., Pastuszka, H.-M., González Muñoz de Morales, G.:  
„Technology Watch Follow-On (TWFO): Technology Mapping and Foresight – Intermediate Project Report“, 3rd Workshop on Technology Watch, European Defence Agency (EDA), Brüssel, 12.04.2016

Höffgen, S.:  
„Radiation Tests on Optical Materials“, Radiation Test Workshop, Sevilla, Spanien, 31.03.2016

Jöster, M.:  
„Influence of Buildings on HPEM Vulnerability of IT Infrastructures“, 11th Future Security 2016, Security Research Conference, Berlin, 13.09.2016

John, M.:  
„Bibliometrics and information retrieval: Creating knowledge through research synergies“, Panel mit Bar-Ilan, J.; Koopman, R.; Wang, S.; Scharnhorst, A.; Mayr, P.; Wolfram, D., ASIS&T Annual Meeting (Association for Information Science and Technology), Kopenhagen, Dänemark, 14. - 18.10.2016

John, M.:  
„Cognitive Computing für die Technologiefürhauflklärung: Vom Hype zur realen Anwendung“, 7. Internationale Tagung des Netzwerks Technikfolgenabschätzung, Bonn, 16. - 18.11.2016

John, M.:  
„Quantitative Methoden der Zukunftsforschung am Beispiel der Bibliometrie“, Lehrgangsmodule „Methoden der Zukunftsanalyse“, FüAkBw Hamburg, 29.11.2016

Jovanović, M.:  
„Bibliometrische Analysen als Unterstützung der journalistischen Recherche“, im Rahmen des Seminars „Technik und wissenschaftlicher Wandel“ von Prof. Dr. Wiemken, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, 30.03.2016

Jovanović, M., Lieberz, D.:  
„Evolving Concept of Security (EvoCS) – Perceptions of popular security discourse in Europe“, TÜV Rheinland-Symposium, Köln, 10.05.2016

Jovanović, M.:  
„Bibliometrische Analysen als Unterstützung der journalistischen Recherche“, im Rahmen des Seminars „Technik und wissenschaftlicher Wandel“ von Prof. Dr. Wiemken, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, 12.05.2016

Jovanović, M.:  
„Bibliometrie und bibliometrische Analysen – Möglichkeiten und Grenzen“, Vernetzungsworkshop für Open-Access-Beauftragte und -Verantwortliche zu Bibliometrie/Altmetrik, ZB Med, Köln, 30.11.2016

Köble, T.:  
„Comparative testing of the MCA-527 and MCA-166“, Verification Technologies and Methodologies Working Group Meeting, Ispra, Italien, 30.11.2016

Köble, T., Weinand, U.:  
„Umsetzung von Normen in einem Forschungsinstitut – Sichere Lagerung radioaktiver Stoffe nach DIN 25422“, Jahrestagung 2016 Fachverband für Strahlenschutz e.V., Heringsdorf/ Usedom, 26.09.2016

Köble, T.:  
„Internationale Projekte mit Bezug zur Nuklearen Gefahrenabwehr – Erkenntnisse aus dem EU-Projekt EDEN“, 12. Informationsveranstaltung Nuklearspezifische Gefahrenabwehr, Berlin, 17.03.2016

Köble, T.:  
„Gefahren der missbräuchlichen Verwendung radioaktiver Stoffe und deren Abwehr“, Fortbildungsseminar für Mitarbeiter an Regionalen Strahlenschutzzentren 2016, Bad Münstereifel, 21.10.2016

Köble, T.:  
„Nachweis von radioaktiven und nuklearen Gefahren“, Fraunhofer-Fachveranstaltung „Neue Technologien für die Terrorismusabwehr“, Karlsruhe, 08.03.2016

Kuhnenn, J.:  
„Irradiation Tests on Optical Fibres: Lessons Learned and best practice“, ISROS 2016, Otwock, Polen, 06.06.2016

Kuhnenn, J.:  
„Gamma Radiation Tests of Radiation-Hardened Fiber Bragg Grating Based Sensors for Radiation Environments“, RADECS 2016, Bremen, 20.09.2016

Kuhnenn, J.:  
„Gamma Irradiation Test of Ge-Doped Single-Mode Optical Fiber at Cryogenic Conditions“, RADECS 2016, Bremen, 20.09.2016

Lanzrath, M.:  
„HPEM-Empfindlichkeit von intelligenten Stromzählern als Komponenten des Smart Grid“, EMV 2016, Düsseldorf, 23.02.2016

Lanzrath, M.:  
„HPEM Vulnerability of Substation Control Systems as Components of the Smart Grid“, 11th Future Security 2016 Security Research Conference, Berlin, 13.09.2016

Lauster, M.:  
„New Space und die Fraunhofer-Allianz Space“, Konferenzbeitrag, BMWi Bonn, 19.01.2016

Lauster, M.:  
Panel-Teilnahme „Zukunft der Forschung: Wie kann die Sicherheitsforschung der Gesellschaft dienen?“ Forschungsforum Öffentliche Sicherheit, Berlin, 13.04.2016

Lauster, M.:  
„Leben mit Technologien – Ausgewählte technologische Aspekte möglicher Zukünfte“ ein Beitrag im Rahmen des Seminars „Leben 4.0“ der Begabtenförderung der Konrad-Adenauer-Stiftung, Königswinter, 07.05.2016

Lauster, M.:  
„Langfristige Aspekte wehrwissenschaftlicher Forschung und Technologie“, Vortrag in der Strategieguppe des BMVg, Bonn, 19.05.2016

- Lauster, M.:  
„Fraunhofer-Allianz Space – Zwischen Projekten und Spitzentechnologien“, OHB-Tag, Oberpfaffenhofen, 22.06.2016
- Lauster, M.:  
„Raumfahrt 2040+, Ausgewählte Zukunftsaspekte der (deutschen) Raumfahrt“, Workshop RFM – Fraunhofer IMW – Fraunhofer INT, Oberkassel, 07.07.2016
- Lauster, M.:  
„Fraunhofer-Allianz Space – Angewandte Forschung für Europas Raumfahrt“, 1. BMVg-Workshop Weltraum, Euskirchen, 21.07.2016
- Lauster, M.:  
„New Space, Kleinsatelliten für militärische Anwendungen“, 1. BMVg-Workshop Weltraum, Euskirchen, 21.07.2016
- Lauster, M.:  
„Messung der Effizienz technologischer Forschungsprogramme mit Hilfe stochastischer Prozesse“, Euskirchen, 25.08.2016
- Lauster, M.:  
„Fraunhofer-Allianz Space und Fraunhofer INT“, Vortrag bei BDLI Berlin, 02.09.2016
- Lauster, M.:  
Leitung des Panels „Die Rolle von Trends für vorausschauendes und strategisches Handeln“ Planungsamt der Bundeswehr, Berlin, 22.09.2016
- Lauster, M.; Enderle, W.:  
„Sicherheit und Kritische Infrastrukturen“, INNOspace Fachtagung, Augsburg, 06.10.2016
- Lauster, M.:  
Langfristige technologische Trends mit wehrtechnischer Relevanz, Symposium „Forschung und Technologie für die Landstreitkräfte 2030+ – aus dem Labor in den Einsatz“, Freiburg, 11.10.2016
- Lauster, M.:  
„When Technologies Merge: NewSpace meets OldEarth“, AIRTEC Congress, München, 25.-27.10.2016
- Lauster, M.:  
„Technologische Trends und Veränderungsprozesse frühzeitig erkennen“, Symposium Weingarten, 09.11.2016
- Lauster, M.:  
„Vorstellung des INT; Fraunhofer-Allianz Space – Angewandte Forschung für Europas Raumfahrt“, 57. Treffen der Euskirchener Behördenleiter, Euskirchen, 16.11.2016
- Lauster, M.:  
Leitung der Arbeitsgruppe „Herausforderungen durch allgemeinen Technologiewandel und Konvergenz von Technologien“ beim 2.BMBF Agenda-Workshop „Zivile Sicherheit-Technologischer Wandel“, Berlin, 29.11.2016
- Lauster, M.:  
Podiumsteilnehmer „Grenzen der Forschung – Militär zwischen Innovation und Ethik“, Liberale Hochschulgruppe Niederrhein/ Friedrich-Naumann-Stiftung, Krefeld, 07.12.2016
- Metzger, S.:  
„Application of the FAIR Facility to Space Radiation Research“, TEC-EES Final Presentation Days, Noordwijk, Niederlande, 25.10.2016
- Metzger, S.:  
„Practical Aspects of TID Testing“, Vortrag beim RADHARD Symposium der Seibersdorf Laboratories, Seibersdorf, Österreich, 07.-08.06.2016
- Neupert, U.:  
„Disruptive Technology Assessment Gaming (DTAG) – ein militärisches Table-top-Game zur Technologiebewertung, Vortrag im Rahmen FüAkBw-Seminar-Moduls „Methoden der Zuka“, 30.11.2016
- Pastuszka, H.-M.:  
„Analyse der strukturellen Lage der Verteidigungsindustrie in Deutschland – Definition der Branche und Kennzahlen“, Abschlusspräsentation der Studie, BMWi Berlin, 10.02.2016
- Pastuszka, H.-M.:  
„Emerging technologies and long term technological trends impacting defence“, Panel Session „From Emerging to Critical Technologies“, EDA R&T Conference, Amsterdam, Niederlande, 25.04.2016
- Pastuszka, H.-M.:  
„Overarching Strategic Research Agenda and CapTech SRAs Harmonization (OSRA)“, Vortrag für EDA's R&T Points of Contact Meeting, EDA Brüssel, 06.10.2016
- Pastuszka, H.-M., mit Beiträgen Grüne, M., Huppertz, G., Neupert, U., Ruhlig, K.:  
„Wehrtechnische Zukunftsanalyse – Aspekte der Künstlichen Intelligenz“, Lehrgangsmodul „Methoden der Zukunftsanalyse“, FüAkBw Hamburg, 29.11.2016
- Pusch, Th.:  
„Generation dependence of ICT device IEMI vulnerability“, EUROEM 2016, London, 14.07.2016
- Reschke, S.:  
„Hack – What? The Brain, the Swarm, and We. Hack The Brain“, Waag Society, Amsterdam, Niederlande, 24.06.2016
- Reschke, S.:  
„Bioprinting: A Path to Beauty and Future Longevity?“ 4S/EASST CONFERENCE BARCELONA: Science and Technology by Other Means, Barcelona, Spanien, 02.09.2016
- Reschke, S.:  
„Human Performance Enhancement – Brief Overview on »Technologies«“, NATO JFTC (Joint Force Training Center), Bydgoszcz, Polen, 26.09.2016
- Reschke, S.:  
„Emerging technologies and long term technological trends impacting defence“, NATO JFTC (Joint Force Training Center), Bydgoszcz, Polen, 27.09.2016
- Risse, M.:  
„Technical challenges and operational constraints in the search equipment (Vans and Airborne)“, Technical Meeting on Radiation Detection Instruments for Nuclear Security: Current Status, Future Needs, and Improvements, Wien, Österreich, 05.04.2016
- Risse, M.:  
„Influence of the human factor on measurement results“, 57th Annual Meeting INMM, Atlanta, USA, 28.07.2016
- Schulte, A.J., Schirrmeister, E.:  
„Identifikation von Zukunftsforschungsfeldern für eine Forschungseinrichtung“, Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Berlin, 09.12.2016
- Schumann, O.:  
„The JCPOA – a victory of diplomacy“, Annual Meeting of the DPG and DPG Spring Meeting, Regensburg, 09.03.2016
- Suhrke, M.:  
„HPEM-Untersuchungen am Fraunhofer INT“, Nationale Arbeitsgruppe (NAG) HPEM 2016, Fraunhofer INT, Euskirchen, 07.06.2016

Suwelack K., Rodriguez Correa C., Esteves I., Kruse A.:  
 „Assessment of the Technical Feasibility of Activated Carbon Production from Hydrochar, Postervortrag“, Pyro 2016: 21. International Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis, Nancy – France, 09. - 12. 05. 2016

Suwelack K., Dostert N., Wüst D., Kruse A.:  
 „Economics of hydrothermal carbonization of biogas digestate in a hybrid AD-HTC plant“, 24th European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), Amsterdam, 06. - 09. 06. 2016

Suwelack K., Wüst D.:  
 „An approach to unify the appraisal framework for bio-refinery systems and first cuts to its application“, 24th European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), Amsterdam, 06. - 09. 06. 2016

Suwelack K., Wüst D., Kruse A.:  
 „Hydrothermal Carbonization – A mathematical approach and its statistical application for the prediction of mass yields, energy content and degree of carbonization by process severity“, 24th European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), Amsterdam, 06. - 09. 06. 2016

Walther, G.:  
 „What we have learned from major bio-chem terrorism events such as the Anthrax letter and the Aum Shinrikyo case“, NATO Advanced Research Workshop „The Risk of Skilled Scientist Radicalization and Emerging Biological Warfare Threats“, Como, 01.12. 2016

**Publikationen**

Adami, Christian; Jörres, Benjamin; Jöster, Michael; Pusch, Thorsten; Suhrke, Michael; Taenzer, Achim:  
 Generation dependence of ICT device IEMI vulnerability: Paper presented at EUROEM 2016, European Electromagnetics Symposium, 11 - 14 July 2016, London (European Electromagnetics Symposium (EUROEM) <21, 2016, London>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4324101

Bantes, René; John, Marcus:  
 Cognitive Computing für die Technologiefrühaufklärung: Vom Hype zur realen Anwendung (Internationale Tagung des Netzwerks Technikfolgenabschätzung (NTA) <7, 2016, Bonn>) In: European Academy of Technology and Innovation Assessment: 7. NTA-Konferenz „Grand Challenges“ meistern – der Beitrag der Technikfolgenabschätzung 2016: Abstracts, 16. - 18.11. 2016, Bonn. Bad Neuenahr-Ahrweiler, 2016, pp. 31-32, URN urn:nbn:de:0011-n-4324061

Bantes, René; John, Marcus:  
 Neue Methoden der Technologiefrühaufklärung: Zur Verknüpfung von Contents Analytics, Bibliometrie und Visualisierung: Paper präsentiert beim 6. Internationalen Symposium „Neue Technologien“, 05.-06. Oktober 2016, Stuttgart-Bad Cannstatt, Deutschland (Internationales Symposium „Neue Technologien“ <6, 2016, Bad Cannstatt>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4324078

Bar-Ilan, Judit; Koopman, Rob; Wang, Shenghui; Scharnhorst, Andrea; John, Marcus; Mayr, Philipp; Wolfram, Dietmar:  
 Bibliometrics and information retrieval: Creating knowledge through research synergies (Association for Information Science and Technology (ASIS&T Annual Meeting) <79, 2016, Copenhagen>), Online im WWW, 2016

Burbiel, Joachim; Grigoleit, Sonja:  
 From multifaceted information to coherent and well-founded suggestions for a land transport security research agenda: Proceedings and results of the FP7 project CARONTE (Security Research Conference „Future Security“ <11, 2016, Berlin>) In: Ambacher, Oliver (Ed.) et al.: Security Research Conference. 11th Future Security: Berlin, September 13 - 14, 2016. Proceedings. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag, 2016, pp. 195-202, URN urn:nbn:de:0011-n-4174191

Burbiel, Joachim; Grigoleit, Sonja; Kochsiek, Joachim:  
 Deliverable 6.1 – Public part: Assessment of existing and possible approaches and solutions, Euskirchen, 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-3826589

Burbiel, Joachim; Grigoleit, Sonja; Ghazel, Mohamed:  
 Deliverable 6.2 – Public part: Research agenda for security issues in land transport, Euskirchen, 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4324085

Chmel, Sebastian; Friedrich, Hermann; Glabian, Jeannette; Köble, Theo; Risse, Monika; Ossowski, Stefan; Schumann, Olaf; Dominicis, Luigi de; Palucci, Antonio; Hetterley, Colin; Jordan, Derek:  
 Smuggling radioactive material – a demonstration exercise in the framework of EU-project EDEN (Security Research Conference „Future Security“ <11, 2016, Berlin>) In: Ambacher, Oliver (Ed.) et al.: Security Research Conference. 11th Future Security: Berlin, September 13 - 14, 2016. Proceedings. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag, 2016, pp. 41-45, URN urn:nbn:de:0011-n-4174205

D’Haen, Jeroen; Poel, Dirk van den; Thorleuchter, Dirk; Benoit, Dries F.:  
 Integrating expert knowledge and multilingual web crawling data in a lead qualification system In: Decision Support Systems, Vol.82 (2016), pp. 69-78 DOI 10.1016/j.dss.2015.12.002

Freudendahl, Diana:  
Biokunststoffe  
In: Europäische Sicherheit & Technik : ES & T, Vol.65 (2016), No.7, pp.61

Freudendahl, Diana:  
Carbon capture and usage  
In: Europäische Sicherheit & Technik : ES & T, Vol.65 (2016), No.12, pp.123

Freudendahl, Diana; Reschke, Stefan; Langner, Ramona:  
Werkstofftrends: Dreidimensionale Graphen-Netzwerke  
In: Werkstoffe in der Fertigung, (2016), No.3, pp.3

Freudendahl, Diana; Reschke, Stefan; Langner, Ramona:  
Werkstofftrends: Lignin  
In: Werkstoffe in der Fertigung, (2016), No.5, pp.3

Freudendahl, Diana; Reschke, Stefan; Langner, Ramona:  
Werkstofftrends: Poröse Flüssigkeiten  
In: Werkstoffe in der Fertigung, (2016), No.6, pp.3

Gaur, Aakanksha; Ferro, Enrico; Rodriguez, Nuria;  
Grigoleit, Sonja:  
Deliverable D2.1 – Societal and public sector needs analysis: WP2 – Identification of public sector trends and needs Euskirchen, 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4260621

Grigoleit, Sonja:  
Personal air vehicles  
In: Europäische Sicherheit & Technik : ES & T, Vol.65 (2016), No.4, pp.66

Grigoleit, Sonja; Rodriguez, Nuria; Markaki, Ourania;  
Ferro, Enrico:  
Periodic dissemination report, Brussels: European Commission, 2016

Höffgen, Stefan; Kuhnhenh, Jochen:  
Radiation tests on optical materials: Presentation held at Radiation Test Workshop 2016, Seville, Spain, March 31 – April 1, 2016, (Radiation Test Workshop <2016, Seville>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4351038

Huppertz, Guido:  
Roboter-Schwärme  
In: Europäische Sicherheit & Technik : ES & T, Vol.65 (2016), No.8, pp.88

Ivanovic, Dragan; Jovanović, Miloš; Fritsche, Frank:  
Analysis of scientific productivity and cooperation in the republics of former Yugoslavia before, during and after the Yugoslav wars  
In: Scientometrics, Vol.107 (2016), No.2, pp.499-519, DOI 10.1007/s11192-016-1853-1

John, Marcus:  
Computerbasiertes Hochdurchsatz-Screening von Werkstoffen  
In: Europäische Sicherheit & Technik : ES & T, Vol.65 (2016), No.10, pp.90

Jöster, Michael; Bausen, André; Pohlenz, Stefan; Pusch, Thorsten; Schaarschmidt, Martin; Suhrke, Michael:  
Influence of buildings on HPEM vulnerability of it infrastructures (Security Research Conference „Future Security“ <11, 2016, Berlin>)  
In: Ambacher, Oliver (Ed.) et al.: Security Research Conference. 11th Future Security: Berlin, September 13-14, 2016. Proceedings. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag, 2016, pp. 131-138, URN urn:nbn:de:0011-n-4174176

Jovanović, Miloš; Sweijs, Tim; Chmutina, Ksenia; Vietti, Francesca; Tibaldeo, Roberto Franzini; Burbiel, Joachim; Boshier, Lee; Dainty, Andrew:  
Non-traditional transnational security challenges in Serbian, British and Dutch security discourses: A cross-country comparison  
In: Masys, Anthony J. (Ed.): Exploring the Security Landscape: Non-Traditional Security Challenges. Cham: Springer International Publishing, 2016. (Advanced Sciences and Technologies for Security Applications), pp. 9-29, DOI 10.1007/978-3-319-27914-5\_2

Köble, Theo; Friedrich, Hermann; Risse, Monika; Berky, Wolfram; Schumann, Olaf:  
Comparison of dose rate measurements of commercially available hand-held gamma detectors: Poster presented at 14th International Congress of the International Radiation Protection Association, IRPA 2016, May 9-13, 2016, Cape Town, South Africa, (International Radiation Protection Association (IRPA International Congress) <14, 2016, Cape Town>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4324864

Köble, Theo; Friedrich, Hermann:  
Comparison of dose rate measurements of commercially available hand-held gamma detectors with radiation protection dose meter: Paper presented at 14th International Congress of the International Radiation Protection Association, IRPA 2016, May 9-13, 2016, Cape Town, South Africa (International Radiation Protection Association (IRPA International Congress) <14, 2016, Cape Town>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4324858

Köble, Theo; Weinand, Udo:  
Umsetzung von Normen in einem Forschungsinstitut – Sichere Aufbewahrung und Lagerung radioaktiver Stoffe nach DIN 25422 (Fachverbände für Strahlenschutz (Jahrestagung) <50, 2016, Heringsdorf / Usedom>)  
In: Bucher, Benno (Ed.): Strahlenschutz für Mensch und Umwelt – 50 Jahre Kompetenz im Fachverband: Jahrestagung 2016, 25. - 30. September 2016, Heringsdorf, Usedom. Linkenheim-Hochstetten, 2016, pp. 68-73, URN urn:nbn:de:0011-n-4324848

Kohlhoff, Jürgen:  
Smart Home  
In: Europäische Sicherheit & Technik: ES & T, Vol.65 (2016), No.2, pp.63

Kollmann, Martin; Schmidt, Rovenna; Heuer, Carsten M.; Schachtner, J.:  
Variations on a theme: Antennal lobe architecture across Coleoptera  
In: PLoS one. Online journal, Vol.11 (2016), No.12, Art. e0166253, 27 pp., DOI 10.1371/journal.pone.0166253

Langner, Ramona:  
Triboelektrische Nanogeneratoren  
In: Europäische Sicherheit & Technik: ES & T, Vol.65 (2016), No.9, pp.100

Langner, Ramona; Reschke, Stefan; Freudendahl, Diana:  
Werkstofftrends: Architected materials  
In: Werkstoffe in der Fertigung, (2016), No.4, pp.3

Lanzrath, Marian; Suhrke, Michael; Pusch, Thorsten; Adami, Christian; Jöster, Michael:  
HPEM vulnerability of substation control systems as components of the Smart Grid (Security Research Conference „Future Security“ <11, 2016, Berlin>  
In: Ambacher, Oliver (Ed.) et al.: Security Research Conference. 11th Future Security: Berlin, September 13-14, 2016. Proceedings. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag, 2016, pp. 123-130, URN urn:nbn:de:0011-n-4174181

Lanzrath, Marian; Pusch, Thorsten; Jöster, Michael; Suhrke, Michael:  
HPEM-Empfindlichkeit von intelligenten Stromzählern als Komponenten des Smart Grid (Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) <2016, Düsseldorf>  
In: Garbe, Heyno (Ed.): EMV 2016, Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit: Düsseldorf, 23.-25.02.2016. Aachen: Apprimus Verlag, 2016, pp. 11-18, URN urn:nbn:de:0011-n-3995514

Loosen, Thomas (Ed.); Schulz, Birgit (Ed.):  
Fraunhofer-Institute for Technological Trend Analysis. Annual Report 2015, Euskirchen: Fraunhofer INT, 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4152776

Loosen, Thomas (Red.):  
Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen. Jahresbericht 2015, Euskirchen: Fraunhofer INT, 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4048181

Markaki, Ourania; Koussouris, Sotirios; Lampathaki, Fenareti; Michalitsi, Ariadni; Gaur, Aakanksha; Grigoleit, Sonja:  
Deliverable D3.1 – SONNETS innovation identification framework for the public sector: WP3 – Identification of emerging technologies and innovation identification framework Euskirchen, 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4265171

Masiteng, P.L.; Pasternak, A.A.; Lawrie, E.A.; Shirinda, O.; Lawrie, J.J.; Bark, R.A.; Bvumbi, S.P.; Kheswa, N.Y.; Lindsay, R.; Lieder, E.O.; Lieder, R.M.; Madiba, T.E.; Mullins, S.M.; Murray, S.H.T.; Ndayishimye, J.; Ntshangase, S.S.; Papka, P.; Sharpey-Schafer, J.F.:  
DSAM lifetime measurements for the chiral bands in 194Tl (International School on Nuclear Physics and Applications <21, 2015, Varna>  
In: Journal of physics. Conference series, Vol.724 (2016), No.1, Art. 012028, 6 pp., DOI 10.1088/1742-6596/724/1/012028, URN urn:nbn:de:0011-n-4105084

Masiteng, P.L.; Pasternak, A.A.; Lawrie, E.A.; Shirinda, O.; Lawrie, J.J.; Bark, R.A.; Bvumbi, S.P.; Kheswa, N.Y.; Lindsay, R.; Lieder, E.O.; Lieder, R.M.; Madiba, T.E.; Mullins, S.M.; Murray, S.H.T.; Ndayishimye, J.; Ntshangase, S.S.; Papka, P.; Sharpey-Schafer, J.F.:  
DSAM lifetime measurements for the chiral pair in 194Tl  
In: The European physical journal. A, Hadrons and nuclei, Vol.52 (2016), No.2, Art. 28, 6 pp., DOI 10.1140/epja/i2016-16028-y

Morana, Adriana; Girard, Silvain; Marin, Emmanuel; Perisse, Jocelyn; Genot, Jean S.; Kuhnhenh, Jochen; Grelin, Jerome; Hutter, Lukasz; Melin, Gilles; Lablonde, Laurent; Robin, Thierry; Cadier, Benoit; Mace, Jean-Reynald; Boukenter, Aziz; Ouerdane, Youcef:  
Radiation-hardened fiber bragg grating based sensors for harsh environments  
In: IEEE Transactions on Nuclear Science, (2016), Online First, 6 pp., DOI 10.1109/TNS.2016.2621165

Nag, Somnath; Singh, A.K.; Hagemann, G.B.; Sletten, G.; Herskind, B.; Dossing, T.; Ragnarsson, I.; Hübel, H.; Bürger, A.; Chmel, Sebastian; Wilson, A.N.; Rogers, J.; Carpenter, M.P.; Janssens, R.V.F.; Khoo, T.L.; Kondev, F.G.; Lauritsen, T.; Zhu, S.; Korichi, A.; Stefanova, E.A.; Fallon, P.; Nyako, B.M.; Timar, J.; Juhasz, K.:  
Observation of high-spin bands with large moments of inertia in Xe124  
In: Physical Review. C, Vol.94 (2016), No.3, Art. 034307, 10 pp., DOI https://doi.org/10.1103/PhysRevC.94.034307

Offenberg, David:  
Digitale holografische 3D-Displays  
In: Europäische Sicherheit & Technik: ES & T, Vol.65 (2016), No.1, pp.64

Reschke, Stefan:  
Industrie 4.0  
In: Europäische Sicherheit & Technik: ES & T, Vol.65 (2016), No.5, pp.85

Reschke, Stefan; Langner, Ramona; Freudendahl, Diana:  
Werkstofftrends: 3D-Druckverfahren in der regenerativen Medizin  
In: Werkstoffe in der Fertigung, (2016), No.1, pp.3

Reschke, Stefan; Langner, Ramona; Freudendahl, Diana:  
Werkstofftrends: Elektrochrome Energiespeicher  
In: Werkstoffe in der Fertigung, (2016), No.2, pp.3

Risse, Monika; Berky, Wolfram; Chmel, Sebastian; Friedrich, Hermann; Fuss, Giesela; Glabian, Jeannette; Köble, Theo; Rosenstock, Wolfgang; Schumann, Olaf; Kronholz, H.-L.:  
Influence of the human factor on measurement results: Paper presented at INMM 2016, 57th Annual Meeting Institute of Nuclear Materials Management, 2016, Atlanta, USA (Institute of Nuclear Materials Management (INMM Annual Meeting) <57, 2016, Atlanta/Ga.>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4324875

Risse, Monika:  
Technical challenges and operational constraints in the search equipment (Vans and Airborne): Presentation held at Technical Meeting on Radiation Detection Instruments for Nuclear Security: Current Status, Future Needs, and Improvements 2016, Vienna, Austria (Technical Meeting on Radiation Detection Instruments for Nuclear Security – Current Status, Future Needs, and Improvements <2016, Vienna>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-3995569

Rodriguez Correa, Catalina; Suwelack, Kay; Kruse, Andrea:  
Assessment of the technical feasibility of activated carbon production from hydrochar: Poster presented at 21st International Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis, Nancy, France, May 9-12, 2016 (International Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis <21, 2016, Nancy>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-3995509

Ruhlig, Klaus:  
Post-Quantum-Kryptografie  
In: Europäische Sicherheit & Technik : ES & T, Vol.65 (2016), No.6, pp.64

Saloot, Mohammad Arshi; Idris, Norisma; Mahmud, Rohana; Ja'afar, Salinah; Thorleuchter, Dirk; Gani, Abdullah:  
Hadith data mining and classification: A comparative analysis  
In: Artificial Intelligence Review, Vol.46 (2016), No.1, pp.113-128, DOI 10.1007/s10462-016-9458-x

Saloot, Mohammad Arshi; Idris, Norisma; Aw, AiTi; Thorleuchter, Dirk:  
Twitter corpus creation: The case of a Malay Chat-style-text Corpus (MCC)  
In: Digital Scholarship in the Humanities: DSH, Vol.31 (2016), No.2, pp.227-243, DOI 10.1093/llc/fqu066

Schirmeister, Elna; Teufel, Benjamin; Schulte, Anna Julia; Notthoff, Claudia; Ardilio, Antonino; Le, Nguyen-Truong; Seidel, Katja; Behlau, Lothar:  
Identifikation von Zukunftsforschungsfeldern für eine Forschungseinrichtung (Symposium für Vorausschau und Technologieplanung <12, 2016, Berlin>)  
In: Gausemeier, Jürgen: Vorausschau und Technologieplanung: 12. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 8. und 9. Dezember 2016, Berlin. Paderborn: HNI, 2016 (HNI-Verlagsschriftenreihe 360), pp. 337-357

Steffens, Michael; Hepp, Felicitas; Höffgen, Stefan Klaus; Krzikalla, Phillip; Metzger, Stefan; Pellowski, Frank; Santin, Giovanni; Tiedemann, Lars; Tighe, Adrian; Weinand, Udo:  
Characterization of novel lightweight radiation shielding materials for space applications: Poster presented at European Conference on RADiation Effects on Components and Systems, RADECS 2016, Bremen, September 19-23, 2016 (European Conference on RADiation Effects on Components and Systems (RADECS) <2016, Bremen>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4357420

Steffens, Michael; Vianden, Reiner; Pasquevich, Alberto F.: Growth of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by furnace oxidation of GaN studied by perturbed angular correlations (International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE) <2016, Leuven>)  
In: Hyperfine interactions, Vol.237 (2016), No.1, Art. 117, DOI 10.1007/s10751-016-1326-1

Steffens, Michael; Vianden, Reiner; Pasquevich, Alberto F.: Growth of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by furnace oxidation of GaN studied by perturbed angular correlations: Poster presented at International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications, HYPERFINE 2016, Leuven, Belgium, July 3-8, 2016 (International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE) <2016, Leuven>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4351435

Suwelack, Kay; Wüst, Dominik:  
An approach to unify the appraisal framework for biorefinery systems and first cuts to its application: Poster presented at 24th European Biomass Conference and Exhibition, EUBCE 2016, Amsterdam (European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE) <24, 2016, Amsterdam>), 2016, DOI 10.13140/RG.2.1.1838.5525, URN urn:nbn:de:0011-n-3995529

Suwelack, Kay; Dostert, Nadim; Wüst, Dominik; Kruse, Andrea:  
Economics of hydrothermal carbonization of biogas digestate in a hybrid AD-HTC plant: Paper presented at 24th European Biomass Conference and Exhibition, EUBCE 2016, Amsterdam, June 6-9, 2016 (European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE) <24, 2016, Amsterdam>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-3995545

Suwelack, Kay; Wüst, Dominik; Kruse, Andrea:  
Hydrothermal carbonization – a mathematical approach and its statistical application for the prediction of mass yields, energy content and degree of carbonization by process severity: Poster presented at 24th European Biomass Conference and Exhibition, EUBCE 2016, Amsterdam (European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE) <24, 2016, Amsterdam>), 2016, URN urn:nbn:de:0011-n-4105076

Suwelack, Kay; Wüst, Dominik; Zeller, Meret; Kruse, Andrea; Krümpel, Johannes:  
Hydrothermal carbonization of wheat straw – prediction of product mass yields and degree of carbonization by severity parameter  
In: Biomass conversion and biorefinery, Vol.6 (2016), No.3, pp.347-354, DOI 10.1007/s13399-015-0192-4

Suwelack, Kay; Wüst, Dominik; Fleischmann, Philipp; Kruse, Andrea:  
Prediction of gaseous, liquid and solid mass yields from hydrothermal carbonization of biogas digestate by severity parameter  
In: Biomass conversion and biorefinery, Vol.6 (2016), No.2, pp.151-160, DOI 10.1007/s13399-015-0172-8

Suwelack, Kay:  
A unified appraisal framework for the assessment of biorefinery technologies: An approach and first steps to application: Cumulative Dissertation Submitted in fulfillment of the requirements for the degree „Doktor der Agrarwissenschaften“ (Dr.sc.agr. / PhD in Agricultural Science) to the Faculty of Agricultural Sciences Presented by Kay Suwelack Hohenheim, Univ., Diss., 2016

Thorleuchter, Dirk; Poel, Dirk van den:  
Identification of interdisciplinary ideas  
In: Information processing and management, Vol.52 (2016), No.6, pp.1074-1085, DOI 10.1016/j.ipm.2016.04.010

Toccafonde, Iacopo; Marin, Yisbel E.; Guillermain, Elisa; Kuhnenn, Jochen; Mekki, Julien; Brugger, Markus; Pasquale, Fabrizio di:  
Distributed optical fiber radiation sensing in a mixed-field radiation environment at CERN  
In: Journal of Lightwave Technology, (2016), Online First, 7 pp., DOI 10.1109/JLT.2016.2608849

Wiemken, Uwe:  
Charakteristika des Kriegsbildes (besser Konfliktbildes)  
Euskirchen: Fraunhofer INT, 2016 (Diskurs Technik und gesellschaftlicher Wandel), URN urn:nbn:de:0011-n-3938567

Wiemken, Uwe:  
Was ist uns „Sicherheit“ wert – und Sicherheit wovor?: Über die Sicherheit des Bürgers im Alltag, Euskirchen: Fraunhofer INT, 2016 (Diskurs Technik und gesellschaftlicher Wandel), URN urn:nbn:de:0011-n-4189854

Wirtz, Harald:  
Strategisches Nachhaltigkeitsmanagement in Forschungsorganisationen, Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, 2016, ISBN 978-3-8487-3380-4 ISBN 978-3-8452-7700-4, ISBN 3-8487-3380-3 DOI 10.5771/9783845277004-1

**Sonstige Berichte**

Clemens, P., Kündgen, T., Lennartz, W., Metzger, S., Ruge, S., Steffens, M.:

Poster „Comprehensive Radiation Characterization of Digital Isolators“, RADECS 2016, Bremen

Heuer, C., Neupert, U., Pastuszka, H.-M., Thorleuchter, D.:  
„Analyse der EDA FuT-Arbeit“, BMVg A II 6, August 2016

Höffgen, S.:  
„ESA-FAIR Final Report“

Höffgen, S., Metzger, S.:  
Poster „Application of GeV Protons for Radiation Effects Testing at COSY“, RADECS 2016, Bremen

Höffgen, S., Metzger, S., Steffens, M., Weinand, U.:  
Poster „Characterization of Novel Lightweight Radiation Shielding Materials for Space Applications“, RADECS 2016, Bremen

Steffens, M.:  
Poster „Growth of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by furnace oxidation of GaN studied by perturbed angular correlations“, Hyperfine 2016, Leuven, Belgien

**Personalia**

NATO STO 2016 Scientific Achievement Award für die Arbeit in der SCI-250 Task Group Radio Frequency Directed Energy Weapons in Tactical Scenarios

**Sonstige Veranstaltungen**

19. 01. 2016  
WTV-Workshop der Ausgabe 2015-4 mit BMVg, BAAINBw, PlgABw, MilOrgBer, Fraunhofer INT, Euskirchen

23. - 25. 02. 2016  
Messestand: DWT Verteidigung, Bonn

24. 02. 2016  
Informationsbesuch Direktorium Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)

08. 03. 2016  
Vorführung DeGeN Messfahrzeug auf Fraunhofer-Fachveranstaltung Neue Technologien für die Terrorismusabwehr, Karlsruhe

15. 03. 2016  
Veranstaltung Runder Tisch Verteidigungs- und Sicherheitsforschung 2016, Fraunhofer INT, Euskirchen

23. 03. 2016  
Informationsbesuch Direktorin Fraunhofer CeRRI

12. 04. 2016  
WTV-Workshop zur Ausgabe 2016-1 mit BMVg, BAAINBw, PlgABw, MilOrgBer, Fraunhofer INT, Euskirchen

13. 04. 2016  
Messestand: DLR Bauteilekonferenz, Köln

31. 05. - 05. 06. 2016  
Messestand: ILA 2016, Berlin

07. - 08. 06. 2016  
Tagung Nationale Arbeitsgruppe (NAG) HPEM 2016, Fraunhofer INT, Euskirchen

09. 06. 2016  
WTV-Workshop der Ausgabe 2016-2 mit BMVg, BAAINBw, PlgABw, MilOrgBer, Fraunhofer INT, Euskirchen

22. 06. 2016  
Messestand: OHB Technologietag, Oberpfaffenhofen

28. - 29. 06. 2016  
DWT/Fraunhofer ICT-Veranstaltung „Streitkräfte und Energiebedarf – Potentiale und Perspektiven“, Bad Godesberg

21. 07. 2016  
Workshop Weltraumthemen mit BMVg, BAAINBw, BDSV, DLR, Fraunhofer-Allianz Space, Fraunhofer INT, Euskirchen

19. - 23. 09. 2016  
Messestand: RADECS 2016, Bremen

20. 09. 2016  
Technology Foresight Exercise „Really Autonomous Systems“ mit EDA CapTech-Moderatoren, EEAS und TNO, Brüssel, im Rahmen des TWFO-Projekts (Grüne, M., Huppertz, G., Pastuszka, H.-M., Ruhlig, K.)

23. 09. 2016  
Veranstaltung „Quo Vadis?“ zur Studien- und Berufsberatung an der Marienschule, Euskirchen

04. 10. 2016  
Kooperationsgespräche mit Isdefe (Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España S.A.), Fraunhofer INT, Euskirchen

18. 10. 2016  
Technology Foresight Exercise „Materials 2050“ mit EDA CapTech Materials, Brüssel, im Rahmen des TWFO-Projekts (Brandt, H., Grüne, M., Langner, R., Pastuszka, H.-M.)

18. - 21.10. 2016

Messestand: ICSO 2016, Biarritz, Frankreich

14. - 15. 11. 2016

SCRUM-Workshop „SRA Update CapTech Information“ mit TNO, FOI und Isdefe, Den Haag, im Rahmen des OSRA-Projekts (Heuer, C., Pastuszka, H.-M., Ruhlig, K.)

### Pressemitteilungen

Fraunhofer Technologietag bei der OHB System AG – Memorandum of Understanding unterzeichnet, 22. 06. 2016

Airbus Defence and Space, OHB System AG and Fraunhofer INT organize RADECS 2016, the European conference on space radiation effects in Bremen, Germany, 13. 09. 2016

### Institutsseminar

Baaken, T. (FH Münster):  
Forschungsmarketing: Communication is Shouting – Marketing is Listening, Euskirchen, 13. 01. 2016

Sauer, J. (Zentrum für Verifikationsaufgaben der Bundeswehr):  
Die Integrated Field Exercise (IFE14) der Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Organisation (CTBTO), Euskirchen, 20. 01. 2016

Wolpers, M. (Fraunhofer FIT):  
Aus- und Weiterbildung im Kontext der Industrie 4.0 „(R)evolution“, Euskirchen, 27. 01. 2016

Schumann, O., Weinand, U. (Fraunhofer INT):  
Bestrahlungstests an optischen Fasern bei sehr tiefen Temperaturen, Euskirchen, 24. 02. 2016

Höffgen, S. (Fraunhofer INT):  
Single Event Effects, Euskirchen, 02. 03. 2016

Wiemken, U. (Fraunhofer INT):  
7 Thesen zum Weißbuch 2016, Euskirchen, 09. 03. 2016

Michael, K. (BBK Bonn):  
Rahmenkonzeption für den CBRN-Schutz, Euskirchen, 06. 04. 2016

Köller, C. (Görgen & Köller GmbH):  
Enabling Innovation – vom Forschungsergebnis zur Innovation, Euskirchen, 27. 04. 2016

Prof. Dr. Paul Hoyningen-Huene, P. (Leibniz-Universität Hannover, Universität Zürich):  
Zur Beziehung zwischen Vorhersagen und Erklärungen, Euskirchen, 11. 05. 2016

Walther, G. (Fraunhofer INT):  
Biological Weapons, Bioterrorism and Life Science Research: Towards the Twilight of Man?, Euskirchen, 18. 05. 2016

Huppertz, G. (Fraunhofer INT):  
Unmanned Combat Aerial Vehicle – Konzepte und Entwicklungen, Euskirchen, 25. 05. 2016

Risse, M. (Fraunhofer INT):  
Radioaktiven Quellen auf der Spur. Projekt EDEN: Demonstration von Tools in Frascati, Euskirchen, 08. 06. 2016

Kretschmer, T. (Fraunhofer INT):  
Klimawandel – Folgen, Szenarien und Strategien, Euskirchen, 22. 06. 2016

Grunwald, A. (ITAS, KIT Karlsruhe):  
Wissenschaftliche Zukunftsforschung als Politikberatung – Möglichkeiten und Grenzen, Euskirchen, 24. 08. 2016

Moßgraber, J. (Fraunhofer IOSB):  
„Integrierte Sensordaten, Simulationen und Lagevisualisierung zur Entscheidungsunterstützung“ (– an den Beispielen Schutz kritischer Infrastrukturen und Sicherheit im Fußball – unter Nutzung von WebGenesis), Euskirchen, 31. 08. 2016

Leopold, F. (Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis, ISL):  
Trends bei der Entwicklung von Lenkmunition, Euskirchen, 05. 10. 2016

Stübing, D. (Fraunhofer IFAM):  
Green antifouling – umweltfreundliche Bewuchsschutz-Strategien für den maritimen Bereich, Euskirchen, 02. 11. 2016

Reschke, S. (Fraunhofer INT):  
Bioprinting, beauty, and future longevity, Euskirchen, 09. 11. 2016

Rosiwal, S. (FAU Erlangen):

Herstellung und Anwendungspotential von kristallinen CVD  
Diamantschichten: Tribologie – Wasserreinigung – Energie-  
speicherung – Stromerzeugung, Euskirchen, 16. 11. 2016

Jovanović, M. (Fraunhofer INT):

Das FP7-Projekt EvoCS: Ergebnisse und Erfahrungen, Euskirchen,  
23. 11. 2016

Hansen-Casteel, S. (Fraunhofer INT/RWTH Aachen-LTVS):

Dissertation Technologieakzeptanz, Euskirchen, 30. 11. 2016

Scharnhorst, A. (Royal Netherlands Academy of Arts

and Sciences, Data Archiving and Networked Services):

Wie können Wissenschaftskarten zur Suche in grossen

Informationsräumen eingesetzt werden, Euskirchen,

07. 12. 2016

# ARBEITSGEBIETE UND ANSPRECHPARTNER



## INSTITUTSLEITUNG

### Leitung

Prof. Dr. Dr. Michael Lauster  
Telefon +49 2251 18-117 / -217  
Fax +49 2251 18-327  
michael.lauster@int.fraunhofer.de

### Stellvertretung

Dr. Stefan Metzger  
Telefon +49 2251 18-214  
stefan.metzger@int.fraunhofer.de

### Kaufmännische Leitung

Prof. Dr. Harald Wirtz  
Telefon +49 2251 18-237  
harald.wirtz@int.fraunhofer.de

## ABTEILUNG BETRIEBSWIRTSCHAFT UND ZENTRALE DIENSTE (BZD)

### Leitung

Prof. Dr. Harald Wirtz  
Telefon +49 2251 18-237  
harald.wirtz@int.fraunhofer.de

### Stellvertretung

Sabrina Langemann  
Telefon +49 2251 18-226  
sabrina.langemann@int.fraunhofer.de

Udo Rector  
Telefon +49 2251 18-270  
udo.rector@int.fraunhofer.de

## ABTEILUNG TECHNOLOGIEANALYSEN UND STRATEGISCHE PLANUNG (TASP)

### Leitung

Dr. René Bantes  
Telefon +49 2251 18-185  
rene.bantes@int.fraunhofer.de

### Stellvertretung

Hans-Martin Pastuszka  
Telefon +49 2251 18-298  
hans-martin.pastuszka@int.fraunhofer.de

## ABTEILUNG NUKLEARE UND ELEKTRO- MAGNETISCHE EFFEKTE (NE)

### Leitung

Dr. Stefan Metzger  
Telefon +49 2251 18-214  
stefan.metzger@int.fraunhofer.de

### Stellvertretung

Dr. Michael Suhrke  
Telefon +49 2251 18-302  
michael.suhrke@int.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD

**WEHRTECHNISCHE  
ZUKUNFTSANALYSE**

Hans-Martin Pastuszka  
Telefon +49 2251 18-298  
hans-martin.pastuszka@int.fraunhofer.de

Dr. Ulrik Neupert  
Telefon +49 2251 18-224  
ulrik.neupert@int.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD

**CORPORATE TECHNOLOGY  
FORESIGHT**

Dr. Martin Brüchert  
Telefon +49 2251 18-229  
martin.bruechert@int.fraunhofer.de

Dr. Kay Suwelack  
Telefon +49 2251 18-340  
kay.uwe.suwelack@int.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD

**NUKLEARE SICHERHEITSPOLITIK  
UND DETEKTIONSVERFAHREN**

Dr. Theo Köble  
Telefon +49 2251 18-271  
theo.koeble@int.fraunhofer.de

Dr. Monika Risse  
Telefon +49 2251 18-253  
monika.risse@int.fraunhofer.de

WEITERE ANSPRECHPARTNER

**Presse- und Öffentlichkeitsarbeit**

Thomas Loosen  
Telefon +49 2251 18-308  
thomas.loosen@int.fraunhofer.de

**Bibliotheks- und Fachinformationsdienste**

Siegrid Hecht-Veenhuis  
Telefon +49 2251 18-233  
siegrid.hecht-veenhuis@int.fraunhofer.de

**Stabsstelle Methodik und Ausbildung**

Dr. Birgit Weimert  
Telefon +49 2251 18-307  
birgit.weimert@int.fraunhofer.de

**Zentrale Informationstechnik  
und Informationssicherheit**

Udo Rector  
Telefon +49 2251 18-270  
udo.rector@int.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD

**ÖFFENTLICHE TECHNOLOGIE- UND  
INNOVATIONSPLANUNG**

Dr. Merle Missoweit  
Telefon +49 2251 18-315  
merle.missoweit@int.fraunhofer.de

Isabelle Linde-Frech  
Telefon +49 2251 18-367  
isabelle.linde-frech@int.fraunhofer.de

STRATEGISCHES PROJEKT

**TOOLS UND METHODEN**

Dr. Miloš Jovanović  
Telefon +49 2251 18-265  
milos.jovanovic@int.fraunhofer.de

Dr. Silke Römer  
Telefon +49 2251 18-313  
silke.roemer@int.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD

**ELEKTROMAGNETISCHE EFFEKTE  
UND BEDROHUNGEN**

Dr. Michael Suhrke  
Telefon +49 2251 18-302  
michael.suhrke@int.fraunhofer.de

Michael Jöster  
Telefon +49 2251 18-258  
michael.joester@int.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELD

**NUKLEARE EFFEKTE IN ELEKTRONIK  
UND OPTIK**

Dr. Jochen Kuhnenn  
Telefon +49 2251 18-200  
jochen.kuhnenn@int.fraunhofer.de

Dr. Stefan Höffgen  
Telefon +49 2251 18-301  
stefan.hoeffgen@int.fraunhofer.de

# ANFAHRT

## Auto

Autobahn A1, Ausfahrt 110 »Euskirchen«  
oder Autobahn A61, Ausfahrt 26 »Swisttal-Heimerzheim«

## Flugzeug

Nächste Verkehrsflughäfen:

- Köln/Bonn (60 km)
- Düsseldorf (100 km)

## Bahn

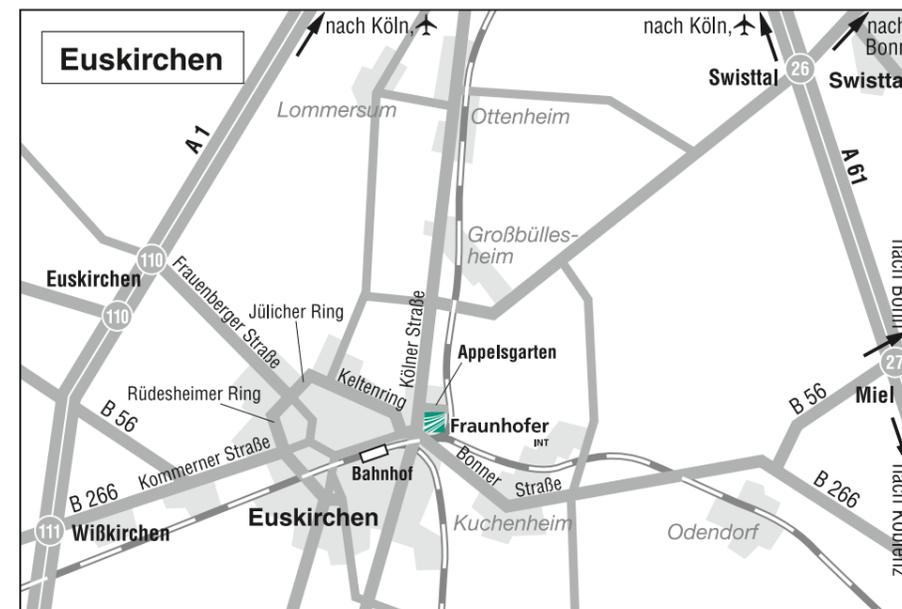
Nächste IC-Stationen:  
Bonn Hbf. und Köln Hbf.  
Von dort regelmäßige Zugverbindungen nach Euskirchen.  
Vom Bahnhof Euskirchen mit Buslinie 875 in Richtung  
Großbüllesheim oder Buslinie 806 in Richtung Fronhof;  
bis Haltestelle »Appelsgarten«

## Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT

Appelsgarten 2  
53879 Euskirchen

Telefon +49 2251 18-0  
Fax +49 2251 18-277

info@int.fraunhofer.de  
www.int.fraunhofer.de



# IMPRESSUM

## Redaktion

Thomas Loosen (verantw.), Angela Haberlach, Sabrina Müller

## Gestaltung, Realisation, Produktion

Konzeptbüro Horst Schneider, Ertstadt

## Bildnachweis

Jens Howorka  
Michael Pasternak  
Nicole Saffie  
Fraunhofer IOSB  
Project EDEN  
WIS

## Druck

Fraunhofer-Verlag,  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

## Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Gesellschaft  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Appelsgarten 2  
53879 Euskirchen

Telefon +49 2251 18-0  
Fax +49 2251 18-277

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer-Gesellschaft, Euskirchen 2017

Allgemeine Anfragen richten Sie bitte per Mail an:  
thomas.loosen@int.fraunhofer.de