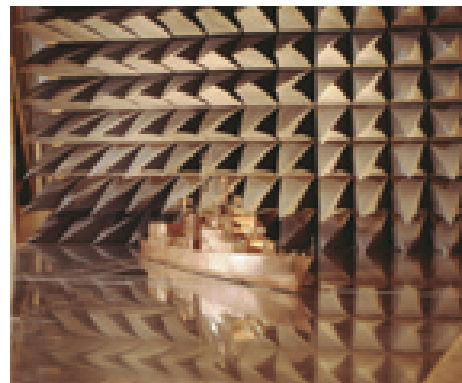




Jahresbericht 2003/04



Fraunhofer Institut
Naturwissenschaftlich-
Technische Trendanalysen

Jahresbericht 2003/04

Wir erleben derzeit grundlegende Veränderungen zur Neuausrichtung und Rollendefinition staatlicher und quasi-staatlicher Institutionen auf nationaler und europäischer Ebene. Insbesondere die Verteidigungs- und Sicherheitsforschung wird derzeit in umfassender Weise neu bewertet, wobei sich zunehmend herauskristallisiert, dass die Europäische Union eine wesentlich stärkere Rolle spielen wird, als in der Vergangenheit. Die Gründung der Europäischen Verteidigungsagentur (EVA bzw. EDA) sowie die Einbeziehung der Sicherheitsforschung in die Förderpolitik der EU (7. Rahmenprogramm bzw. die „preparatory action“) machen dieses deutlich. Die internationale Facette der Institutsarbeit wird deshalb in den kommenden Jahren von steigender Bedeutung sein.

Die vergangenen zwei Jahre haben für das INT wieder interessante und motivierende neue Erfahrungen mit sich gebracht, bei denen zunehmend die Vertragsforschung integraler Bestandteil des Institutsalltags geworden ist. Die bisherigen Erfolge – das Institut erwirtschaftet derzeit ca. 20 % des Haushaltes durch Einzelverträge und finanziert so zwölf zusätzliche Arbeitsplätze – bestärken uns in der Erwartung, dass dieses langfristig und nachhaltig gesichert werden kann. Allerdings ist es noch ein schwieriger Weg, da die wichtigsten Nutzer der Kernkompetenzen des Institutes öffentliche Einrichtungen mit vorsorglichen und planerischen Aufgaben sind. Diese aber unterliegen, wie wir wissen, einem starken Veränderungsdruck, der sich natürlich auch auf ihre Möglichkeiten auswirken kann, externe Forschungsleistung in Auftrag zu geben. Die Kontinuität für die Ertragslage unterliegt deshalb Risiken, die nicht aus den Augen verloren werden dürfen.

Natürlich werden die Bemühungen um Kooperationspartner in der Industrie, die den beschriebenen Risiken nicht unterliegen, und um die stärkere Einbettung des Institutes in die internationale Forschungslandschaft weiter verstärkt.

Positiv hervorzuheben ist die Tatsache, dass das Institut mit den stetigen Anstrengungen um Öffnung auch in den zivilen und politischen Bereich hinein steigende Akzeptanz findet. Dabei ist sicherlich hilfreich, dass die ideologisch vorgeprägte Wahrnehmung der Wehrtechnik derzeit an Bedeutung verliert und zunehmend klar wird, dass Sicherheit ein umfassendes Problem aller industriell hochentwickelten Länder ist, das auch nur ressortübergreifend betrachtet werden kann. Der Fraunhofer-Verbund „Verteidigungs- und Sicherheitsforschung“, in dem das INT Mitglied ist, ist folgerichtig integral in die thematische Analyse der Sicherheitsforschung für die gesamte Fraunhofer-Gesellschaft eingebunden.

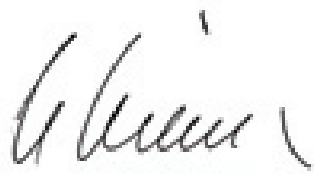
Wir möchten mit dem hier vorgelegten Tätigkeitsbericht für die Jahre 2003/2004 wieder einen Eindruck von unserer Arbeit geben und das Institut der Öffentlichkeit vorstellen.



Dr. Uwe Wiemken

Ich persönlich möchte mich an dieser Stelle beim Bundesministerium der Verteidigung, das weiterhin mit der Grundfinanzierung die wissenschaftliche Basis der Institutsarbeit sicherstellt, für die fruchtbare und freundschaftliche Zusammenarbeit bedanken. Auch danke ich allen übrigen Freunden des Institutes, insbesondere den Kuratoren für die Unterstützung in dieser weiterhin spannenden und motivierenden Phase der Institutsgeschichte.

Gleichzeitig danke ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für das hohe Engagement in den letzten Jahren.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'U. Wiemken', with a stylized, cursive script.

Uwe Wiemken

Inhaltsverzeichnis

Das Institut im Profil	9
Das Institut in Zahlen	10
Organisationsstruktur	12
Kuratorium	13
Arbeitsgebiete und Ansprechpartner (Fraunhofer A-Z)	14
Mitarbeiter des INT	16
Die Fraunhofer Gesellschaft	18
Der Verbund „Verteidigungs- und Sicherheitsforschung“ (VVS)	19
Symposium „Forschungs- und Technologiekonzept der Bundeswehr“	21
Die Abteilungen	23
Abteilung Technologieanalysen und -vorausschau (TAV)	23
Abteilung Übergreifende Analysen und Planungsunterstützung (AP)	27
Abteilung Nichtkonventionelle Bedrohung (NB)	31
Ausgewählte Arbeitsergebnisse	35
Naturwissenschaftlich-technische Themenfelder der Zukunft	35
Wehrtechnisches Potenzial der Nanotechnologie	39
Detektion biologischer Wirkmittel	43
Generische Systeme in wehrtechnischer Forschung und Technologie	49
FuT-Informationssystem	52
Erweiterte Luftverteidigung (ELV)	55
Installation von faseroptischen Dosimetriesystemen am neuen „Free-Electron-Laser“ des DESY Hamburg	59
Terahertz-Strahlen	62
Der Teleskopdetektor: Ein Germaniumdetektor zur Messung von Gammaspektren in extrem weitem Energiebereich	67
Der Gammascanner RoScan: Suche nach dem verborgenen Strahler	70
Namen, Daten, Ereignisse	74
Vorträge 2003/2004	76
Publikationen 2003/2004	82
Seminarvorträge im INT 2003/2004	87
Anfahrt	90
Impressum	91

Das Institut im Profil

Wichtigstes Arbeitsgebiet des Fraunhofer Instituts für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT ist die Schaffung, Erhaltung und Dokumentation eines umfassenden Überblicks über die allgemeine Forschungs- und Technologielandschaft und das gesamte Spektrum technologischer Entwicklungen sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene für Auftraggeber aus Staat und Wirtschaft. Vertieft wird der allgemeine Überblick durch eigene Fachanalysen und -prognosen ausgewählter Technologiegebiete. Das Institut berät das Bundesministerium für Verteidigung seit über 30 Jahren in Technologiefragen und bei der planerischen Umsetzung neuer FuT Entwicklungen. In den vergangenen Jahren wurden in zunehmendem Umfang auch Forschungsprojekte für andere Ressorts, die mit Sicherheitsvorsorge und langfristigen Veränderungen in der Gesellschaft befasst sind, durchgeführt.

Die studienbasierten Arbeiten werden durch eigene experimentelle und theoretische Forschung zur Einwirkung ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf elektronische Bauelemente und Systeme ergänzt. Das INT ist mit modernster Messtechnik, verschiedenen Labor- und Großgeräten, wie beispielsweise Strahlungsquellen, elektromagnetischen Simulationseinrichtungen und speziellen Computerprogrammen ausgestattet, die in dieser Kombination in Deutschland in keiner anderen zivilen Einrichtung vorhanden sind. Hauptauftraggeber sind neben Behörden und Organisationen, die mit Sicherheits- und Vorsorgeaufgaben befasst sind, insbesondere Unternehmen der Luft- und Raumfahrtindustrie und ihrer Zuliefererbetriebe.



Diese Aufgaben werden von den drei Fachabteilungen „Technologieanalysen und -vorausschau (TAV)“, „Übergreifende Analysen und Planungsunterstützung (AP)“ und „Nichtkonventionelle Bedrohungen (NB)¹“ wahrgenommen.

¹ Die Abteilung NB wurde zum 01.02.2005 in „Nukleare- und Elektromagnetische Effekte (NE)“ umbenannt.

Das Institut in Zahlen

Personal

Ende 2003 waren 62 Personen (davon 33 Wissenschaftler) auf 56,75 Stellen beschäftigt, Ende 2004 59 Personen (davon 32 Wissenschaftler) auf 55,5 Stellen. Hinzu kommen im Durchschnitt 12 weitere Beschäftigte als wissenschaftliche oder studentische Hilfskräfte und zwei Auszubildende. Der leichte Rückgang in der Personalkapazität ist auf den planmäßigen Abbau einer Überziehung des Personalkontingents zurückzuführen. Für das Jahr 2005 ist wegen des Aufwachsens des Vertragsforschungsbereiches eine Erhöhung des Personalbestandes geplant.

	2003		2004	
	besetzte Stellen	Personen	besetzte Stellen	Personen
Grundfinanzierung	44	48	43	46
Projektfinanzierter Teil BMVg	3	3	3	3
Vertragsforschungsabteilung	9,75	11	9,5	10
Gesamt	56,75	62	55,5	59

Haushalt

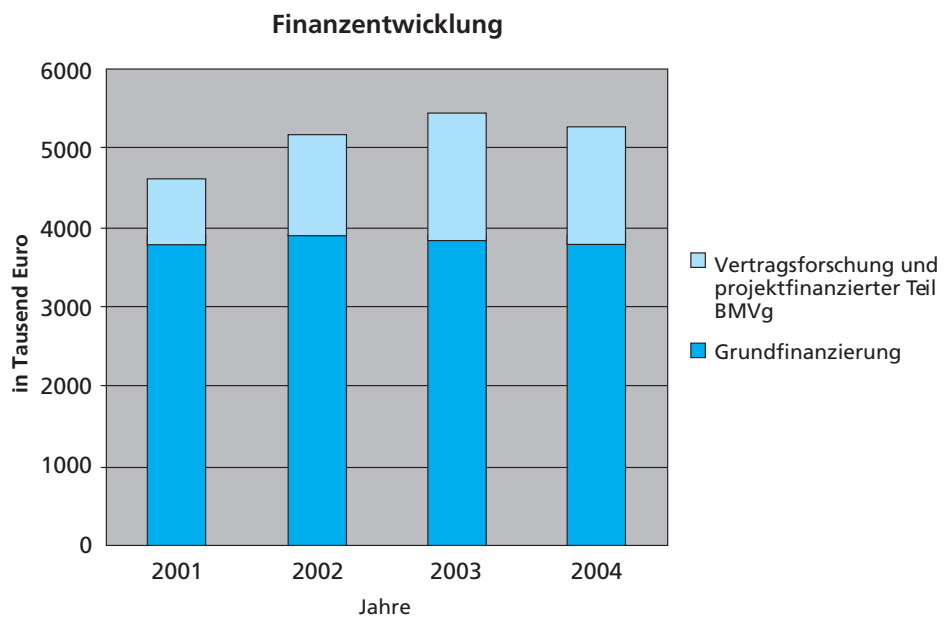
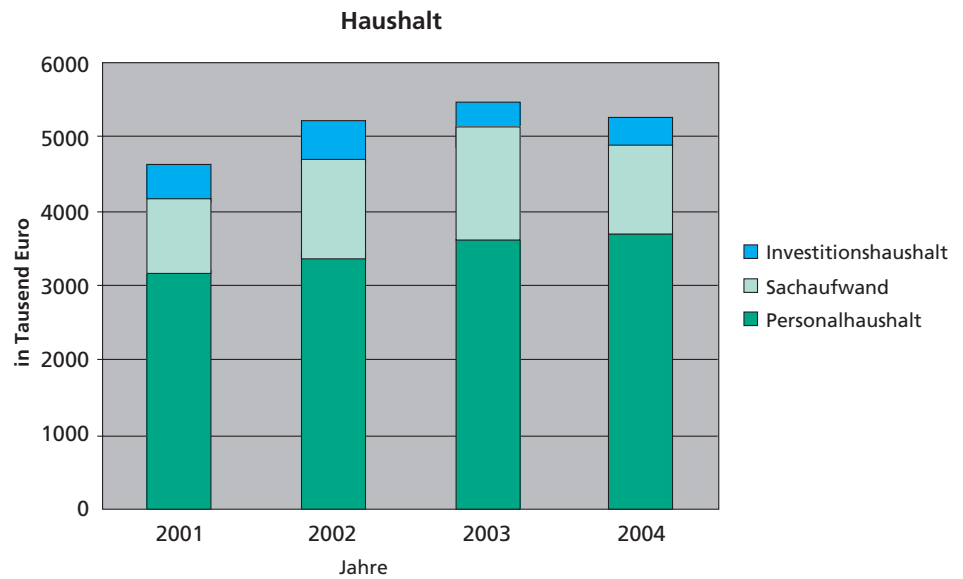
Die Fraunhofer-Gesellschaft unterscheidet zwischen dem Betriebshaushalt und dem Investitionshaushalt. Der Betriebshaushalt umfasst alle Personal- und Sachaufwendungen, der Investitionshaushalt die Anschaffung von Investitionsgütern wie wissenschaftlichen Geräten oder Computern.

Die Finanzierung der getätigten Ausgaben erfolgt einerseits über die Grundfinanzierung durch das BMVg und andererseits über Erlöse aus Forschungsprojekten.

Die Entwicklung lässt einen klaren Wachstumstrend erkennen, der bei rückläufiger Grundfinanzierung von der Ausweitung der Vertragsforschung getragen wird. Der leichte Rückgang im Jahr 2004 ist allein dadurch bedingt, dass eine projektfinanzierte Investition in eine wissenschaftliche Anlage in der Größenordnung von ca. 200 Tausend Euro durch eine Lieferverzögerung in den Januar 2005 verschoben werden musste.

Haushalt in Tausend Euro	2001	2002	2003	2004
Ausgaben				
Betriebshaushalt	4169,0	4683,8	5109,3	4859,0
• davon Personal	3156,3	3347,9	3614,6	3683,0
• davon Sachaufwand	1012,7	1335,9	1494,7	1176,0
Investitionshaushalt	442,3	504,7	324,2	390,0
Gesamt	4611,3	5188,5	5433,5	5249,0
Finanzierung				
Grundfinanzierung	3773,0	3890,0	3830,0	3800,0
Vertragsforschung und projektfinanzierter Teil BMVg	838,3	1298,5	1603,5	1449,0

Im Jahr 2003 wurden im Bereich der Vertragsforschung 33 Projekte bearbeitet, davon 10 für öffentliche Auftraggeber (incl. EU) und 23 für die Industrie. Im Jahr 2004 waren es 51 Forschungsprojekte, davon 22 Öffentliche- und 29 Industrieprojekte.



Organisationsstruktur

Institutsleitung	Dr. Uwe Wiemken		02251/18 217
Stellvertretung	Dr. Hans-Ulrich Schmidt		02251/18 248
Abteilungen	Technolgieanalysen und -vorausschau (TAV)	Dr. Thomas Kretschmer	02251/18 232
	Übergreifende Analysen und Planungsunterstützung (AP)	Dr. Joachim Schulze	02251/18 303
	Nichtkonventionelle Bedrohungen (NB)	Dr. Hans-Ulrich Schmidt	02251/18 248
Zentrale Bereiche	Verwaltung und Kfm. Leitung	Wilfried Werkes (bis 07/2004)	02251/18 237
		Dr. Harald Wirtz (ab 07/2004)	02251/18 237
	Zentrale IT-Dienste	Wilfried Gericke	02251/18 259
	Wissenschaftliche IT-Dienste	Beate Becker	02251/18 260
	Bibliotheks- und Informationsdienste	Siegrid Hecht-Veenhuis	02251/18 233
	Presse und Öffentlichkeitsarbeit	Denise Köppen	02251/18 286



Kuratorium

Das Institut wird durch ein Kuratorium beraten, das sich aus Persönlichkeiten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung zusammensetzt. Das Kuratorium des INT tagte im Berichtszeitraum zweimal.

Vorsitz

Dr. Ralf Dornhaus
*Forschungsgesellschaft für
Angewandte Naturwissenschaften*

Mitglieder

Herr Braitingen
IABG GmbH

Prof. Fahrner
Fernuniversität Hagen

Prof. Dr. Geschka
Geschka & Partner

Dr. Kroy
THARSOS

Dipl.-Ing. Kühle
EADS-Dornier GmbH

Prof. Dr. Nitsch
Universität Magdeburg

Prof. Dr. Staginnus
*Wehrwissenschaftliches Institut für
Schutztechnologien*

Dr. Wiese
*Im Ruhestand, ehemals Vorstand
Fraunhofer-Gesellschaft*

MinR Wolff
Bundesministerium der Verteidigung

Dr. Dr. Zweck
VDI-Technologiezentrum

Ein Mitglied des Fraunhofer Vorstands



Arbeitsgebiete und Ansprechpartner

Technologiemonitoring

Technologietrends; Technologieführer-
kennung; internationale FuT-Landschaft.

Dr. Thomas Kretschmer
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 32
thomas.kretschmer@int.fraunhofer.de

Dr. Claudia Notthoff
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 88
claudia.notthoff@int.fraunhofer.de

Technologievorausschau

Technologieprognosen; Technikfolgen-
abschätzungen; Wehrtechnische
Vorausschau.

Dipl.-Phys. Jürgen Kohlhoff
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 20
juergen.kohlhoff@int.fraunhofer.de

Dr. Ulrik Neupert
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 24
ulrik.neupert@int.fraunhofer.de

Technologieanalysen

Werkstoffe; Nanotechnologie; Informa-
tions- und Kommunikationstechnik;
Weltraumtechnik; Biologische Techno-
logien.

Dr. Matthias Grüne
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 82
matthias.gruene@int.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Stefan Reschke
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 21
stefan.reschke@int.fraunhofer.de

Übergreifende Analysen

Technologische Aspekte asymmetrischer
Bedrohung; Machbarkeitsabschätzun-
gen neuartiger wehrtechnischer Syste-
mansätze; der Transformationsprozess
der Bundeswehr – Auswirkung auf die
FuT Planung; Analysen zu technologi-
schen und konzeptionellen Aspekten
der Erweiterten Luftverteidigung;
Abschätzung des Bedrohungspotentials
von Kernwaffen, Übergreifende Aspekte
der nuklearen Sicherheitspolitik.

Dipl.-Phys. Stefanie Goymann
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-254
stefanie.goymann@int.fraunhofer.de

Dr. Peter Hafner (bis 12/2004)
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-264
peter.hafner@int.fraunhofer.de

Dr. Christoph Pohl (ab 01/2005)
Tel.: +49 (0) 22 51 / 18 - 306
christoph.pohl@int.fraunhofer.de

Planungsunterstützung

Forschungs- und Technologie (FuT)-
Planung; Technische Produkte im
Kontext militärischer Fähigkeiten;
Prozess der FuT Planung (vom Brain-
storming bis zum Projektplan); Analyse
der wehrtechnischen FuT.

Dipl.-Volksw. Hans-Martin Pastuszka
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-298
hans-martin.pastuszka@int.fraunhofer.de

Dipl.-Wirtsch.-Inform. Dirk Thorleuchter
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-305
dirk.thorleuchter@int.fraunhofer.de

Informationsbeschaffung und -management

IT-Strategien; FuT-Informationssysteme; Methoden der Informationsstrukturierung und -darstellung; XML-Anwendungen.

Dipl.-Phys. Paul Thesing
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 61
paul.thesing@int.fraunhofer.de

Dipl.-Math. Beate Becker
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 60
beate.becker@int.fraunhofer.de

FuT International

Analysen zur internationalen FuT; Internationale Zusammenarbeit; europäische FuT- Koordinierung; Informationssystem internationaler FuT-Aktivitäten.

Dr. Joachim Schulze
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-3 03
joachim.schulze@int.fraunhofer.de

Dr. Sabine Müller
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-283
sabine.mueller@int.fraunhofer.de

Elektromagnetische Effekte

Einkopplung elektromagnetischer Felder; Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV, EMC); Mikrowellen-Mess-technik; High Power Microwave (HPM); elektromagnetische Bedrohung.

Dr. Hans-Ulrich Schmidt
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 18 / -2 48
hans-ulrich.schmidt@int.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Christian Braun
Telefon: +49 (0) 2251 / 18-2 47
christian.braun@int.fraunhofer.de

Nukleare Detektionsverfahren und Sicherheitspolitik

Nukleare Bedrohung und Risiken; naturwissenschaftliche Aspekte der Sicherheitspolitik; Entwicklungsstand / Missbrauchspotenzial von Kernwaffen; Abrüstung und Proliferation; nukleare Verifikation mit zerstörungsfreien Messverfahren; mobiles Nuklear-Messsystem; Neutronenspektroskopie; aktive Neutroneninterrogation; Umweltradioaktivität; Strahlenschutz.

Dr. Wolfgang Rosenstock
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 49
wolfgang.rosenstock@int.fraunhofer.de

Dr. Theo Köble
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 71
theo.koeble@int.fraunhofer.de

Kernstrahlungseffekte in Elektronik und Optoelektronik

Lichtwellenleiter (LWL); LWL-Dosimetrie; faseroptische Bauelemente; integrierte Optik; optische Übertragungs- und Sensorsysteme; Halbleiter-Bauelemente; Neutronenstrahlung; Röntgen- und Gammastrahlung; Protonenstrahlung, Dosimetrie, Strahlungsdetektion.

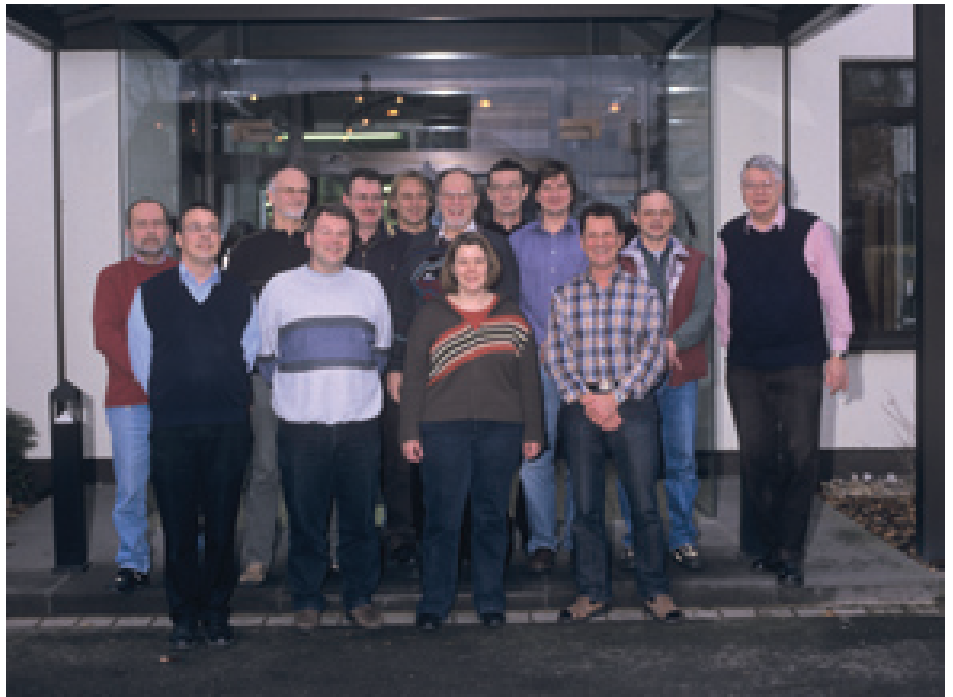
Dr. Stefan Metzger
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 14
stefan.metzger@int.fraunhofer.de

Dr. Jochen Kuhnhenh
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 00
jochen.kuhnhenh@int.fraunhofer.de



Abteilung Übergreifende Analysen und Planungsunterstützung

(von links nach rechts: Pohl, Grigoleit, Goymann, Sondermann, Kersten, Pastuszka, Winkelmann, Hardtke, Thorleuchter, Müller, Schulze, Brandt, Weniger, Thesing, fehlend: Hafner)



Abteilung Nichtkonventionelle Bedrohung

(von links nach rechts: Engelen-Peter, Köble, Braun, Metzger, W. Lennartz, Weber, Rosenstock, Risse, Suhrke, Weinand, Tänzer, Stanjek, Schmidt, fehlend: Clemens, Fuss, Kirch, Kuhnenn, Wurzel-Hecker, Rector)



Abteilung Technologieanalysen und –vorausschau

(von links nach rechts: E. Lennartz, Köppen, Zach, Kernchen, Notthoff, Wessel, Reschke, S. Weniger, Grüne, Ruhlig, Kohlhoff, Kretschmer, A. Pichler, Neupert, Nätzker)



Leitung/Verwaltung

(von links nach rechts: Windeck, Hecht-Veenhuis, E. Pichler, Becker, Utermark, Loepke, Laaß, Wiemken, Niemeyer, Wirtz, Rasmussen, fehlend: Finger, Gericke, Molnar, Nickel, Scheid)

Die Fraunhofer Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt anwendungsorientierte Forschung zum direkten Nutzen für Unternehmen und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand. Im Auftrag und mit Förderung durch Ministerien und Behörden des Bundes und der Länder werden zukunftsrelevante Forschungsprojekte durchgeführt, die zu Innovationen im öffentlichen Nachfragerbereich und in der Wirtschaft beitragen.

Mit technologie- und systemorientierten Innovationen für ihre Kunden tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Dabei zielen sie auf eine wirtschaftlich erfolgreiche, sozial gerechte und umweltverträgliche Entwicklung der Gesellschaft.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, in anderen Bereichen der Wissenschaft, in Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen, davon 58 Institute, an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 12 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von über 1 Milliarde €. Davon fallen mehr als 900 Millionen € auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Ein Drittel wird von Bund und Ländern beigesteuert,

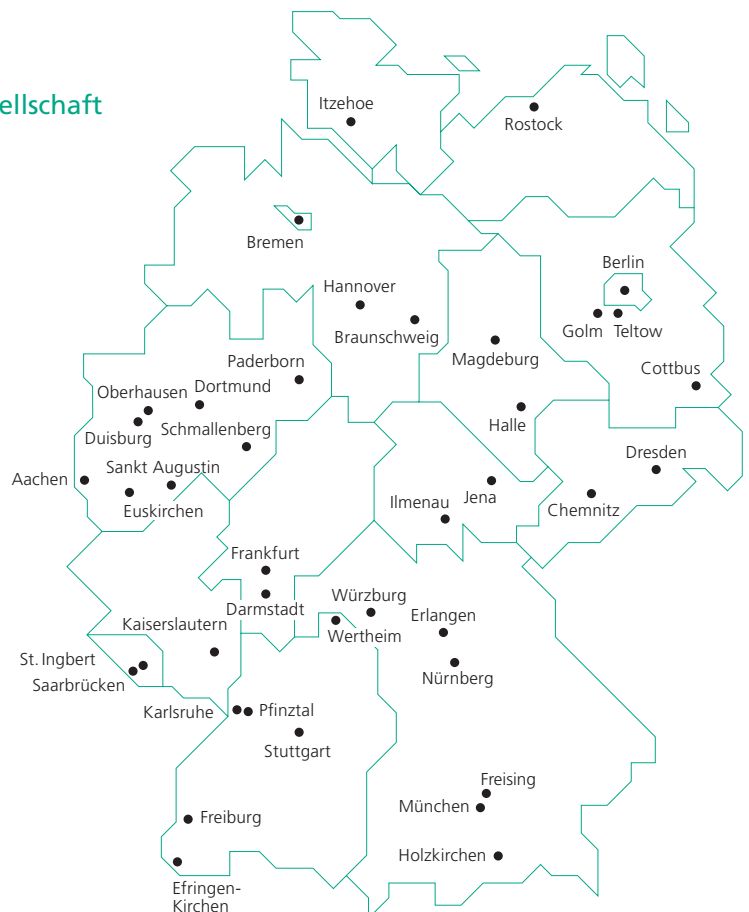
auch um damit den Instituten die Möglichkeit zu geben, Problemlösungen vorzubereiten, die in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mitglieder der 1949 gegründeten und als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft sind namhafte Unternehmen und private Förderer. Von ihnen wird die bedarfsorientierte Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft mitgestaltet.

Namensgeber der Gesellschaft ist der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreiche Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787-1826).

Standorte der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland



Der Verbund „Verteidigungs- und Sicherheitsforschung“ (VVS)

Der Verbund „Verteidigungs- und Sicherheitsforschung“ (VVS)

Forschung für Verteidigung und Sicherheit

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist Gesellschaft, Staat und Wirtschaft gleichermaßen verpflichtet. Entsprechend muss sie neben der Unterstützung der Wirtschaft auch Aufgaben von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung übernehmen.

Seit ihrer Gründung ist die Fraunhofer-Gesellschaft neben dem Bundesministerium für Bildung und Forschung auch dem Bundesministerium der Verteidigung verpflichtet. Daher sind für einige Institute der Gesellschaft auch militärische Anwendungen Fokus der wissenschaftlichen Arbeiten.

Darüber hinaus ist durch die sicherheitspolitische Entwicklung der jüngsten Zeit eine neue Gefährdungslage entstanden: Eine vielschichtige und stete Bedrohung der vernetzten, vernetzten Industriegesellschaft hat neue Aufgaben für die wehrtechnische Forschung zur Folge.

Aus diesen Überlegungen heraus und zur generellen Stärkung der Position der wehrtechnischen Forschung haben sich im November 2002 fünf Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen, um ihre Forschungsaktivitäten im Bereich „Defence and Security Research“ zu koordinieren und umzusetzen.

Gründungsmitglieder des Verbunds »Verteidigungs- und Sicherheitsforschung« sind das Fraunhofer IAF (Angewandte Festkörperphysik), das Fraunhofer ICT (Chemische Technologie), das Fraunhofer INT (Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen) und das Fraunhofer EMI (Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut). Als weiteres Mitglied trat das Fraunhofer IITB (Informations- und Datenverarbeitung)



Die Gründungsmitglieder des Verbunds von links nach rechts:

vordere Reihe: Gerd Fiala (Fraunhofer Zentrale), Prof. Dr. Klaus Thoma (Fraunhofer EMI), Prof. Dr. Günter Weimann (Fraunhofer IAF), hintere Reihe: Dr.-Ing. Peter Elsner (Fraunhofer ICT), Dr.-Ing. Hans-Achim Kuhr (Fraunhofer IITB), Dr. Uwe Wiemken (Fraunhofer INT)

dem Verbund bei. Die Geschäftsstelle des Verbunds befindet sich am Fraunhofer EMI.

Neben der intensiven Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium der Verteidigung und dessen Unterstützung bei forschungspolitischen Entscheidungen, sieht der Verbund seine Hauptaufgaben und Ziele in folgenden Bereichen:

- Sicherstellen der Dual-Use-Forschung und des Know-how-Transfers zivil / militärisch
- Ausgezeichnete wissenschaftliche Qualität durch Integration in die internationale Wissenschaftsgemeinschaft

- Unterstützung der wehrtechnischen Industrie durch gemeinsame Forschung
- Forschungsstrategische Ausrichtung hinsichtlich Anwendungen in den Bereichen:
 - Führungsfähigkeit;
 - Nachrichtengewinnung und Aufklärung;
 - Mobilität;
 - Wirksamkeit im Einsatz;
 - Unterstützung und Durchhaltefähigkeit;
 - Überlebensfähigkeit und Schutz.
- Strategische Ausrichtung der Mitgliederinstitute des Verbunds vor dem Hintergrund einer zukünftigen europäischen Sicherheits- und Verteidigungspolitik.

Durch die Ereignisse des 11. September 2001 und die gegenwärtige Neuorientierung der Bundeswehr haben die Themen »Defence and Security« wesentlich an Bedeutung gewonnen. Die internationale Konfliktverhütung und Krisenbewältigung, einschließlich des Kampfs gegen den internationalen Terrorismus, sind an die erste Stelle des Aufgabenspektrums der Bundeswehr gerückt.

Um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden, gilt es auch vor dem Hintergrund knapper Ressourcen den Mitteleinsatz für die Verteidigung zu optimieren. Hierzu möchten die Fraunhofer-Institute des Verbunds ihren Beitrag leisten.

Zur Bewältigung dieser Aufgaben kommt die vereinte Expertise der Mitgliedsinstitute des Verbunds zum Einsatz. Die für diese Institute traditionelle Verflechtung von zivilen und wehrtechnischen Forschungsfeldern stellt eine wichtige Quelle für Innovation und Leistungserweiterung zum Nutzen der Auftraggeber dar.

Ansprechpartner

Sprecher des Verbunds:

Prof. Dr. Klaus Thoma
 Institutsleiter Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut - EMI
 Eckerstraße 4
 79104 Freiburg
 Telefon: +49 (0) 7 61 / 27 14-3 50
 Fax: +49 (0) 7 61 / 27 14-4 21
klaus.thoma@emi.fraunhofer.de

Stellvertreter:

Prof. Dr. Günter Weimann
 Institutsleiter Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik - IAF
 Tullastraße 72
 79108 Freiburg
 Telefon: +49 (0) 7 61 / 51 59-0
guenter.weimann@iaf.fraunhofer.de

Symposium „Forschungs- und Technologiekonzept der Bundeswehr“

Symposium „Forschungs- und Technologiekonzept der Bundeswehr“

Erstmals präsentierte sich der Verbund auf dem Symposium „Forschungs- und Technologiekonzept der Bundeswehr“, veranstaltet von der Deutschen Gesellschaft für Wehrtechnik mbH (DWT), am 25. und 26. Mai 2004 in der Stadthalle Bonn, Bad Godesberg, mit einem Gemeinschaftsstand.



Frau Köppen und Frau Müller am Stand des INT.



Der Stand des Fraunhofer-Instituts für Informations- und Datenverarbeitung IITB.

Das Fachpublikum aus Industrie, Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung konnte sich am Stand über das Informationssystem zum Thema „Lenkflugkörper“ und das Angebot an „Analysen und Expertisen zur Wehrtechnischen Vorausschau“ informieren. Das Arbeitsgebiet „Kernstrahlungseffekte in Elektronik und Optoelektronik“ stellte seine Kompetenzen sowie die vorhandenen Bestrahlungsanlagen vor und präsentierte ausgewählte Arbeiten.



Darstellung des Leistungsspektrums des INT.



Herr Pastuszka und Herr Thorleuchter im fachlichen Gespräch.

Die Abteilungen

Abteilung Technologieanalysen und -vorausschau (TAV)

Die Abteilungen

Abteilung Technologieanalysen und -vorausschau (TAV)

Die Abteilung Technologieanalysen und -vorausschau (TAV) des INT hat die Aufgabe, möglichst umfassend die Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik im internationalen Bereich zu beobachten und hinsichtlich ihrer langfristigen Relevanz für Auftraggeber aus Staat und Wirtschaft zu analysieren. Das Ziel ist, Informationen über die wichtigsten Problemstellungen, Ergebnisse und Aktivitäten aus diesem Bereich zu beschaffen und auszuwerten und somit eine Basis für langfristige Technologieprognosen und Planungsprozesse zu schaffen.

Hauptauftraggeber ist das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg). Hier hat die Abteilung die Aufgabe, die durch neue Technologien gegebenen Rahmenbedingungen so rechtzeitig zu identifizieren, dass sie mit möglichst großem Nutzen in die langfristige Planung einfließen können. Außerdem ist der Auftraggeber bei der naturwissenschaftlich-technischen Beurteilung von neuen Funktionsprinzipien und technologischen Entwicklungen zu unterstützen. Dazu werden schon zu einem frühen Zeitpunkt erste interessenneutrale Einschätzungen der wehrtechnischen Relevanz bereitgestellt.

Die Arbeit der Abteilung gliedert sich in die drei Aufgabengebiete:

- **Technologiemonitoring:** Beobachtung und Analyse der wichtigsten Entwicklungslinien in Forschung und Technik im nationalen und internationalen Bereich

- **Technologievorausschau:** Erarbeitung von Dokumentationen und Analysen zu langfristigen Technologieentwicklungen
- **Technologieanalysen:** Fachlich vertiefte Untersuchungen zu speziellen technologischen Fragestellungen.

Die für den Amtsbereich des BMVg bestimmten Arbeitsergebnisse der Abteilung werden im Wesentlichen in dem Dokument „Wehrtechnische Vorausschau“ mit einer zugehörigen Berichtsreihe „Analysen und Expertisen zur Wehrtechnischen Vorausschau“ dokumentiert. Hinzu kommen Einzelbeiträge zu bestimmten Fragestellungen sowie zu abteilungsübergreifenden Arbeiten des Instituts. Darüber hinaus werden zunehmend allgemein zugängliche Plattformen zur Ergebnisdarstellung genutzt (Fachzeitschriften, Publikationen, Workshops).

Technologiemonitoring

Dieses Aufgabengebiet hat das Ziel, einen möglichst umfassenden Überblick über alle langfristigen Technologieentwicklungen zu schaffen und zu dokumentieren. Die wesentliche Grundlage bildet hier die kontinuierliche Beobachtung und Analyse der internationalen Forschungslandschaft, um möglichst frühzeitig Kenntnis über neue wissenschaftliche und technische Erkenntnisse zu erhalten. Hierbei werden sowohl inhaltliche als auch institutionelle Aspekte einbezogen.

Das Technologiemonitoring stützt sich in erster Linie auf die Erfassung und Auswertung von relevanten Informationsquellen ab. Hierzu gehören technisch/wissenschaftliche Zeitschriften mit Überblickscharakter, Jahres- bzw. Ergebnisberichte und Hauszeitschriften von Institutionen mit hoher FuE-Relevanz,



Dr. Thomas Kretschmer

Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 32
thomas.kretschmer@int.fraunhofer.de

Beschreibungen und Ergebnisdarstellungen internationaler Forschungsprogramme sowie Publikationen über technologische Zukunftsanalysen und Prognosen. Ein immer größer werdender Teil dieser Quellen wird inzwischen über Internet angeboten.

Ein weiterer Weg der Informationsbeschaffung beruht auf unmittelbaren Kontakten mit externen Wissensträgern in Forschung, Industrie und Amtsbereich. Hierzu gehören sowohl Befragungen bzw. Interviews als auch die Initiierung, Vergabe und Auswertung von Analysen und Expertisen zu speziellen technologischen Themenstellungen. Das inhaltliche Spektrum der zu beobachtenden Informationsvielfalt umfasst derzeit ca. fünfzig naturwissenschaftlich-technische Gebiete (s. auch Abb. 3: Wissenschaftlich-technische Themenfelder der Zukunft).

Zur Verwaltung der im Rahmen des Technologiemonitoring erfassten Informationen betreibt die Abteilung ein Informationssystem, das sich im Wesentlichen auf drei Datenbanken abstützt. In der bereits seit vielen Jahren bestehenden Literaturdatenbank TMA² werden Literaturquellen mit Überblickscharakter zu Schlüsselthemen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung erfasst. Die institutionsbezogene Datenbank INST verwaltet Informationen über herausragende Akteure in Forschung und Entwicklung im nationalen und internationalen Bereich (Hochschulen, staatliche Forschungseinrichtungen, Industrie/Wirtschaft). In der Datenbank MILSYS werden Informationen zu eingeführten, zulaufenden und geplanten wehrtechnischen Systemen erfasst, die sich bei der Bearbeitung spezieller wehrtechnischer Fragestellungen durch Mitarbeiter der Abteilung ergeben.

Technologievorausschau

Ziel dieses Arbeitsgebietes ist die Überführung der durch das Technologiemonitoring erfassten Informationsvielfalt in Aussagen über langfristige Trends, die ein möglichst vollständiges und umfassendes Bild der zukünftigen Entwicklung von Wissenschaft und Technik widerspiegeln sollen.

Das herausragende Produkt bildet hier die „Wehrtechnische Vorausschau (WTV)“. Sie hat das Ziel, rüstungstechnische, militärische und sicherheitspolitische Planer im gesamten Amtsbereich des BMVg über langfristige wehrtechnisch relevante Technologieentwicklungen zu informieren. Das Dokument erscheint in mehrjährigem Abstand in Form einer Gesamtdarstellung. Die Erarbeitung der nächsten Ausgabe der Wehrtechnischen Vorausschau, die im Jahre 2005 in fünf Teilbänden erscheinen soll, stellt seit Anfang 2003 einen wesentlichen Arbeitsschwerpunkt der Abteilung dar.

Eine wichtige Grundlage der Wehrtechnischen Vorausschau bildet die Initiierung, Betreuung und Auswertung vertiefter Einzelanalysen, die durch Mitarbeiter der Abteilung sowie durch externe Fachleute erarbeitet werden. Die Ergebnisse werden in der vom INT herausgegebenen Berichtsreihe „Analysen und Expertisen zur Wehrtechnischen Vorausschau“ dokumentiert.

Neben diesen in erster Linie für den Amtsbereich des BMVg bestimmten Produkten wurden in den letzten Jahren die Bemühungen verstärkt, die Arbeitsergebnisse der Abteilung einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Hier ist in erster Linie die bereits seit über sieben Jahren bestehende feste Rubrik in der Monatszeitschrift „Soldat & Technik“² zu nennen,

² ab 01/2005 „Strategie und Technik“

in der über aktuelle technologische Entwicklungen berichtet wird. Ferner führt die Abteilung im Abstand von ca. eineinhalb Jahren in Kooperation mit der Unternehmensberatung Geschka & Partner eine Fachveranstaltung zum Thema „Technologische Trends“ durch, die sich an FuE-Führungskräfte aus der Industrie wendet. Ein weiteres wichtiges Forum für die Arbeitsergebnisse bildet die im Jahre 2004 neu aufgelegte Schriftenreihe „Technologie, Verteidigung und Sicherheit“ im Report-Verlag, die vom Abteilungsleiter gemeinsam mit dem Institutsleiter herausgegeben wird. Diese Reihe soll in den kommenden Jahren durch Einbeziehung von Produkten anderer Abteilungen des INT bzw. externer Autoren ausgebaut werden.

Um die im Rahmen der Abteilungsarbeit erfassten Tendaussagen strukturiert zu verwalten und schnell verfügbar zu machen, wurde in den letzten Jahren mit dem Aufbau einer hierfür konzipierten Datenbank begonnen. Sie unterscheidet vier Aggregationsebenen von Tendaussagen (Gesamtgesellschaftliche Megatrends, Technologische Megatrends, Technologische Haupttrends und Technologische Einzeltrends). Zu ihren wesentlichen Inhalten werden zunächst die Kernaussagen der Wehrtechnischen Vorausschau 2005 sowie die in den letzten Jahren von den Mitarbeitern der Abteilung erarbeiteten über 100 Einzelbeiträge zu neuen technologischen Entwicklungen gehören.

Technologieanalysen

Neben der fachlich übergreifenden Arbeit in den Gebieten Technologiemonitoring und -vorausschau werden von der Abteilung ausgewählte technologische Fragestellungen vertieft untersucht. Hierzu gehören einerseits Themenbereiche, in denen durch spezielle Studien und Analysen in der Vergangenheit bereits umfangreiche Expertise erworben wurde. Andererseits soll hier

Kompetenz in Technologiefeldern erschlossen werden, für die in Zukunft aufgrund ihrer besonderen wehrtechnischen Relevanz mit erhöhtem Informationsbedarf durch den Auftraggeber zu rechnen ist. Dieses Arbeitsgebiet wird neben der Anfertigung fachlicher Einzelanalysen durch Mitarbeiter der Abteilung wesentlich durch die Initiierung, Steuerung, Koordinierung und Auswertung der bereits o.g. externen Studien und Expertisen bestimmt. In den letzten beiden Jahren sind sechs Themenkomplexe vertieft bearbeitet worden.

Ein fachlicher Schwerpunkt, der in Form von Studienprojekten und durch viele Publikationen ausgebaut werden konnte, besteht seit langem im Bereich neuer **Werkstoffe**. So gestaltet die Abteilung seit Mitte der neunziger Jahre eine feste Rubrik in einer Werkstoff-Fachzeitschrift, wo in jährlich sechs Beiträgen über wichtige Werkstofftrends berichtet wird. Ferner wurde mit der nordrhein-westfälischen Interessengemeinschaft Neue Materialien (NEMA) eine Kooperation vereinbart, in deren Rahmen Fachbeiträge des INT zu Werkstoffthemen für die NEMA-Internetdarstellung genutzt werden. Eine Reihe von extern vergebenen Untersuchungen der letzten zwei Jahre befassten sich mit aktuellen und zukünftigen Entwicklungen in bestimmten Werkstoffbereichen.

Ein herausragendes Vertiefungsgebiet der Abteilung bildete in den letzten Jahren die Analyse der wissenschaftlich-technischen Grundlagen, des generellen Anwendungspotenzials sowie der wehrtechnischen Implikationen der **Nanotechnologie**. Die Arbeiten hierzu wurden in erster Linie durch Drittmittelprojekte finanziert (Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (BWB)). Die Ergebnisse der hierzu in den Jahren

2003 und 2004 fertiggestellten Studien werden demnächst in Buchform publiziert.

Im Schwerpunktbereich **Robotik/Unbemannte Systeme** werden alle Aspekte untersucht, die sich mit der zukünftigen Rolle der Automatisierung im militärischen Bereich befassen. Ausgangspunkt der Überlegungen ist der ständig zunehmende Trend zu militärischen Land-, Luft- und Seesystemen, die sowohl abgesetzt eingesetzt werden als auch möglichst präzise treffen und wirken können. Dabei reicht das Spektrum der betroffenen Systeme von autonomen bzw. landgestützten Gefechtsfahrzeugen, über Lenkflugkörper und unbemannte Luftfahrzeuge bis zu unbemannten Über- und Unterwasserfahrzeugen. Ein wichtiges Ergebnis hierzu bildete eine im Jahre 2004 im Auftrag des INT erarbeitete Prognosestudie zu Landrobotern durch das Fraunhofer-Institut für Intelligente Autonome Systeme (AIS).

Die Arbeiten zum Schwerpunktthema **Informationstechnik** wurden in der letzten Zeit wesentlich durch Fragen im Zusammenhang mit Informationssicherheit und Informationsoperationen bestimmt. Hierzu wurden Analysen zu speziellen Fragen der hochsicheren Informationstechnik sowie zur Elektronischen Kampfführung durchgeführt.

Ein im Aufbau befindliches fachliches Vertiefungsgebiet der Abteilung umfasst den Themenkomplex **Lebenswissenschaften**, der sich immer stärker als der dominierende wissenschaftlich-technische Schlüsselbereich der kommenden Jahrzehnte herauskristallisiert. Eine Aufgabe besteht hier in der Erfassung aller Entwicklungen, bei denen biologische Technologien und Systeme (z.B. Biologische Sensoren, Materialien, Computer) im Vordergrund stehen, und

die Analyse ihrer wehrtechnischen Bedeutung. Insbesondere werden spezielle Themen aus dem Bereich des Bedrohungspotenzials und der Detektion von B-Waffen untersucht. Hinzu kommt die Analyse der wehrtechnischen Implikationen einer Reihe lebenswissenschaftlicher Technologiefelder wie Gentechnik, Biomimetik, Human Factors Engineering, Medizintechnik und Kognitionswissenschaften.

Ein weiteres Schwerpunktthema der letzten Jahre bildeten die technologischen Aspekte der militärischen Nutzung des **Weltraums**, da insbesondere der erdnahe Weltraum immer stärker als ein zukünftiges militärisches Operationsgebiet in den Vordergrund rückt. Grundlage der Abteilungsarbeiten hierzu war eine umfangreiche Studie im Auftrag des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), die Ende 2004 in der o.g. Schriftenreihe publiziert wurde. Sie behandelt zunächst die zivilen wissenschaftlichen und technischen Grundlagen der Raumfahrt. Anschließend werden neben sicherheitspolitischen und strategischen Überlegungen zur militärischen Nutzung des Weltraums bereits stationierte sowie die weltweit geplante bzw. diskutierte militärische Weltraumsysteme umfassend dargestellt.

Abteilung Übergreifende Analysen und Planungsunterstützung (AP)

Abteilung Übergreifende Analysen und Planungsunterstützung (AP)

Schwerpunkt der Arbeiten der Abteilung ist die Unterstützung verschiedener Institutionen bei der Forschungs- und Technologieplanung (FuT-Planung) und bei der Erstellung von Konzepten und Studien. Diese Aufgaben werden von Wissenschaftlern unterschiedlicher Fachrichtungen (Physik, Geophysik, Geographie, Chemie, Ingenieurwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und Informatik) erfüllt.

Langjährige Beobachtung der FuT-Entwicklungen, Erfahrung in Planungsprozessen und technisches Hintergrundwissen liefern die notwendigen Grundlagen für die Beurteilung technischer Machbarkeit und Realisierbarkeit von Projekten. Darüber hinaus werden vertiefende und bewertende Analysen zu wissenschaftlichen und technologischen Fragestellungen unter Einbeziehung ökonomischer und politischer Aspekte erstellt.

Hierzu werden anwendungsnahe Informationssysteme entwickelt und unter Berücksichtigung von Kenntnissen aus dem Wissens- und Informationsmanagement verwendet.

Die Abteilung hat vier Arbeitsgebiete:

- Planungsunterstützung
- Übergreifende Analysen
- Informationsmanagement
- Internationale FuT

Die Hauptauftraggeber für die Vertragsforschung werden in dieser Abteilung noch für einige Zeit das BMVg bzw. dessen nachgeordnete Bereiche bleiben. Im Zusammenhang mit der sich entwickelnden Neuorientierung der inneren und äußeren Sicherheitspolitik und der europäischen Sicherheits- und Verteidigungspolitik werden dabei neue Aufgabenfelder erschlossen.

Planungsunterstützung

Für das Arbeitsgebiet Planungsunterstützung spielt sowohl die Bearbeitung längerfristiger Aufgaben als auch die Ad-hoc-Unterstützung des BMVg durch das INT bei der FuT-bezogenen Planung eine wichtige Rolle. Die Abteilung erstellt kurzfristig Entwürfe von Papieren, die das technologische Know-how und die Verarbeitung von Vorgaben in Grundlagen- und Konzeptpapieren verbinden. Daneben werden Analysen zu speziellen Themen durchgeführt.

Im Berichtszeitraum hat die Abteilung die jährlich statt findenden FuT-Planungsvorbesprechungen im BMVg unterstützt und mitorganisiert, FuT-Vorhaben wurden analysiert und Vorlagen für ein neues FuT-Konzept erstellt bzw. bearbeitet.

Auch bei der Erstellung der Teilkonzeption (TK) FuT war das INT beteiligt.

Eine unserer zahlreichen Aufgaben besteht in der Bestandsaufnahme der nationalen wehrtechnischen FuT und Unterstützung bei der Erarbeitung von Vorschlägen für künftige Gestaltung und Schwerpunktsetzung.



Dr. Joachim Schulze

Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-3 03
joachim.schulze@int.fraunhofer.de

© Schafgans DGPh

Hierzu wurden 2003 und 2004 nationale Experten aus Industrie und Forschungsinstituten zu einer Brainstorming-Runde nach Euskirchen eingeladen. Die Ergebnisse des Brainstormings wurden in Berichtsform dokumentiert und allen Beteiligten sowie dem BMVg und seinen nachgeordneten Behörden in elektronischer Form zur Verfügung gestellt. Damit wurde ein Instrument geschaffen, regelmäßig neue Ideen in den Planungsprozess einzubringen.

Das für die mittel- bis langfristige FuT-Planung verantwortliche Referat im BMVg wurde in der Erarbeitung und Ausdifferenzierung einer Systematik Generischer Systeme in allen Belangen unterstützt. Zu diesem Thema wird auf den Beitrag „Generische Systeme in wehrtechnischer Forschung und Technologien“ verwiesen.

Übergreifende Analysen

Das INT wird in steigendem Umfang mit Fragestellungen beauftragt, die über die rein technologische Sicht hinaus die Einbeziehung übergeordneter Aspekte aus planerischer, militärischer aber auch aus politischer Sicht erfordern. Der dazu notwendige Lern- und Einarbeitungsprozess konnte an Hand konkreter Projekte durchgeführt werden.

In den Jahren 2003 und 2004 wurden die im Folgenden beschriebenen Aufgaben bearbeitet:

Das Themenspektrum Erweiterte Luftverteidigung (ELV) war in den beiden Jahren erneut eine wichtige Aufgabe, bei der das INT das BMVg unterstützt hat. Es reichte von einer unmittelbaren Unterstützung beim FuT-Planungsprozess, über die Erarbeitung langfristiger technologischer Trends bis zur Beantwortung spezifischer Fragestellungen, bei denen die Urteilsfähigkeit des INT erforderlich war (z. B. bei nuklearen



Abb. 1: Elemente der Planungsunterstützung

Fragestellungen). Hierzu wird auf den Beitrag „Erweiterte Luftverteidigung (ELV)“ verwiesen.

Im Rahmen einer in 2004 gemeinsam mit der Unternehmensberatung Geschka & Partner begonnenen „Szenariostudie Sicherheit“ wurden in mehreren Workshops Zukunftsbilder (Szenarien) für die Entwicklung Deutschlands in seiner weltweiten Vernetzung mit dem Zeithorizont 2020+ erarbeitet und analysiert.

¹ Foto mit freundlicher Genehmigung der Eurofighter GmbH

² Foto mit freundlicher Genehmigung von Blohm + Voss GmbH

³ Foto mit freundlicher Genehmigung von Krauss-Maffei Wegmann GmbH & Co KG

Das in 1999 begonnene Projekt „Analyse Lenkflugkörper“, die Sammlung, Analyse und Bereitstellung planungsrelevanter Informationen über Lenkflugkörper, wurde im Berichtszeitraum fortgeführt und abgeschlossen. Im Intranet der Bundeswehr kann der aktuelle Sachstand eingesehen werden. Eine Aktualisierung der zusammengetragenen Informationen erfolgt sporadisch.

Das Themenspektrum „Kernwaffenentwicklungen und Risikopotential“ hat durch die Ereignisse des 11. September 2001 an Bedeutung gewonnen. Das INT beschäftigt sich seit vielen Jahren theoretisch mit der Kernwaffenproblematik, um Urteilsfähigkeit auf diesem Gebiet zu erhalten. Dabei geht es insbesondere um Fragen des Entwicklungsstandes und der Missbrauchs- und Proliferationsrisiken von Kernwaffen und Spaltstoff-Anreicherungsverfahren. Verschiedene deutsche Behörden wurden regelmäßig auf diesem Gebiet technisch beraten. Eine Vertiefung der Expertise durch Fortentwicklung der Simulationsansätze des INT für die Funktionsprinzipien von Kernwaffen ist geplant.

Auch Fragen, die sich mit der Analyse des heutigen Entwicklungsstandes von Kernwaffen der Nuklearmächte beschäftigen, werden in diesem Arbeitsgebiet behandelt.

Um zu einer unabhängigen Einschätzung des Leistungspotentials und der Risiken beim Einsatz so genannter Bunker brechender Waffensysteme zu gelangen, werden im INT sowohl bewertende Analysen der offen zugänglichen Literatur als auch eigene Berechnungen auf der Basis von physikalischen Modellen durchgeführt.

Im Themenbereich „Nukleare Sicherheitsrisiken“ wurden am INT wissenschaftliche Studien und Analysen durchgeführt, die der Aufrechterhaltung einer nationalen Basisurteilsfähigkeit dienen. Dabei ging es insbesondere um Fragen zu Missbrauchs- und Proliferationsrisiken und zum Entwicklungsstand von Kernwaffen und Spaltstoff-Anreicherungsverfahren. Verschiedene nationale Behörden konnten in technologischen Fragen des Nuklearschutzes regelmäßig beraten werden.

Informationsmanagement

Neben den klassischen Aufgaben des Informationsmanagements,

- der Bereitstellung und Verwaltung der Infrastruktur
- der Pflege der Anwendungen und Daten
- und der Erstellung und Aktualisierung des eigentlichen Informationsangebots

wurden im Berichtszeitraum zunehmend Strategien entwickelt, wie die Informationen optimal aufzubereiten und zu vermitteln sind.

Die zunehmende Menge an Informationen und der erhöhte Komplexitätsgrad erfordern neue Ansätze in der Informationsaufbereitung und -präsentation. Unterlegte Taxonomien und dargestellte Beziehungen zwischen Informationseinheiten erleichtern dabei den Zugang zu komplexer Information. Es ist immer häufiger erforderlich, Informationen aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Im Idealfall soll erreicht werden, dass die Realität in einem begrenzten Bereich abgebildet wird und mit den Beziehungen zwischen

den einzelnen Objekten beschrieben wird (Ontologie), um diesen Informationsbereich nach eigenen Bedürfnissen erkunden zu können.

Hierzu wurden Methoden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IITB identifiziert und entwickelt.

Es befindet sich seit 2003 ein Informationssystem in Entwicklung, das den Verantwortlichen für die Steuerung von FuT-Vorhaben einen Überblick über die Landschaft gibt, in die die FuT-Vorhaben eingebettet sind.

Zu diesem Thema wird auf den Beitrag „FuT-Informationssysteme“ verwiesen.

Die Datenbank PITCH (= Projekt Informationen Technologie) beinhaltet aktuelle Informationen über ca. 10.000 Forschungsvorhaben im In- und Ausland. Sie wird im Intranet der Bundeswehr (IntraNetBw) bereitgestellt.

Internationale Forschung und Technologie (FuT)

Eine bessere Koordinierung der wehrtechnischen FuT ist sowohl im europäischen als auch im transatlantischen Kontext zunehmend erforderlich.

Das INT hat 2003 und 2004 die strukturellen Voraussetzungen geschaffen, um auf diesem Gebiet die Planungen des BMVg und die nationale Positionsbestimmung und Schwerpunktsetzung im Bereich der wehrtechnischen FuT zu unterstützen.

Im Rahmen des LOI6 Rahmenabkommens über die Zusammenarbeit bei der verteidigungsrelevanten FuT wurde der Austausch von Informationen zu FuT-Vorhaben vereinbart. Das INT begleitete im Berichtszeitraum diesen Prozess des Informationsaustausches im Auftrag des BMVg und ist maßgeblich an der Gestaltung und Herstellung der CD-ROM zum Datenaustausch beteiligt. Ende 2004 wurde eine Synopse zur neugegründeten Europäischen Verteidigungsagentur (EVA bzw. engl. EDA) im Hinblick auf die nationale Positionierung bei der verteidigungsbezogenen FuT erstellt. Diese Thematik wird im Rahmen eines im Oktober 2004 bewilligten Vorhabens zukünftig vertieft bearbeitet.

Abteilung Nichtkonventionelle Bedrohung (NB)

Abteilung Nichtkonventionelle Bedrohung (NB)

Die Abteilung Nichtkonventionelle Bedrohungen (NB) hat im Rahmen der Grundfinanzierung durch das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) folgende Aufgaben:

- Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung der nationalen Urteilsfähigkeit auf dem Gebiet Kernwaffen und Kernwaffen-Wirkungen
- Beiträge zur Schaffung der Urteilsfähigkeit auf dem Gebiet Elektromagnetische Effekte hinsichtlich militärischer Bedrohung

Da diese Aufgaben im nichtmilitärischen Bereich gar nicht und im militärischen Bereich nur auf kleinen Teilgebieten bearbeitet werden, betreibt das INT hierfür eigene theoretische und experimentelle Forschung, und zwar im Wesentlichen in drei Arbeitsgruppen:

- Nukleare Detektionsverfahren,
- Kernstrahlungseffekte in Elektronik, Optoelektronik und Lichtwellenleitern,
- Elektromagnetische Effekte.

Die ersten beiden Gruppen betreiben gemeinsam mehrere Kernstrahlungs-Simulations- und Bestrahlungs-Anlagen:

- 14-MeV-Neutronengeneratoren,
- 2,5-MeV-Gamma-Blitz-Anlage für gepulste Gamma- und Elektronen-Bestrahlung,
- Co-60-Bestrahlungsanlagen,

- Protonen-Bestrahlungsplatz am Zyklotron des FZ Jülich,
- Isotopen-Labor und Isotopen-Lagerraum.

Über die grundfinanzierte Forschung hinaus werden hier auch eine Reihe von Auftragsforschungs-Projekten für industrielle (Raumfahrt-Zulieferer, Kernforschung und Kerntechnik) und öffentliche Auftraggeber (hauptsächlich für Behörden und Organisationen mit Sicherheits-Aufgaben) durchgeführt. Wegen der vielfältigen Strahlungsquellen und des umfangreichen Radioaktivitäts-Inventars muss ein nicht zu vernachlässigender Teil der Arbeiten auf den Strahlenschutz verwendet werden. Dieser sichert aber die großen Investitionen in die Bestrahlungsanlagen, die in dieser Art in Deutschland kaum ein zweites Mal vorhanden sind und an anderer Stelle nur mit erheblichem Arbeitsaufwand zu genehmigen wären. Alle Arbeitsgruppen werden unterstützt durch ein mechanisches Labor, in dem ein Großteil der Mechanik der Experimentieranlagen hergestellt wird, und ein Elektronik-Labor, welches der Herstellung, Wartung und Reparatur der Experimentier-Elektronik dient.

Arbeitsgruppe Nukleare Detektionsverfahren

Die Arbeitsgruppe Nukleare Detektionsverfahren betreibt Untersuchungen und Forschungsarbeiten auf den Gebieten

- Nukleares Bedrohungspotential,
- Rüstungskontrolle und Proliferation,
- Nukleare Detektionsverfahren.



Dr. Hans-Ulrich Schmidt

Telefon: +49 (0) 22 51 / 18-2 18 / -2 48
hans-ulrich.schmidt@int.fraunhofer.de

Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich derzeit schwerpunktmäßig mit der Bedrohung durch radiologische Waffen, deren Einsatz sowohl im militärischen wie auch im terroristischen und kriminellen Umfeld befürchtet wird. Hierzu wurden theoretische und auch experimentelle Arbeiten zur Funktion und zum Zerlegungsverhalten in Zusammenarbeit mit den Fraunhofer-Instituten EMI (Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut) und ITEM (Toxikologie und Experimentelle Medizin) sowie mit Herstellerfirmen für radioaktive Quellen durchgeführt.

Die Bestrebungen von Schwellen- oder Entwicklungsländern (Irak, Iran, Nord-Korea) zum Bau von Kernwaffen sowie die Aktivitäten zur Abrüstung und Proliferation wurden ausführlich beobachtet, wobei Unterlagen und Informationen der internationalen Atomenergie-Behörde (IAEA) und des technischen Sekretariats zur Verifikation des umfassenden Teststoppvertrages (CTBT) einbezogen wurden.

Weiteres Schwerpunkt-Thema ist die Weiterentwicklung der Messsysteme zur Suche und Identifizierung von Kernwaffen bzw. Spaltstoffen. In der transportablen Messkabine NaNu, einem mobilen Messlabor, können sämtliche Messanlagen für die unterschiedlichen Messverfahren eingerüstet werden, so dass diese im Bedarfsfall vor Ort zur Verfügung stehen. Ein mit großvolumigen Neutronen-Detektoren ausgerüstetes Messfahrzeug (Passat-Variant) kann zur verdeckten Suche nach Spaltmaterial während der Fahrt verwendet werden. An diesen Messsystemen, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik ständig weiterentwickelt werden, besteht auch außerhalb des Bundeswehr-Bereichs beim Bundesamt

für Strahlenschutz, beim Bundeskriminalamt und entsprechenden Landesbehörden starkes Interesse. Daher wurde mit ihnen in Absprache mit dem BMVg an einer Reihe von Feld-Übungen zur nuklearen Gefahrenabwehr teilgenommen.

Die Fähigkeiten und Ausrüstungen im Bereich nukleare Detektionsverfahren ermöglichten auch die Bearbeitung einer Reihe von Drittmittel-Projekten, insbesondere zur Neutronenmesstechnik, für öffentliche Auftraggeber aus dem Sicherheitsbereich und für Industriefirmen sowie für die IAEA zur Qualifizierung von Detektor-Systemen.

Arbeitsgruppe Kernstrahlungseffekte in Elektronik, Optoelektronik und Lichtwellenleitern

Schwerpunkt bildeten hier die Arbeiten zur Untersuchung der Einflüsse ionisierender Strahlung auf Lichtwellenleiter (LWL) sowie die Anwendung dieser Arbeiten in der Entwicklung LWL-basierter Strahlungssensorsysteme. Forschungsarbeiten zur militärischen- und zur Weltraumtauglichkeit von LWL wurden an den INT-Strahlungsquellen und Beschleunigern sowie am Protonen-Zyklotron des Forschungszentrums Jülich durchgeführt. Anwendung fanden diese Ergebnisse in mehreren Auftragsforschungsprojekten. Für den Linearbeschleuniger TESLA VUV-FEL am Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY und für die Undulatoren des IR-FEL des Forschungszentrums Rossendorf bei Dresden wurden ortsauflösende LWL-basierte Strahlungssensorsysteme entwickelt, welche entlang der Beschleuniger installiert sind und während des Betriebs die Dosismessung an einer Vielzahl von Überwachungspositionen gestatten.

Die Arbeiten zur Untersuchung der Effekte ionisierender Strahlung in elektronischen Schaltungen fanden ihre Fortsetzung in einer Vielzahl von Aufträgen deutscher Firmen, hauptsächlich aus der Raumfahrt-Zulieferer-Industrie und für kerntechnische Anwendungen. Hierfür wurden Untersuchungen an Bauelementen, Schaltungen und Baugruppen sowie an optischen und optoelektronischen Komponenten durchgeführt. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch Studien und Beratungen hinsichtlich Bedrohung militärischer Satelliten durch Kernwaffen-Effekte. Die Untersuchungen fanden an den weiterentwickelten Bestrahlungseinrichtungen im INT und an einem vom INT am Zyklotron des Forschungszentrums (FZ) Jülich eingerichteten Protonen-Bestrahlungsplatz statt.

Darüber hinaus wurden Einrichtungen und Messanlagen am INT-Neutronengenerator zur Untersuchung von neutroneninduzierten Einteilchen-Effekten in Mikroelektronik aufgebaut und im Rahmen von Forschungsaufträgen eingesetzt.

Arbeitsgruppe elektromagnetische Effekte

Die experimentellen Arbeiten der Abteilung NB des INT zur elektromagnetischen Bedrohung (insbesondere HPM-Bedrohung) werden in Absprache mit dem Bundesministerium der Verteidigung Rü IV2 durch das „Virtuelle Kompetenz-Zentrum EME der Bundeswehr (VCC-EME)“ koordiniert. Es werden Untersuchungen zur Einkopplung elektromagnetischer Felder (z.B. von HPM) in Strukturen und konkreten Systemen, sowie Untersuchungen zur Verwundbarkeit von Elektronik durch HPM und andere elektromagnetische Felder hoher Intensität durchgeführt. Dabei werden sowohl grundsätzliche



Abb. 2: Elektromagnetische Feldmessung

Schaltungstechniken und Bauelementefamilien berücksichtigt als auch Effekte in konkreten Geräten und Systemen.

Das INT verfügt über eine selbst entwickelte TEM-Wellenleiter-Feldsimulations-Anlage in einer abgeschirmten Halle, die den Frequenzbereich 1 MHz - 8 GHz überstreicht. Hier können sowohl lineare Einkopplungsmessungen zur Bestimmung von Transfer-Funktionen als auch Beeinflussungsmessungen mit konstanten und gepulsten Feldern mit Feldstärken bis zu mehreren kV/m an Objekten bis zu mehreren m³ Größe erfolgen. Für Messaufgaben an

anderen Orten, z.B. in der EMV-Halle der Wehrtechnischen Dienststelle-81 in Greding oder auf Flugplätzen, besitzt das INT eine ebenfalls selbst entwickelte mobile HPM-Bestrahlungsanlage, mit der durch die Abstrahlung über Hornantennen im Frequenzbereich 450MHz - 4 GHz Feldstärken bis zu 5 kV/m erzeugt werden können. Die Anlage ist in eine Bundeswehr-Fernmeldekabine eingerüstet und kann mit einem Lastwagen zum Messort gebracht werden. Ergänzt werden diese Anlagen durch einen kleinen Absorberraum bis 40 GHz und umfangreiche Hochfrequenz- und Mikrowellen-Messtechnik.

Darüber hinaus werden numerische Einkopplungs-Untersuchungen, theoretische Studien zu EME-Bedrohungsszenarien, der HPM-Quellen-Entwicklung und speziellen Fragestellungen aus dem BMVg und dem Amtsbereich erstellt.

So wurde die Teilnahme an der NATO-Studiengruppe „SCI-132, High Power Microwave Threat to Infrastructure and Military Equipment“ fortgesetzt (High Power Microwaves – Measures and Countermeasures) und grundsätzliche Studien und Berichte zur Verwendbarkeit der Terahertz-Strahlung im militärischen- und Sicherheits-Bereich verfasst.

Dr. Thomas Kretschmer

Eine Darstellung der Hauptentwicklungslinien, die sich aus den derzeit erkennbaren technologischen Trends in diesen drei Bereichen ergeben, erfordert im Prinzip eine umfassende und permanente Beobachtung und Analyse der gesamten internationalen Forschungs- und Technologieszene. Für dieses Monitoring gibt es keine etablierten Methoden. Ein pragmatischer Weg zur Strukturierung der in Betracht kommenden Informationsvielfalt basiert auf der kontinuierlichen Auswertung der wichtigsten zukunftsorientierten naturwissenschaftlich-technologischen Gesamtdarstellungen (Zukunftsanalysen, Prognosen, Szenarien, Strategien, Programme, Pläne) im nationalen und internationalen Bereich und ihrer anschließenden Überführung in ein möglichst vollständiges und widerspruchsfreies Gesamtbild.

Der folgende Überblick fasst die wichtigsten Themenfelder eines solchen synopseartigen Gesamtbildes zusammen, wie es im INT seit über zehn Jahren in ständig aktualisierter Form erarbeitet und angewendet wird. Es besteht derzeit auf der obersten Ebene aus über fünfzig Wissenschafts- und Technologiefeldern (siehe Abb.3), zwischen denen vielfache Überschneidungen, Vernetzungen und Querbezüge bestehen. Je nach ihrer inhaltlichen

Ausrichtung lassen sich diese Felder vier übergreifenden Themenclustern zuordnen: Materie & Energie, Information & Wissen, Leben & Natur sowie Wirtschaft & Gesellschaft.

In diesem Bereich bilden Physik und Chemie als die beiden klassischen Naturwissenschaften auch in Zukunft eine wesentliche Grundlage für die meisten technischen Neu- und Weiterentwicklungen. Dies gilt insbesondere für die Physik aufgrund der Breite ihres Untersuchungsbereiches, der von der Struktur der Materie auf subnuklearer Ebene bis zu den Ursprüngen des Kosmos reicht. Aber auch die Chemie als Wissenschaft von den Stoffumwandlungen steht in enger Beziehung zur modernen Technik, da sich ihre Forschungsergebnisse häufig unmittelbar in der industriellen Nutzung umsetzen lassen.



Abb. 3: Wissenschaftlich-technische Themenfelder der Zukunft

Eine Schlüsselstellung im Spektrum der Technologien für das 21. Jahrhundert haben die Werkstoffe. Dabei liegen die Schwerpunkte sowohl bei der Verbesserung bereits etablierter Werkstoffe, d.h. in erster Linie von Metallen, Keramiken und Polymeren, als auch bei der Entwicklung neuer Materialien, wie z.B. Verbundwerkstoffen oder Smart Materials. Unmittelbar mit Werkstoffen verknüpft ist der Bereich der Fertigungs- und Verfahrenstechnik. Er umfasst im Prinzip alle Technologien der stofflichen Wertschöpfungskette, die vom Rohstoff über Werkstoffkomponenten, Werkstoff, Halbzeug und Bauteil bis zum Endprodukt oder System reicht. Als besonders innovationsträchtig gilt hier die Schicht- und Oberflächentechnik.

Ein herausragender Trend der modernen Technik ist die zunehmende Miniaturisierung und Integration von Funktionselementen zu immer leistungsfähigeren Bauelementen und Systemen. Aufbauend auf der Mikroelektronik bildet die so genannte Mikroelektronik oder Mikrosystemtechnik ein neues übergeordnetes Technologiekonzept mit vielfältigen Anwendungen in Mechanik, Optik und Sensortechnik. In vielen Zukunftsanalysen wird die Nanotechnologie, d.h. Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Strukturen, Schichten und Oberflächen mit kritischen Abmessungen und Toleranzen von 100 nm bis hinab zu atomaren Größenordnungen (< 1 nm), als eine der derzeit größten wissenschaftlichen Herausforderungen angesehen.

Unter dem Begriff Photonik fasst man alle Technologien zusammen, bei denen Signale auf optischem Wege erzeugt, übertragen und empfangen werden. Da allerdings informationsverarbeitende Systeme auf rein optischer Basis auf absehbare Zeit nicht zu

verwirklichen sein dürften, kommt der Optoelektronik als Schnittstelle zwischen optischer Übertragung und elektronischer Verarbeitung der Daten auch langfristig große Bedeutung zu.

Der Bereich der Mikroelektronik bleibt auch in Zukunft geprägt durch die auf Silizium basierende planare Integrationstechnik. Ein möglicher Übergang zur so genannten Molekularen Elektronik ist höchstens langfristig zu erwarten. Insgesamt noch am Anfang ihrer technischen Umsetzung steht die so genannte Magnetoelektronik, die auf der Nutzung von magnetischen Eigenschaften von Elektronen basiert. Einen engen Bezug zur Elektronik hat die Mikrowellentechnik, die in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte zu verzeichnen hat. Sie könnte einen ähnlichen Weg nehmen wie die Lasertechnik, die sich in den vergangenen vier Jahrzehnten sehr erfolgreich aus dem Laborstadium ein vielfältiges Anwendungsspektrum in Technik, Naturwissenschaft und Medizin erobert hat.

Hauptaufgabe der Energietechnik ist auch in Zukunft die hinreichende und dabei möglichst effiziente und umweltschonende Versorgung mit Energie. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Entwicklung alternativer bzw. regenerativer Energieversorgungslinien, wie z.B. Wind, Biomasse oder Solarenergie, obwohl die heute gebräuchlichen Primärenergieträger, d.h. Erdöl, Erdgas, Wasserkraft, Kohle und Kernenergie, noch jahrzehntelang dominieren werden.

Information & Wissen

In den letzten Jahrzehnten hat sich der Faktor Information immer mehr zur dominierenden Einflussgröße in praktisch allen gesellschaftlichen Bereichen entwickelt. Die Fähigkeit zum Umgang mit Information ist zur

entscheidenden Grundlage für Wissenschaft, Forschung, Bildungswesen, Technik, Produktion und Verwaltung geworden.

Die klassische wissenschaftliche Grundlagendisziplin in diesem Bereich ist die Mathematik. Ihre Entwicklung wird derzeit wesentlich durch die Auflösung der Schranken zwischen der so genannten reinen und der angewandten Mathematik geprägt. In direktem Bezug zur Mathematik steht die Informatik als wissenschaftliche Basis der Informationsverarbeitung (Computer Science).

Die gesamte Computertechnik wird nach wie vor entscheidend durch die Dynamik der Mikroelektronik bestimmt. Neben den Weiterentwicklungen auf Komponentenebene haben hier auch Fortschritte auf dem Gebiet der Rechnerarchitekturen, wie z.B. Mehrrechnerstrukturen und Parallelverarbeitung, großen Einfluss. Als wesentlicher Faktor für die Leistungsfähigkeit von informationsverarbeitenden Systemen erweist sich jedoch immer mehr der Bereich der Software. Ein weiterer herausragender Trend der modernen Informationsverarbeitung ist die Einbeziehung der semantischen Ebene, d.h. der Übergang vom Umgang mit Daten zum Umgang mit Wissen. Wissensverarbeitende Systeme haben die Fähigkeit, den Kontext der zu bearbeitenden Daten zu berücksichtigen und in Beziehung zu bereits gespeicherten Inhalten zu setzen.

Zielvorstellung der modernen Kommunikationstechnik ist die Errichtung eines flächendeckenden breitbandigen Kommunikationsnetzes mit der Fähigkeit, weltweit zwischen beliebigen Orten jede Art von Information zu übertragen. Hier nimmt insbesondere das Internet die dominierende Treiberfunktion wahr.

Eine besonders zukunftssträchtige Forschungsdisziplin an der Schnittstelle von bereits etablierten Wissenschaftsbereichen wie Psychologie, Philosophie, Gehirnforschung oder Linguistik ist die so genannte Kognitionswissenschaft. Sie beschäftigt sich aus interdisziplinärer Sicht relativ abstrakt mit der Natur des menschlichen Wissens.

Die Informationstechnik ist Ausgangspunkt für eine Reihe neuer Technologiefelder, die auf der zunehmenden Leistungsfähigkeit von Computern basieren. Hier ist z.B. die Multimedia-Technik als wichtigste Entwicklung im Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu nennen. Auch bei der Automation/Robotik ist mit weiteren großen Fortschritten zu rechnen, obwohl die ursprünglich etwas euphorischen Einschätzungen insbesondere im Hinblick auf mobile Landroboter inzwischen einer nüchterneren Erwartungshaltung gewichen sind.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Nutzung maschineller Intelligenz in technischen Systemen bildet die Sensortechnik als Schnittstelle zwischen informationsverarbeitenden Systemen und der realen Umwelt.

Leben & Natur

Während die großen Innovationszyklen in der Technikgeschichte bisher vor allem durch Basisinnovationen in der Physik und der Chemie ausgelöst wurden, werden sie in diesem Jahrhundert stark von Disziplinen und Technologien geprägt sein, die auf den Grundlagen der Biologie aufbauen. So dürfte in Zukunft die Biotechnologie eine ähnlich herausragende Stellung für die Technik einnehmen, wie sie heute z.B. die Festkörperphysik aufgrund ihrer Anwendungsnähe inne hat. Die aufsehenerregendste und die größte Dynamik entwickelnde Arbeitsmethode der Biotechnologie ist die Gentechnik.

Mit ihrer Hilfe ist es möglich, einem Organismus eine ihm bisher fremde Erbanlage stabil einzupflanzen. Die in diesen Bereichen zu erwartenden Fortschritte werden in Zukunft zunehmende Auswirkungen auf viele andere Hochtechnologien haben.

Ein Beispiel für die zunehmende Rückbesinnung auf naturnahe Lösungen ist die Bionik (auch Biomimetik). Dieses interdisziplinäre Forschungsgebiet an der Schnittstelle zwischen Biologie und Technik hat das Ziel, aus biologischen Funktions-, Struktur- und Organisationsprinzipien Lösungsmöglichkeiten für technische Probleme abzuleiten.

Eine der größten Herausforderungen an die Forschung und Technologie der Zukunft stellt sich im Umweltbereich. Oberstes Ziel der modernen Umwelttechnik ist es, ökologische Probleme durch geeignete Maßnahmen gar nicht erst entstehen zu lassen oder so quellenah wie möglich zu mindern. Da die globalen Aspekte der Umwelt- und Ressourcenschonung immer stärker in den Vordergrund des politischen und wirtschaftlichen Interesses rücken, gewinnen die Geowissenschaften als Grundlagendisziplin in diesem Bereich immer größere Bedeutung.

Wirtschaft & Gesellschaft

Eine große Gruppe von Hochtechnologiefeldern wird im Wesentlichen durch ihre Nähe zu bestimmten Anwendungen charakterisiert oder leitet sich aus der Suche nach bestimmten Problemlösungen aus übergeordneter wirtschaftlicher oder gesellschaftlicher Sicht ab. Häufig enthalten diese Felder Spezifikationen von Querschnittstechnologien, die auf bestimmte Anwendungen zugeschnitten sind.

So war die Raumfahrttechnik bis in die jüngste Vergangenheit Motor für eine Vielzahl technologischer Entwicklungen

in Bereichen wie Kommunikationstechnik, Sensorik, Leichtbau und Automatisierung. Heute treten in der zivilen Raumfahrttechnik zunehmend die Aspekte des wissenschaftlichen und ökonomischen Nutzens in den Vordergrund, wie er z.B. bei der kommerziellen Nutzung von Satelliten gegeben ist. Daher wird derzeit wegen ihrer sehr hohen Kosten intensiv über den Sinn der bemannten Weltraumfahrt diskutiert.

Immer stärker steigt die Bedeutung von Technologiefeldern, die mit den unmittelbaren Lebensbereichen des modernen Menschen verknüpft sind (z.B. Arbeit, Freizeit, Wohnen, Gesundheit). Herausragender Trend ist hier das durchgehende Eindringen des Computers in das berufliche und private Umfeld des Menschen (Informationsgesellschaft). Viele der derzeit zu erkennenden innovativen Konzepte lassen sich in Form von übergreifenden Leitideen darstellen, die unter Stichworten wie Fabrik, Büro, Haus, Stadt, Krankenhaus oder Verkehr der Zukunft firmieren.

Vor allem die Arbeitswelt wird zukünftig immer stärker durch die Informationstechnik geprägt. Dies führt im Bereich der Produktion zu höchster Flexibilität bei der Umstellung der Fertigung auf neue Produkte. Auch die moderne Bau- und Gebäudetechnik sowie die Verkehrstechnik profitieren wesentlich von informationstechnischen Entwicklungen. Die entsprechenden Auswirkungen im Gesundheitswesen finden sich insbesondere in den Bereichen Erforschung, Prävention, Diagnose und Therapie von Erkrankungen sowie Rehabilitation.

Wehrtechnisches Potenzial der Nanotechnologie

Dr. Matthias Grüne

Die weltweiten Forschungsarbeiten im Bereich der Nanotechnologie werden vom Fraunhofer-INT seit vielen Jahren im Rahmen seines Grundauftrages der Früherkennung und der Beurteilung der wehrtechnischen Relevanz technologischer Entwicklungen verfolgt. Bedingt durch eine Reihe von nationalen und internationalen Forschungsprogrammen hat die Nanotechnologie seit etwa zehn Jahren enorm an Entwicklungsdynamik gewonnen. Hinzu kommt, dass zunehmend insbesondere in den USA eine Vielzahl militärischer Anwendungsoptionen diskutiert wurde. Daher hat das INT dem Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) Mitte der 90er Jahre vorgeschlagen, die speziellen militärischen und sicherheitspolitischen Aspekte im Zusammenhang mit der Nanotechnologie vertieft zu untersuchen. Im Jahr 2000 wurde das INT vom Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (BWB) beauftragt, eine umfassende Analyse der wehrtechnischen Relevanz der Nanotechnologie durchzuführen.

Als Nanotechnologie bezeichnet man die Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Stoffen, Werkstoffen, Schichten, Oberflächen sowie Bauteilen mit charakteristischen Strukturabmessungen zwischen etwa 1 nm und 100 nm. Solche nanoskaligen Strukturen zeigen eine Reihe von physikalischen und chemischen Eigenschaften, die zu vielfältigen neuen Anwendungen, Produkten und Verfahren führen können. Insbesondere in den etablierten Technologiefeldern Werkstoffe, Elektronik, Sensorik und Biotechnologie gibt es eine Vielzahl von neuen innovativen Ansätzen.

Ziviles Anwendungspotenzial

Die zu Beginn des Projektes durchgeführte Beschäftigung mit definitorischen Aspekten und Abgrenzungsfragen zeigte sehr schnell, dass eine fundierte Analyse des Anwendungspotenzials der Nanotechnologie ein gewisses Maß an Beschäftigung mit deren inhaltlichen Grundlagen durch das INT voraussetzt. Daher bildete die Erarbeitung eines Überblicks zur wissenschaftlich-phänomenologischen und zur technologischen Basis der Nanotechnologie einen wesentlichen Schwerpunkt in der ersten Phase der Projektarbeit durch das INT. Um diesen Überblick zu gewinnen, wurden zu einer Reihe von Teilaspekten nanotechnologischer Forschung Literaturrecherchen durchgeführt und Einzelanalysen angefertigt. Ergänzt wurden diese Arbeiten durch eine Reihe von Expertisen durch externe Wissensträger. Auf der Basis dieser Einzeluntersuchungen wurden die allgemeinen Grundlagen sowie die wissenschaftlich-technologischen Teilgebiete der Nanotechnologie in systematischer Form zusammenfassend dargestellt.

Ein wesentliches Merkmal der derzeitigen Sicht der Nanotechnologie ist deren außerordentlich breites Anwendungsspektrum. Auch hier wurde zur Bearbeitung zunächst der Weg gewählt, durch Vergabe einer Expertise externen Sachverstand einzubeziehen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sowie die Auswertung weiterer übergreifender Literaturquellen zeigen den Querschnittscharakter, aber auch die Heterogenität nanotechnologischer Anwendungen. Im nächsten Schritt wurde die Vielzahl der derzeit erkennbaren zivilen Produktoptionen einschließlich der ihnen zugrundeliegenden naturwissenschaftlichen Effekte systematisch erfasst. Dabei wurden

neben der Funktionsweise der Produkte auch ihre Herstellung, der Entwicklungsstatus sowie die profitierenden Branchen aufgelistet. Dieser Katalog bildete die Grundlagen des (nach Anwenderbranchen gegliedert dargestellten) zivilen Anwendungspotenzials.

Es zeigt sich dabei, dass die Nanotechnologie weder „Science Fiction“ noch „Schnee von gestern“ ist. Sie ermöglicht vielmehr ein weites Feld neuartiger oder besserer Produkte, von bereits am Markt bewährten bis hin zu visionären Produktideen. Nicht nur Hightech-Branchen wie etwa Automobil-, Luft- und Raumfahrt- oder IT-Industrie profitieren von diesen Chancen, sondern auch Branchen wie die Bau- und die Textilindustrie, die traditionell eher im Lowtech-Bereich gesehen werden (s. Abb. 4).

Die bisher genannten Studienteile profitierten inhaltlich wesentlich von den Arbeiten an einer umfassenden Analyse des Anwendungspotenzials nanotechnologiebasierter Materialien, mit der das INT im Jahre 2002 durch den Deutschen Bundestag über dessen Büro für Technikfolgen-Abschätzung (TAB) beauftragt worden war.

Wehrtechnisches Anwendungspotenzial

Hauptziel der hier vorgestellten Studie war das Aufzeigen des wehrtechnischen Potenzials der Nanotechnologie. Obwohl davon ausgegangen werden kann, dass diese beträchtliche sicherheitspolitische und militärische Auswirkungen haben wird, gehen praktisch alle Publikationen davon aus, dass auf absehbare Zeit nicht mit spektakulären neuartigen militärischen Nano-Systemkonzepten, wie etwa neuartigen Waffen oder Unterstützungssystemen, zu rechnen ist. Ihr eigentliches Potenzial dürfte in der durch die Querschnittlichkeit bedingten allgemeinen Erhöhung der Leistungsfähigkeit militärischer

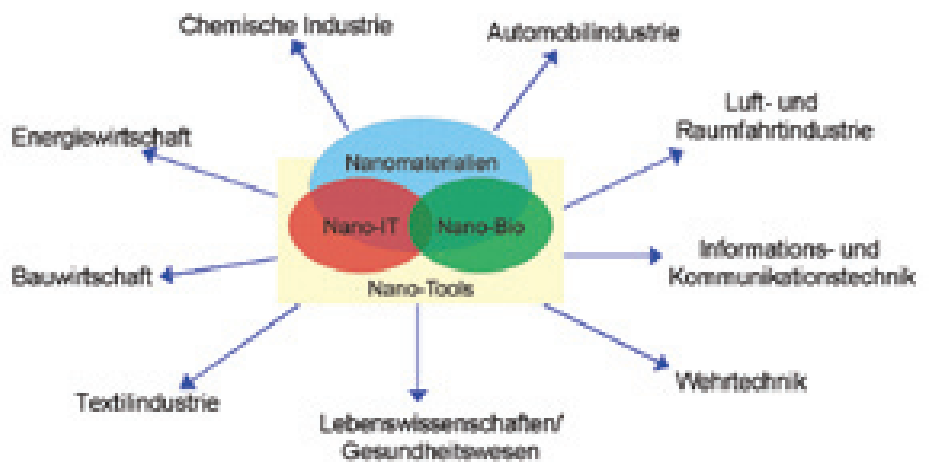


Abb. 4: Von der Nanotechnologie (bzw. ihren Teilbereichen) profitierende Branchen

Systeme liegen, die bereits kurz- bis mittelfristig zu erwarten ist. Dabei basieren viele der angesprochenen wehrtechnischen Möglichkeiten auf Produktoptionen, die für den zivilen Bereich diskutiert, konzipiert, entwickelt oder eingesetzt werden. Neben diesem breiten Spektrum der Nutzung ziviler Entwicklungen (Dual-Use) ermöglicht die Nanotechnologie aber auch wehrtechnikspezifische Innovationen, wie etwa radarabsorbierende Materialien und Beschichtungen, leichte und flexible Schutzwesten, Treibmittel und Sprengstoffe, KE-Penetratoren, B/C- Dekontaminationsmittel usw.

Die Darstellung des wehrtechnischen Potenzials der Nanotechnologie in der Studie orientiert sich an den typischen militärischen Aufgaben- und Systemkategorien (s. Abb. 5):

- Aufklärung und Führung
- Plattformen und Träger
- Waffen und Munition
- Soldat
- Unterstützung.

Verbesserungen im Bereich von Aufklärung und Führung werden hauptsächlich auf die (zivil getriebenen) Fortschritte in der Nano-Informationstechnik aufbauen. Hier ist der Trend zu autonomen intelligenten Systemen ein wichtiger Aspekt, etwa bei miniaturisierten autonomen Vor-Ort-Sensornetzwerken („Smart Dust“). Insgesamt werden durch Nano-IT-Entwicklungen neben der Autonomie der Vernetzungsgrad, die Echtzeitfähigkeit, die Datensicherheit, Mobilität und „Unsichtbarkeit“ von Aufklärungs- und Führungssystemen gesteigert.

Im Bereich der land-, luft-, see- und weltraumgestützten Plattformen und Trägersysteme kommt zum einen der Einsatz von Hochleistungswerkstoffen in Frage, etwa für Leichtbau oder thermomechanisch besonders belastete Strukturen. Nanobasierte multifunktionale Werkstoffe können für Tarnung, Sensorfenster, Feuerschutz, B/C-Abwehr, selbstheilende Strukturen u.v.m. Verwendung finden. Die Energieversorgung durch Batterien, Brennstoffzellen, thermoelektrische Energiewandler usw. profitiert erheblich von der Nanotechnologie. Besonders die Verstärkung von „Intelligenz“ und Autonomie der Trägersysteme kann durch nanotechnologische IT-Komponenten vorangetrieben werden, wodurch in manchen Bereichen der Trend zu unbemannten Systemen beschleunigt wird.

Bei Waffen und Munition profitiert vor allem die Entwicklung der Lenkflugkörper von der Nanotechnologie, was sich in nahezu allen Komponenten von der Zelle über die Energieversorgung bis zur Sensorik und Gefechtsköpfen bemerkbar macht. Möglicherweise können nanoskalige Werkstoffe eine feldtaugliche Realisierung elektromagnetischer Schienenkanonen ermöglichen. Auch



Abb. 5: Nutzung der Nanotechnologie zur Verbesserung der Ausrüstung von Streitkräften in allen typischen militärischen Aufgaben- und Systemkategorien

der Missbrauch ziviler Fortschritte bei nanotechnologischen medizinischen Wirkstoffverbringungssystemen für die Entwicklung neuartiger B/C-Waffen ist denkbar.

Die vielleicht weitgehendsten Folgen werden die Fortschritte der Nanotechnologie bei der Ausrüstung des Systems Soldat haben. Das Konzept eines in seiner körperlichen Leistungsfähigkeit unterstützten und überwachten, rundum effektiv geschützten, durch aufwändige Sensorik und Kommunikationsmittel (samt deren Energieversorgung) in einen Aufklärungs- und Führungsverbund vollständig eingebundenen sowie weitgehend autarken Infanteristen wird sich in voller Konsequenz wohl nicht ohne massiven Nanotechnologie-Einsatz auf allen diesen Feldern realisieren lassen. Dem trägt die US Army mit der Gründung ihres vom MIT (Massachusetts Institute of Technology) betriebenen „Institute for Soldier Nanotechnologies“ Rechnung.

Zur Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit können Nanomaterialien durch Leichtbau, künstliche Muskeln, klimatisierte Schutzkleidung und Trinkwasseraufbereitung beitragen. Die Fernüberwachung von Lebensfunktionen, Selbst- oder Fernmedikation und neuartige Verbandmaterialien werden mit Hilfe der Nanobiotechnologie realisierbar. Im Schutzbereich sind nanotechnologische Verbesserungen beim ballistischen bzw. mechanischen Schutz, beim B/C-Schutz, Brandschutz, Laserschutz und beim Signaturmanagement zu erwarten. Die Ausstattung des Soldaten mit verschiedenster Sensorik, mit Navigations-, Kommunikations- und Datenverarbeitungssystemen wird von Nano-IT-Fortschritten profitieren. Für die Einbindung in den Führungsverbund sowie für die Autarkie des Soldaten ist eine sichere, tragbare Energieversorgung besonders wichtig. Hier sind Beiträge der Nanotechnologie bei Energiespeichern und -wandlern, wie etwa Batterien und Brennstoffzellen, zu erwarten.

Auch im Unterstützungsbereich, etwa im Pionierwesen, der Logistik, dem Sanitätswesen, dem ABC-Schutz sowie bei Ausbildung und Training sind Fortschritte durch die Nanotechnologie zu erwarten. Hier werden jedoch fast ausschließlich zivil entwickelte („Dual-Use-“) Produkte zur Anwendung kommen.

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die Nanotechnologie (so weit absehbar) nicht zu völlig neuartigen Waffensystemen oder Wirkprinzipien führen wird. Sie wird sich aber auf die Ausrüstung der Streitkräfte der Zukunft auf sehr vielen Feldern auswirken, wobei viel von zivilen Entwicklungen profitiert werden kann. Die weitgehendsten Folgen der Nanotechnologie für eine zukünftige Gefechtsführung werden voraussichtlich die Realisierung autonomer, unbemannter Aufklärungs- und Waffensysteme sowie die zukünftige Ausrüstung des kämpfenden Infanteristen haben.

Detektion biologischer Wirkmittel

Dr. Roman Kernchen

Im Herbst 2004 wurde in der Abteilung TAV im Rahmen ihres Schwerpunktthemas „Biologische Technologien“ eine fachlich vertiefte Darstellung moderner Verfahren zur Detektion und Identifikation biologischer Gefahrenstoffe fertiggestellt, welche in der INT-Schriftenreihe „Analysen und Expertisen zur Wehrtechnischen Vorausschau“ erscheinen wird. Unter dem Titel „Detektion biologischer Wirkmittel-Neue Technologien und Systeme“ gibt sie einen Überblick zu aktuellen Trends auf dem Gebiet der B-Waffendetektion.

Biologische Detektion stellt hohe Systemanforderungen

Die Detektion biologischer Agenzien in der Umwelt ist technologisch von hoher Komplexität. Die gegenwärtigen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf diesem Gebiet beinhalten eine schwer überschaubare Vielzahl unterschiedlicher Ansätze zur Konstruktion zunehmend leistungsfähiger Geräte. Es besteht derzeit ein großer Bedarf an feldtauglichen Sensoren für biologische Wirkmittel, sowohl für den militärischen als auch für den zivilen Bereich. Zu den vorrangigen Anforderungen an entsprechende Ausrüstung zur Detektion biologischer Gefahrenstoffe gehören niedrige Detektionsgrenzen, hohe Spezifität, Portabilität, Robustheit, Kosteneffektivität und die Fähigkeit zur simultanen Detektion einer großen Bandbreite verschiedener Agenzien innerhalb weniger Minuten (vgl. Abb. 6). Wegen der Komplexität des Anforderungskatalogs ist derzeit noch keine einzelne bioanalytische Methode in der Lage, allen Ansprüchen gerecht zu werden. Das ultimative Ziel liegt im Aufbau eines umfassenden, in ein Meldesystem eingebetteten dynamischen Netzes von Sensoren, die „Echtzeit“-Detektion, d.h. ein differenziertes

Detektionsergebnis innerhalb von ca. 15-20 Minuten ermöglichen. Das Erreichen dieses Ziels hängt einerseits von der weiteren Entwicklung der Molekularbiologie und der molekularen Biotechnologie, welche u.a. zu hochspezifischen biologischen Sensorelementen, wie beispielsweise kurzen DNA-Sequenzen als Primern für die PCR (Polymerasekettenreaktion) führen muss und andererseits von der weiteren Geräteentwicklung ab.

Schwierigkeiten der Analyse biologischer Wirkmittel

Die Anzahl unterschiedlicher Biotoxine und infektiöser Agenzien, von deren vorsätzlichen Freisetzung als Waffen in einem militärischen oder zivilen Umfeld erhebliche Gefahren ausgehen, ist recht groß. Das Spektrum dieser Substanzen reicht von biochemischen Stoffen bis zu komplexen Mikroorganismen. Auf der einen Seite können relativ niedermolekulare Substanzen wie beispielsweise neuroaktive Peptide innerhalb kurzer Zeit einen extrem störenden Einfluss auf den menschlichen Organismus haben, wenn sie in hinreichender Dosis verabreicht werden. Auf der anderen Seite sind virale oder bakterielle Infektionserreger in der Lage, schon in einer Konzentration von sehr wenigen Organismen eine tödliche Wirkung zu entfalten, wobei es jedoch in vielen Fällen zwischen der Wirkmittelexposition bis zum Eintritt dieser Wirkung eine längere Inkubationszeit gibt, innerhalb derer sich die Organismen in einer Wachstumsphase befinden. Die Entwicklung eines Detektions- und Identifikationssystems, welches die gesamte Bandbreite dieser hochgradig heterogenen Analyten in hinreichender Geschwindigkeit, Spezifität und Empfindlichkeit in Umweltproben möglichst vor Ort analysieren kann, stellt eine große Herausforderung dar. Bei mikrobiellen Analyten ergibt sich ein erhebliches Detektionsproblem durch die zum Teil



Abb. 6: Handheld Advanced Nucleic Acid Analyzer (HANNA) (Quelle: Lawrence Livermore Lab)

sehr große phänotypische und genotypische Ähnlichkeit zwischen den zu detektierenden pathogenen Agenzien und verwandten, zumeist relativ harmlosen Spezies (Subspezies), die permanent in der Umwelt anwesend sind.

Bei der Planung entsprechender FuE-Aktivitäten sind heute in zunehmendem Maße auch die Gefahren einer Bedrohung mit genetisch modifizierten oder neuartigen biologischen Wirkmitteln in Betracht zu ziehen. Die Möglichkeiten zu einer Veränderung oder Neuentwicklung biologischer Agenzien, die wegen ihrer unbekannten molekularen Konstitution in vielen Fällen besonders schwer detektierbar bzw. identifizierbar sein dürften, verbessern sich aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse, fortschreitender technischer Entwicklung und vorteilhafter Marktentwicklungen. Fortschrittliche biotechnologische Methoden können bereits heute dazu genutzt werden, bestimmte Merkmale von Mikroorganismen, insbesondere ihre Resistenz (durch Einbau von Resistenzmarkern gegen gebräuchliche Antibiotika oder Virustatika) oder ihre Pathogenität (via Gentransfer von bakteriellen Virulenzfaktoren) bezüglich ihrer Eignung als biologische Waffe zu verbessern. Der enorme Wissenszuwachs über zellphysiologische Vorgänge, die Struktur zellulärer Rezeptorsysteme sowie deren genetische Grundlagen ermöglichen zudem den gezielten Einsatz einer großen Bandbreite biogener Substanzen sowie Design und Verwendung neuartiger künstlicher Wirkstoffe, durch die auf vielfältige Weise in Stoffwechselprozesse von Lebewesen eingegriffen werden kann.

Neue technologische Möglichkeiten bei der Geräteentwicklung

Die technischen Möglichkeiten zu einer spezifischen und sensiblen Detektion von pathogenen Mikroorganismen und Biotoxinen haben sich in den letzten Jahren durch die zunehmende Etablierung nukleinsäure- und antikörperbasierter molekularbiologischer Verfahren erheblich verbessert. Gegenwärtig basiert die Mehrzahl der Sensor- und Diagnosetechnologien, bei denen biologische Komponenten zum Einsatz kommen, auf der Ausnutzung biomolekularer Bindungsereignisse, wie z.B. die gegenseitige Erkennung der Bindungspartner in Antigen/Antikörper-Komplexen oder die Erkennung komplementärer Nukleinsäureoligomere. Demgegenüber verspricht die Verwendung zellbasierter bioanalytischer Systeme die Möglichkeit der Gewinnung von Informationen über chemische oder biologische Agenzien auf der Grundlage der biologischen Aktivitätsmuster, welche von einer bestimmten Substanz im zellulären Sensorelement hervorgerufen werden. Entwurf und Entwicklung entsprechender Systeme stellen eine große technische Herausforderung dar. Ihre erfolgreiche Realisation verspricht aber die Erfassbarkeit von Daten über Substanzeigenschaften, die enger mit der Reaktion des menschlichen Organismus auf die zu analysierenden Substanzen korreliert sind. Hierdurch eröffnen sich eigenständige Anwendungsmöglichkeiten für Sensoren und Diagnostika, insbesondere auf dem Gebiet der Umweltüberwachung, des Screenings pharmakologischer Wirkstoffe und der medizinischen Diagnose. Zellbasierte Sensorsysteme ermöglichen potentiell die simultane Detektion einer großen Anzahl möglicher Gefahrenstoffe aus Umweltproben, wobei auch der Nachweis unbekannter, modifizierter oder unerwarteter

Agenzien erreicht werden kann. Ebenso wären solche Systeme in der Lage, diagnostische Informationen zu klinischen Proben, die im Zusammenhang mit Krankheiten unbekannten Ursprungs stehen, zu liefern.

Mit der modernen Massenspektrometrie gibt es darüber hinaus aber auch ein chemisches Analyseverfahren, welches durch die Kombination spezifischer molekularer Identifikation, extremer Empfindlichkeit und hoher Analysegeschwindigkeit in letzter Zeit zu einem Kandidaten für eine Technologie geworden ist, mit der man potenziell ein breites Spektrum chemischer und biologischer Wirkmittel nachweisen könnte. Die Grundlage der Anwendung der Massenspektrometrie in der Mikrobiologie und der Detektion von Mikroorganismen stellt derzeit die Fähigkeit dar, ionisierte Biomarkermoleküle so zu erfassen, dass sie bestimmte Mikroorganismenarten und -stämme eindeutig repräsentieren. Die chemotaxonomische Methode beruht darauf, dass sich alle Substanzen biologischen Ursprungs aus den gleichen weit verbreiteten Bausteinen zusammensetzen, zu denen kleine organische und anorganische Moleküle, Aminosäuren, Nukleinsäuren, Lipide und Polysaccharide gehören. Diese Bausteine werden in der Natur zusammengefügt, um mit hoher Präzision jedwede makromolekulare Bestandteile biologischer Zellen zu formen. Solche Makromoleküle sind in erster Linie die Signaturen, durch welche die Identifikation einer unbekannten Substanz erreicht werden kann. In der Vergangenheit sind sowohl chemische Marker entwickelt worden, die für eine größere Gruppe von Mikroorganismen charakteristisch sind, als auch solche, die nur für einzelne Arten oder Stämme mikrobieller Pathogene spezifisch sind. Diese Marker können mittels der modernen Massenspektrometrie auf sehr schnelle

Weise quantifiziert werden. Obschon die Anwendung der Chemotaxonomie ständig verbessert wird, ermöglicht sie gegenwärtig jedoch noch nicht die definitive Identifikation mikrobieller Pathogene bis zur Stamm-Ebene, die sowohl bei der B-Waffendetektion als auch bei der klinischen Diagnostik häufig notwendig ist.

Mit der zunehmenden Aufklärung der molekularen Konstitution mikrobieller Organismen erlangen Genom- und Proteomdatenbanken hinsichtlich der massenspektrometrischen Detektion/Identifikation von Mikroorganismen immer größeres Interesse. Eine der Hauptaufgaben der neu entstandenen Disziplin Bioinformatik besteht darin, die Verbindungen und Korrelationen zwischen DNA-Sequenzen und Proteinsequenzen abzubilden, um ein verbessertes Verständnis zellulärer Konstitutionen und Funktionen auf der molekularen Ebene zu ermöglichen. Zwischen dem Genom eines Organismus und seinem Proteom, das heißt der dynamischen Gesamtheit der von dem Organismus gebildeten Proteine besteht eine Komplementarität. In Datenbanken wird diese Komplementarität durch die Zuordnung einer Aminosäuresequenz zu jedem so genannten offenen Leseraster (Open Reading Frame, ORF: Darunter versteht man jede ausreichend lange Nukleotidfolge, die für Aminosäuren kodiert und die nicht von einem Stoppsignal unterbrochen ist) in einer DNA-Sequenz realisiert. Das Internet bietet mittlerweile den Zugang zu einer Reihe von Diensten (z.B. <http://au.expasy.org/tools/peptident.html>), die eine Online-Identifikation von Proteinen basierend auf Bioinformatikwerkzeugen wie Peptidmapping und Sequenzdatenbank-Suchstrategien ermöglicht. Entsprechende Datenbanken ermöglichen den Vergleich der gemessenen

Massenspektren unbekannter Mikroorganismen mit zum Teil bereits umfangreichen Molekülbibliotheken bekannter Mikroorganismen (vgl. Abb. 7).

Die genannten Verfahren treiben gegenwärtig, im Zusammenspiel mit einem generellen industriellen Trend zur Entwicklung zeit- und kostensparender integrierter und miniaturisierter Lab-on-a-Chip-Analysesysteme sowie Fortschritten in der Bio(molekular)elektronik und der Nanotechnologie, die Entwicklung mikrofabrizierter hochportabler Sensoren zur schnellen Vor-Ort-Detektion maßgeblich voran. Eine ganze Reihe vielversprechender Prototypen wurde bereits entwickelt.

Marktsituation und Marktaussichten

Der weltweite Markt für Detektionssysteme zur Erkennung biologischer Wirkmittel ist in den vergangenen Jahren sprunghaft angestiegen. Die Unternehmenseinkünfte, die nach Angaben der renommierten Unternehmensberatung Frost&Sullivan für solche Systeme erwirtschaftet wurden, lagen im Jahr 1994 bei 35,5 Mio.\$, im Jahr 1997 bei 88,5 Mio.\$ und in 2000 bei 109 Mio.\$.

Im Jahr 2003 betrugen die Einkünfte gemäß gleicher Quelle allein in Nordamerika bereits mehr als 340 Mio.\$.

Auch in Zukunft dürfte sich der Markt sehr positiv entwickeln. Ein Grund hierfür ist das größer werdende Vertrauen in die Fähigkeiten und Verlässlichkeit der Systeme. Weiterhin besteht ein zunehmendes Interesse an den bislang fast ausschließlich militärisch genutzten Detektionssystemen für biologische Wirkmittel auch im Bereich des staatlichen Zivilschutzwesens und bei privaten Unternehmen. Von großer Bedeutung für die weitere Entwicklung des Marktes für biologische Detektionssysteme werden die technologischen und industriellen Fortschritte bei den Lab-on-a-Chip-Technologien sein.

Die industrielle Basis der B-Waffendetektionstechnologie besteht weltweit in

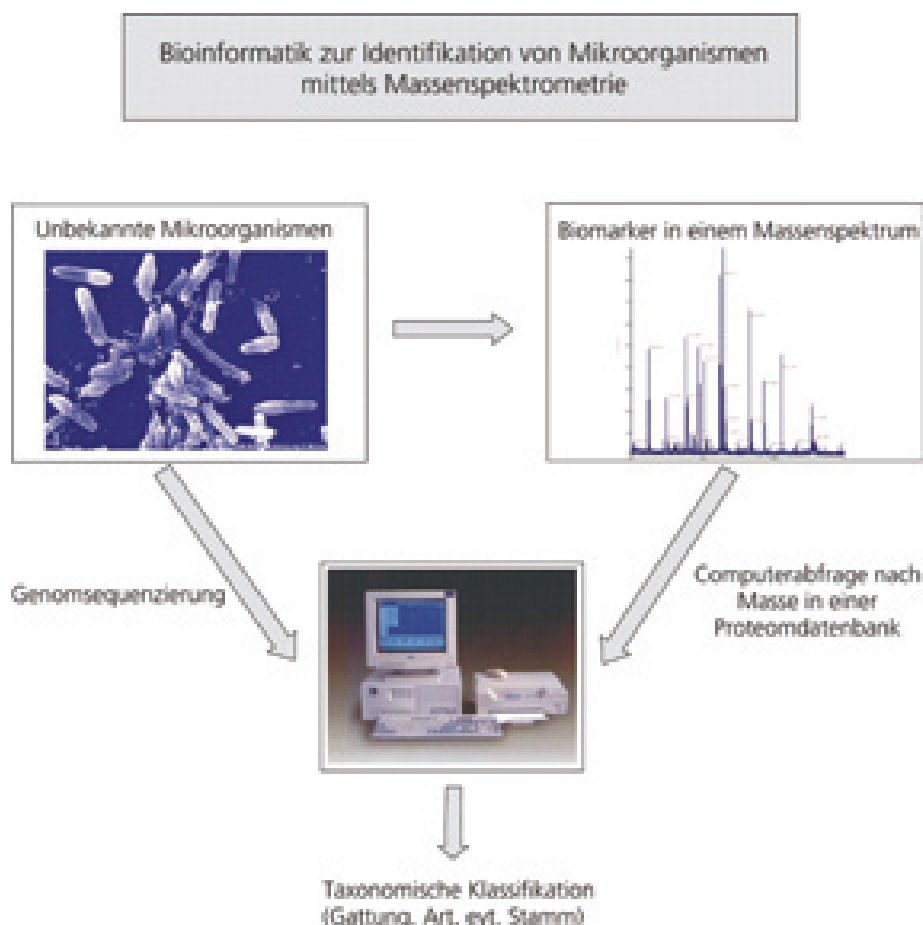


Abb. 7: Anwendung der Bioinformatik zur Identifikation von Mikroorganismen mittels der Massenspektrometrie.

erster Linie aus kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs). Viele dieser Unternehmen befinden sich in einem Aufbaustadium, bei dem die technologische Entwicklung von Produkten im Vordergrund steht und keine oder nur sehr geringe Herstellungskapazitäten vorhanden sind. Kleinere Unternehmen gehen Partnerschaften mit größeren Unternehmen ein (vgl. Abb. 8), welche die Funktion eines Systemintegrators wahrnehmen und von ihrer größeren Produktionskapazität und der größeren Flexibilität ihrer Produktionslinien Gebrauch machen.

Bedarf an Nachweisgeräten für pathogene Mikroorganismen und ihre Toxine besteht hauptsächlich auf dem Gebiet der medizinischen Diagnostik, der Umweltanalytik bzw. dem Umweltmonitoring, der Lebensmittelkontrolle und der B-Waffendetektion zur militärischen Aufklärung und zur Erkennung terroristischer oder krimineller Verwendung biologischer Wirkmittel. Auf allen diesen Gebieten gibt es große Bestrebungen zur Entwicklung kostengünstiger tragbarer Detektoren, die auch wenig geschultem Personal eine Vor-Ort-Analyse ermöglichen soll. Im Mittelpunkt dieses Technologietrends stehen mikrotechnische Biosensoren und Fluidiksysteme, deren Fertigung in industrieller Großserie künftig im Bereich der Detektion/Identifikation biologischer Pathogene die Erschließung neuer Massenmärkte ermöglichen. Insbesondere in der Medizin dürften so genannte Point-of-Care-Diagnostika schon bald eine wesentlich schnellere und effizientere Patientenuntersuchung auf Infektionen, direkt in der Arztpraxis oder der Krankenhausstation, ermöglichen, ohne das Proben in entfernte Laboratorien eingeschendet werden müssten. B-Waffendetektion, als eine hochgradige Dual-Use-Technologie wird dabei in vielen Fällen von technologischen Weiterentwicklungen und Marktentwicklungen der anderen Anwendungsgebiete profitieren können.

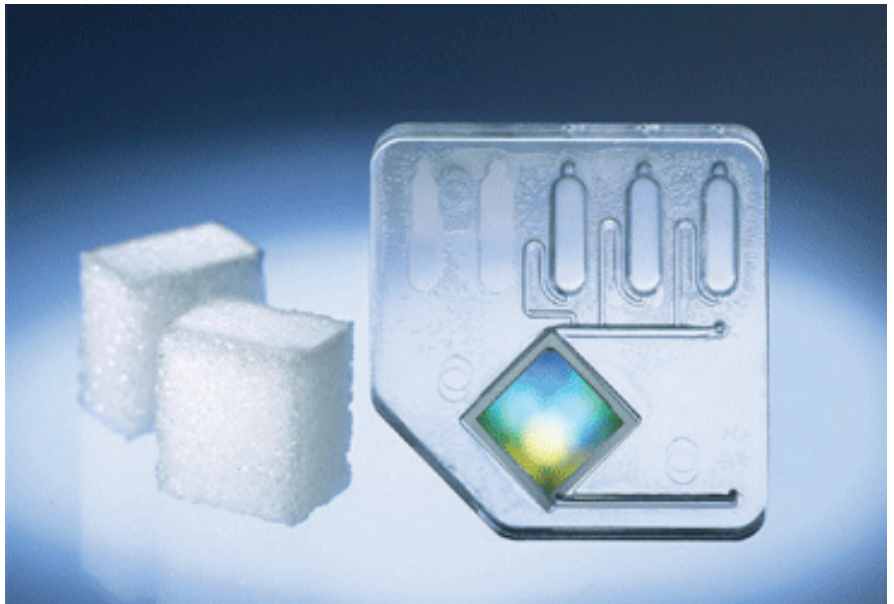


Abb. 8: Biochip der Infineon AG (Quelle: Infineon AG)

Generische Systeme in wehrtechnischer Forschung und Technologie

Dipl.-Volksw. Hans-Martin Pastuszka

Ausgangssituation

Wehrtechnische Forschung und Technologie (FuT) soll zeitgerecht die technologischen Voraussetzungen für eine fähigkeitsgerechte Ausrüstung der Streitkräfte schaffen. Diesbezügliche FuT-Aktivitäten haben oft langfristigen Charakter, veränderte Anforderungen an die Streitkräfte – Dauereinsatz im Ausland, Aufkommen neuer und diffuser Bedrohungen (sog. asymmetrische, insbesondere terroristische Bedrohungen) – und eine damit einhergehende kontinuierliche Weiterentwicklung der Streitkräfte (Transformation) verlangen jedoch eine schnellere Verfügbarkeit von technologischen Lösungen, als dies zu Zeiten des Ost-West-Konfliktes der Fall gewesen sein mag. Zudem erfordern gerade asymmetrische Bedrohungen flexiblere und abstimmbare Reaktionsmöglichkeiten der Streitkräfte. So ist im Rahmen der FuT-Strategie des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg) die Notwendigkeit gesehen worden, eine geeignetere Verbindung als bisher zwischen heute und zukünftig erforderlichen militärischen Fähigkeiten, z.B. im Bereich Nachrichtengewinnung und Aufklärung (NG&A), und hierfür benötigten Technologien zu schaffen, um kürzere Prüfungsschritte im FuT-Prozess und eine iterative Abstimmung mit der parallel laufenden Konzeptentwicklung und -erprobung der Streitkräfte (Concept Development and Experimentation, CD&E) zu ermöglichen. Diesen Ankerpunkt sollen im FuT-Konzept des BMVg ggf. weit im Vorfeld konkreter Systeme und Produkte – sog. Generische Systeme bilden, die je nach Forderung mit bestimmten technologischen Ausprägungen versehen, in Form von spezifischen Systemdemonstratoren/ Experimentellen Prototypen realisiert und auf spätere

Anwendungen hin, insbesondere in Simulationen, getestet werden können.

Auftrag

Aufgabe des INT ist es hier, das BMVg in der Erarbeitung und Ausdifferenzierung einer Systematik Generischer Systeme und abgeleiteter Systemdemonstratoren/ Experimentellen Prototypen in allen Belangen zu unterstützen.

Ergebnis

Zunächst einmal ist es erforderlich, sich mit den Begrifflichkeiten auseinander zu setzen, um eine konkrete Vorstellung von dem zu bekommen, was unter Generischen Systemen und Systemdemonstratoren/ Experimentellen Prototypen in FuT zu verstehen ist. Eine griffige und allgemein gültige Definition eines generischen Systems gibt es jedoch nicht, und so kann eine Annäherung an eine solche nur über die Bedeutung der einzelnen Begriffe „generisch“ und „System“ erfolgen. Unter einem „System“ wird allgemein ein aus mehreren Teilen zusammengesetztes, gegliedertes Ganzes verstanden, welches real oder ideell (auch virtuell) sein kann und dessen Teile strukturell oder funktional miteinander in Beziehung stehen.³ „Generisch“ wiederum stammt von dem lateinischen Wort *genus* ab, womit im biologischen Sinne eine Art, Gattung (Geschlecht) bezeichnet wird, im allgemeinen Sinne dieses als ein Oberbegriff verstanden wird.⁴ Fasst man diese Termini zusammen, so lässt sich ein generisches System in der Technik als ein Oberbegriff für eine Gruppe, eine Gattung von zugehörigen Systemen verstehen,

³ Definition nach Brockhaus – Enzyklopädie, 20. Aufl. 1999

⁴ Definition nach dem Großen Fremdwörterbuch, Dudenverlag 2003

wobei die Zugehörigkeit in Abhängigkeit festzulegender Randbedingungen zu bestimmen ist, etwa durch die Einsatzräume (Land, Luft, See etc.), in denen die technischen Systeme vornehmlich verwendet werden.

Generische Systeme finden in der Technologieentwicklung weite Verbreitung, so z.B. in der Informationstechnologie, in der Datenbank-Managementsysteme (DBMS) in der Regel generischer Natur sind (im Unterschied zu spezifischer Anwendungssoftware) und so durch Setzen von Parametern u.ä. auf die jeweilige konkrete Nutzung hin konfiguriert werden können. Ein anderes Beispiel bietet die Automobilindustrie, in der schon lange im Bereich der Systemdesign-Entwicklung neuer Automobile mit virtuellen generischen Systemen gearbeitet wird. Nicht zuletzt haben generische Systeme Eingang auch in anderen Feldern virtuellen Designs gefunden, so etwa in der Architektur, in der unter dem Stichwort *Intelligent Home* innovative Wohnkonzepte generisch entwickelt und simuliert werden.

Kennzeichen Generischer Systeme in FuT sind demnach vor allem ihr modellartiger, zunächst auch virtueller Charakter sowie ihr modularer Aufbau. Dies ermöglicht, über die Definition generischer Subsysteme und die hier bedarfsweise vornehmbare Integration von technischen Komponenten und Funktionalitäten eine experimentelle Erprobung verschiedener virtueller oder realer Konfigurationen eines sog. Systemdemonstrators/ Experimentellen Prototypen in realitätsnahen Szenarien vorzunehmen. Über eine Festlegung der jeweiligen Modelle und ihrer Anwendungsbezüge nach einem einheitlichen Regelwerk können so flexible Konfigurationsmöglichkeiten für unterschiedliche Anwendungen und Applikationen ausgetestet werden. Ziel ist

es, Ergebnisse aus der experimentellen Erprobung möglichst unmittelbar in die Optimierung des Systemaufbaus einfließen lassen zu können, um so Systementwicklungszeiten deutlich verkürzen zu können, bei gleichzeitiger Minimierung der Gefahr, teure Fehlentwicklungen bis in Produktnähe zu finanzieren.

Unter Berücksichtigung des oben Genannten verfolgt die Strategie der Generischen Systeme in FuT das erklärte Ziel, die bekanntermaßen begrenzten Ressourcen (vor allem finanzieller Art) durch eine frühzeitige Schwerpunktsetzung im FuT-Prozess auf die wehrtechnisch relevanten Technologien zu konzentrieren, für die bestehende oder zukünftige militärische Fähigkeitsbedürfnisse erwartet werden, und diese vorrangig in Anwendungsnähe zu bringen. Die Auswahl der Technologien soll dabei nach festzulegenden Kriterien für das erwartete Innovationspotenzial, das vermutliche technologische (Realisierungs-)Risiko und die voraussichtliche Verfügbarkeit der Technologie erfolgen. Durch diese frühzeitige Schwerpunktsetzung soll auch den Forderungen der Industrie nach mehr Planungssicherheit für zukünftige Beschaffungen und der Absicht des BMVg, wehrtechnische Kernfähigkeiten in Deutschland zu erhalten, Rechnung getragen werden. Nicht zuletzt soll die internationale Kooperationsfähigkeit Deutschlands durch den Erwerb bzw. Erhalt von Systemkompetenz auf oberster Ebene gestärkt werden.

Für die Erarbeitung und Entwicklung einer Strategie Generischer Systeme in FuT ist die Zuordnung von Systemen zu bestimmten Gruppen unter einem Generischen System(-begriff) nach den originären Einsatzmedien dieser Systeme, zusätzlich in Teilen unterschieden nach bemannten und unbemannten Systemen, vorgenommen worden. Es

ergibt sich somit ein relativ bekanntes Bild mit den Kategorien wehrtechnischer Systeme:

- Unbemannte (autonome) Systeme Luft (I)
- Bemannte Systeme Luft (II)
- Unbemannte (autonome) Systeme See (III)
- Bemannte Systeme See (IV)
- Unbemannte (autonome) Systeme Land (V)
- Bemannte Systeme Land (VI)
- Systeme (Welt-)Raum (VII)
- Führung (VIII)
- Kommunikation und Information (IX)
- Simulations- und Testumgebung Bundeswehr (X)

Für alle diese Generischen Systeme, bzw. für die von ihnen abzuleitenden Systemdemonstratoren/ Experimentellen Prototypen gilt als wesentliche Bedingung, dass sie grundsätzlich sowohl autark als auch im Netzwerk (im Sinne der Vernetzten Operationsführung, kurz NetOpFü) einsetzbar sein müssen.

Während die Ausarbeitung potenzieller zukünftiger Systemdemonstratoren/ Experimentellen Prototypen zu den Generischen Systemen VIII - X derzeit noch erfolgt, sind für die Generischen Systeme I - VII bisher 35 Systemdemonstratoren ermittelt worden, die für eine genauere Untersuchung und Analyse grundsätzlich geeignet erscheinen. Dabei können jederzeit neue Demonstratoren in einem Abstimmungsprozess hinzukommen bzw. vorhandene aus bestimmten Gründen wieder gestrichen werden, um größtmögliche Flexibilität zu wahren. Von diesen zur Zeit 35 Systemdemonstratoren sind wiederum acht in einem ersten Entscheidungsprozess für eine vorrangige Realisierung benannt worden:

- Verbund Nachrichtengewinnung & Aufklärung (zu IX)
- Unbemanntes agiles Luftfahrzeug (zu I)
- Unbemanntes Unterwasserfahrzeug (zu III)
- Teilautonomer Klein-Roboter Land (zu V)

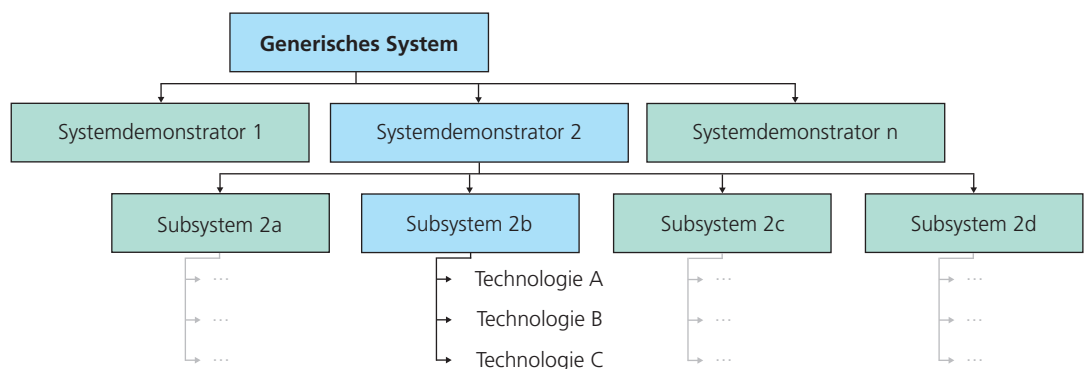


Abb. 9: Systematik Generischer Systeme – Konzept und Sachstand im FuT-Prozess des BMVg

- Leichtes luftverlastbares Kampffahrzeug (zu VI)
- Erweiterte Luftverteidigung und Flugabwehr (zu VI)
- System Soldat (zu VI)
- Weltweite raumgestützte Aufklärung (zu VII)

Eine Realisierung dieser Systemdemonstratoren/ Experimentellen Prototypen wird dabei in einem ersten Schritt über eine Identifizierung in Frage kommenden Technologien – von der Ebene der Subsysteme bis hin zu einzelnen kritischen Komponenten – und einer Trendanalyse dieser Technologien mit Bewertung wie bereits dargestellt im Hinblick auf Verfügbarkeit bzw. Nichtverfügbarkeit, Innovationspotenzial, Realisierungsrisiken und voraussichtliche Kosten erfolgen. In Anwendungsnähe zu bringende Technologien sind nach diesen Bewertungskriterien auszuwählen und in entsprechenden Arbeitspaketen von Forschung und Industrie zu bearbeiten. Die folgende Konfiguration von Systemdemonstratoren erfolgt unter Berücksichtigung der Bereiche Hardware, Simulation und Experimentalplanung und schließt mit einem experimentellen Funktionsnachweis ab. Schließlich erfolgt die Übertragung der so gewonnenen Ergebnisse in die jeweiligen Anwendungsbereiche.

Ausblick

Mit der Realisierung der o.a. priorisierten Systemdemonstratoren soll im ersten Halbjahr 2005 mit der Vergabe von Konzeptstudien an die Industrie begonnen werden. Parallel dazu wird zu entscheiden sein, welche Demonstratoren letztlich in nationaler Verantwortung realisiert und welche ggf. auf der Basis des nationalen Konzeptpapiers als Vorschlag für internationale Kooperationen, vorrangig im Rahmen der in 2004 gegründeten European Defence Agency (EDA), eingebracht werden sollen.

Das INT wird auch weiterhin inhaltliche und organisatorische Unterstützung des BMVg, vor allem in der Identifizierung und Trendanalyse der in Frage kommenden Technologien leisten.

FuT-Informationssystem

Dipl.-Phys. Paul Thesing

Aufgabenstellung

Bei der Steuerung von Vorhaben in dem Bereich Forschung und Technologie (FuT) ist eine Vielzahl von Einflussgrößen zu berücksichtigen. Um die Hintergrundinformationen über diese Einflussgrößen aktuell, übersichtlich und leicht zugreifbar zur Verfügung zu haben, wurde vom Bundesministerium der Verteidigung (Rü IV 2) ein Informationssystem in Auftrag gegeben, das einen Überblick über die Forschungs- und Technologie-Landschaft ermöglicht.

Ausgangspunkt für dieses Projekt war die webbasierte Darstellung von Technologien und Experimentalsystemen auf dem Gebiet der Sensorik und Auswertung, entstanden aus einem Bericht, der die Schwerpunkte auf diesem Gebiet beschreibt, und ergänzt durch erweiterte Fähigkeiten der institutionellen und industriellen Anbieter. Diese Darstellung ließ den Wunsch entstehen, die Basis zu verbreitern, um mit einem Informationssystem für alle relevanten Technologien ein Hilfsmittel zur FuT-Steuerung zu haben.

Da die Erweiterung eines bestehenden Systems nur umständlich zu bewerkstelligen ist und in jedem Fall Einschränkungen bei der Konsistenz und Funktionalität nach sich zieht, wurde entschieden, ein von Grund auf neues Informationssystem zu entwickeln und die Inhalte der Sensorik und Auswertung zu integrieren.

Für das neu zu erstellende System wurden zunächst alle wesentlichen Bereiche identifiziert, die Auswirkung auf die Gestaltung von FuT-Prozessen haben:

- **Technologisches Umfeld**, es enthält Informationen über den Stand

der technologischen Entwicklung und über die zu erwartenden technologischen Trends.

- **Militärisches Umfeld**, es enthält Informationen über die militärischen Forderungen, über Fähigkeitslücken und über zukünftige militärische Fähigkeitsprofile.
- **Planerisches Umfeld**, es enthält Informationen über laufende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben einschließlich der eingesetzten Mittel, über die beteiligten Institutionen und Firmen und über Personen, die diese Vorhaben begleiten; weiterhin sind hier Informationen über politische Festlegungen und Weisungen enthalten, soweit sie in Planungsdokumenten abgelegt sind.
- **Ausrüstungs- und Entwicklungsumfeld**, es enthält Informationen über bestehende Ausrüstung und Dokumentationen über fertiggestellte Vorhaben sowie Statusberichte laufender Vorhaben.

Ebenso wie Umfang und Art der Informationen definiert wird, ist auch das erforderliche Spektrum der Aufgaben festzulegen, die das Informationssystem zu bewältigen hat. In Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber ist vereinbart worden, dass dieses Informationssystem folgendes zu leisten hat:

- **den Sachstand wiedergeben**, das bedeutet, dass das Umfeld von Forschung und Entwicklung möglichst vollständig abgebildet wird; insbesondere müssen die technologischen, militärischen und politischen Rahmenbedingungen klar erkennbar sein.
- **den Planungsvorgang unterstützen**, dazu sollte ein Überblick über die laufenden Vorhaben mit den dadurch gebundenen Mitteln möglich sein.

- **Kontrollmöglichkeiten bieten**, für die Bewertung abgeschlossener und laufender Forschungsvorhaben ist es erforderlich, eine Ergebnis- bzw. Sachstandsdarstellung zur Verfügung zu haben.
- **Beratungsfähigkeit gewährleisten**, das heißt, ein Expertennetzwerk zu schaffen, um bei neu auftretenden Fragestellungen auf kompetente Ansprechpartner zurückgreifen zu können.

Modellierung

Der Informationsbereich und der Aufgabenbereich legen fest, welche Informationen notwendig sind, um die Aufgabe des Informationssystems zu erfüllen.

Die Informationen sind von sehr unterschiedlicher Art und Struktur und sie stehen in verschiedener Weise in Beziehung. Es liegt also nahe, ein Modell zu entwerfen, das die Informationen und die Beziehungen zwischen den Informationen beschreiben kann.

Eine Ontologie ist ein Modell für die Darstellung und Formalisierung von Wissen, dessen Geltungsbereich den Einsatzbereich definiert und begrenzt. Eine Ontologie erlaubt uns, Kontexte zu definieren und implizite Zusammenhänge zwischen Themen und Begriffen explizit sichtbar zu machen.

Der erste Schritt ist, die Informationen zu formalisieren. Das geschieht durch die Bildung von Informationskategorien, die wie Container gleichartige Informationen aufnehmen können. Der Informationskategorie werden Eigenschaften zugeordnet, d.h. sie wird mit einer Struktur versehen. Die Eigenschaften haben festgelegte Ausprägungen, wie z. B. einen Wertetyp. Alle Einträge einer Kategorie haben gleichartige Eigenschaften.

Weiterhin werden die Beziehungen zwischen den Kategorien formalisiert, sie lassen sich in natürlicher Sprache als Relation vom Typ: Subjekt – Prädikat – Objekt ausdrücken. Die Relationen lassen sich durch Relationsbeschreibungen noch weiter spezifizieren.

Die folgenden 11 Informationskategorien mit ihren jeweiligen Eigenschaften und Relationen wurden von uns als Grundlage des neuen Informationssystems ausgewählt:

- VoCon-Technologie
- Technologische Trends
- Vorhaben
- Europäische Vorhaben
- Systemdemonstrator
- Subsystem
- Ergebnis-Dokumentation
- Militärische Fähigkeit
- Planungsdokument
- Institution
- Person

Eine typische Eigenschaft fast aller Informationskategorien ist natürlicherweise ein Name oder Titel, der als reiner Text modelliert wird. Eine spezielle Eigenschaft ist z.B. eine Haushaltszahl, die als Zahlenwert modelliert wird um Rechenoperationen ausführen zu können.

Anhand des folgenden Relationstyps wird eine typische Beziehung zwischen zwei Informationskategorien erkennbar:

Institution	<i>ist aktiv in</i>	VoCon-Technologie
VoCon-Technologie	<i>wird bearbeitet von</i>	Institution

In der zugehörigen Relationsbeschreibung werden die speziellen Aktivitäten der Institution zu dieser Technologie ausführlich beschrieben.

Zur Realisierung des FuT Informationssystems wird das Framework für Content-, Wissens- und Community-Management „WebGenesis“ eingesetzt, das vom Fraunhofer Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB) entwickelt wurde. WebGenesis basiert auf offenen Architekturen und ist insbesondere in der Lage, Ontologien abzubilden. Es existiert eine Java-Programmierschnittstelle, über die die Anpassung an die spezielle Ontologie erfolgt. Dabei werden die Strukturen der Informationskategorien erzeugt und die Relationstypen festgelegt. Die Eingabe erfolgt über Webformulare, die erforderlichen Daten aus der Vorhaben-Controlling-Datenbank (VoCon) werden über eine XML-Schnittstelle regelmäßig importiert. Die eingegebenen wie auch die importierten Informationen werden in einer Datenbank abgelegt, aus der mit Hilfe von Templates dynamische Webseiten erzeugt werden, die gezielt sinnvolle Zusammenstellungen von Informationen anzeigen.

Die für die Realisierung erforderlichen Programmierarbeiten werden vom IITB durchgeführt.

Eine Workflowstruktur stellt sicher, dass die über Onlineformulare eingegebenen Informationen von einem Redakteur überprüft und freigegeben werden können. So lassen sich auch leicht externe Experten in den Prozess der Informationsgewinnung einbeziehen.

Ausblick

Mit der Entwicklung der Datenstruktur und der programmtechnischen Umsetzung der Struktur sind die ersten Schritte getan, um ein modernes Informationssystem zu schaffen. Die ersten Tests haben gezeigt, dass das Ziel, Informationen einschließlich ihrer Kontexte darzustellen und damit eine kontextabhängige Navigation zu ermöglichen, erreicht wird.

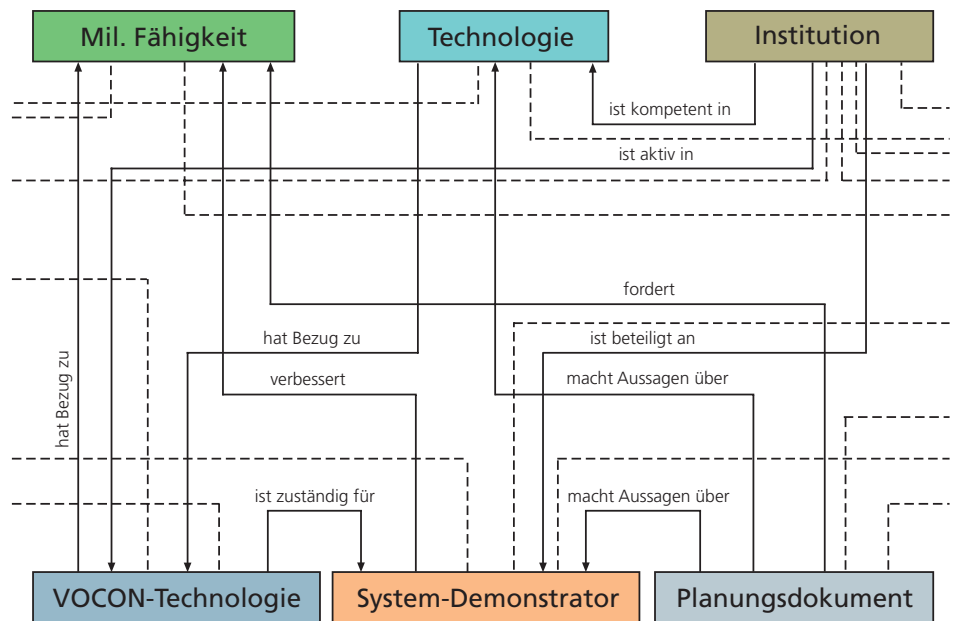


Abb. 10: Die Informationskategorien und ihre Relationstypen (Ausschnitt) Realisierung

Geplant ist, die Informationen, die schon jetzt vorhanden sind, möglichst vollständig einzugeben und miteinander zu verknüpfen.

Weiterhin ist das Gesamterscheinungsbild des Informationssystems zu gestalten. Das bedeutet zum einen, dass eine Navigationsstruktur entwickelt wird, die je nach Sichtweise – ob technologisch, planerisch oder militärisch – einen intuitiven Zugang zu den gewünschten Informationen gewährleistet, und zum anderen, dass die Informationen selbst in übersichtlicher Form dargestellt werden. Schließlich ist das Layout so anzupassen, dass es die Aufgaben des Systems optimal unterstützt.

Erweiterte Luftverteidigung (ELV)

Dipl.-Phys. Stefanie Goymann

Motivation

Die Missile Defense, bzw. Flugkörperabwehr, ist einer der Schwerpunkte der Erweiterten Luftverteidigung (ELV). Insbesondere die USA haben in den letzten Jahren die Entwicklung forciert. Dazu gehören u.a. die Umstrukturierung des National Missile Defense (NMD) Programms (Frühjahr 2001), die Kündigung des ABM-Vertrages (Juni 2002) und der Dezember 2002 verkündete Stationierungsbeschluss für eine erste Raketenabwehrfähigkeit der USA und die ersten stationierten Flugkörper im Herbst 2004.

In Deutschland findet man in den Verteidigungspolitischen Richtlinien unter Punkt 92: „Die Grundfähigkeit zur Flugkörperabwehr, zu der auch der Schutz von Truppen im Einsatz vor Angriffen mit Raketen und Flugkörpern gehört, ist weiter auszubauen.“ Konkret spiegelt sich das in dem trilateralen Gemeinschaftsprojekt MEADS (Medium Extended Air Defense System – USA, Italien, Deutschland) wieder, das gerade (im Herbst 2004) die parlamentarischen Verfahren für die Finanzierung des Entwicklungsprogramms durchläuft.

Darüber hinaus umfasst die Erweiterte Luftverteidigung ein großes Spektrum moderner technologischer Herausforderungen. In einem veränderten politischen Umfeld (z.B. steigende Proliferationsgefahr) haben sich auch die Bedrohungen aus der Luft verändert. Sowohl die Verbreitung von Massenvernichtungswaffen (MVW), als auch die Entwicklung von Flugkörpern größerer Reichweiten, wie auch die Proliferation ballistischer Raketen, geben einigen neuen Staaten die Möglichkeit, mit dem Einsatz von ballistischen Raketen mit MVW zu drohen.

Die Erweiterte Luftverteidigung ergänzt in diesem Sinne die klassische Luftverteidigung. Wie eine teilstreitkräfteübergreifende Verteidigung gegen potenzielle Träger (taktisch ballistische und taktisch aerodynamische Flugkörper einschließlich Marschflugkörper, unbemannte Fluggeräte/Drohnen oder auch Abstandsflugkörper/-waffen) von Massenvernichtungswaffen (MVW) aussehen kann, ist Gegenstand zahlreicher FuT-Vorhaben und Projekte.

Aufgabe des INT

Im Rahmen des allgemeinen Monitorings internationaler Forschungsprogramme und technologischer Entwicklungen erarbeitet das INT einen möglichst umfassenden Überblick zu den technologischen und übergreifenden Aspekten der ELV, ergänzt durch INT-spezifische Vertiefungsgebiete.

Gerade die Verbindung von Hochtechnologie (von Sensorik bis zur Systemintegration) mit den politisch-/wirtschaftlich- und völkerrechtlichen Betrachtungen passt in das Aufgabenspektrum der Abteilung Übergreifende Analysen und Planungsunterstützung.

Bei der Bearbeitung der Themen werden überwiegend offen zugängliche Informationen im Rahmen des Monitorings gefiltert und ausgewertet. Die Ergebnisse werden z.B. in aktuellen Kurzanalysen zusammengestellt und in Gremien vorgetragen. Kurze Beiträge und ein übersichtliches Informationsmanagement ist ein wichtiger Aspekt für eine zeitgemäße Unterstützung des Auftraggebers bei der Entscheidungsfindung. Sie erlauben eine schnelle Reaktion bei Ad-hoc-Fragestellungen. Die bei diesen Analysen gewonnenen Erkenntnisse werden aktuell in einem Bericht vertieft.

Nachdem im Jahre 2001/2002 die technologischen Trends als Zuarbeit zu einer ELV-FuT-Roadmap im Ministerium im Vordergrund standen, lagen die Schwerpunkte in 2003/2004 wieder auf den internationalen FuT-Programmen und deren Umsetzung. Im Fokus der Arbeiten sind die Entwicklungen in den USA inkl. wirtschaftlich-politischer Aspekte. Trends sind dort das Abfangen von Flugkörpern in der Startphase, Seegestützte Systeme und die Stationierung einer ersten Abwehrfähigkeit im Herbst 2004 in den USA.

Worum geht es?

Der Flug einer ballistischen Rakete wird in verschiedene Phasen eingeteilt (vgl. Abb. 11):

Startphase – (Aufstiegsphase) – Mittlere Flugphase – Endphase obere Abfangschicht (Höhe > 30-35 km) – Endphase untere Abfangschicht (Höhe < 30-35 km).

Der Bekämpfungsverlauf selbst ist grob unterteilt in die Aufgabenabschnitte: Entdecken, Tracking/ Positionsbestimmung, Identifizierung, Bedrohungsüberprüfung, Bekämpfungsvorbereitung, Waffenvoreinweisung, Endansteuerung, Abfangen und der möglichst vollständigen Zerstörung des Gefechtskopfes des angreifenden Flugkörpers. In der Startphase (grün) ist ein Flugkörper leicht durch Antrieb mit Infrarotsensoren nachzuweisen. Die Startphase endet mit dem Brennschluss des Triebwerkes der Rakete. Die mittlere Flugphase (gelb) bietet sich zur Bekämpfung an, da außerhalb der Atmosphäre die Gefährdung durch unvollständige Treffer für den Menschen überwiegend unbedenklich eingeschätzt wird. Beim Wiedereintritt in die Atmosphäre geht der Flugkörper in die Endphase (rot) über. Diese Phase wird oft noch einmal unterteilt in obere und untere Abfangschicht.

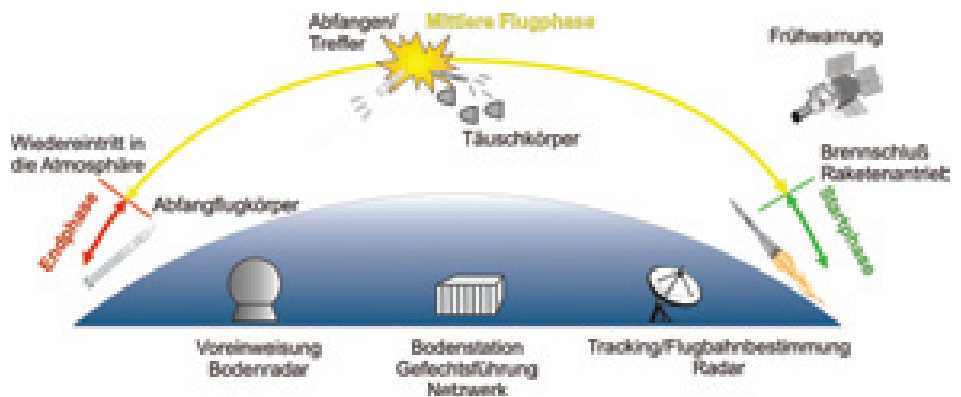


Abb. 11: Schematische Darstellung der Flugphasen eines ballistischen Flugkörpers und des Bekämpfungsverlaufes.

Eine Bekämpfung beginnt damit, dass der raum- oder evtl. auch luftgestützte Sensor einen Raketenstart entdeckt.

Der Alarm geht an die Bodenstation und Gefechtsführung, weitere Radare (boden- oder schiffsgestützt) werden eingesetzt zur Überwachung, Flugbahnbestimmung und Flugverfolgung. Der Abfangflugkörper wird gestartet und von den Radaren eingewiesen. Er erneuert seine Daten während des Fluges und findet mit dem Suchkopf sein Ziel, trifft und zerstört den Gefechtskopf.

Zu den technologischen Herausforderungen in allen Phasen gehört die Systemintegration. Das Zusammenspiel aller Bekämpfungskomponenten mit vernetztem Battle Management, Command, Control, Communication und Intelligence ist von großer Bedeutung.

Die Startphase ist besonders zeitkritisch. Die Frühwarnung muss rechtzeitig erfolgen, es muss schnell und gut diskriminiert werden, ein Fehlalarm sollte ausgeschlossen werden. Um eine angreifende Rakete so früh zu treffen, sind schnelle Flugkörper notwendig.

In der mittleren Flugphase ist die weiteste Entfernung zurückzulegen, weshalb der Antrieb eine besondere Herausforderung darstellt. Um wirklich den Gefechtskopf mit evtl. MVW treffen zu können, sollte der Suchkopf des Abfangflugkörpers in der Lage sein, den Gefechtskopf auch aus einer evtl. Ansammlung von Täuschkörpern und Raketenfragmenten der abgetrennten Stufen herauszufinden.

In der Endphase geht es vor allem um die vollständige Zerstörung des Gefechtskopfes.

Das amerikanische Raketenabwehrprogramm umfasst das Abfangen von allen Bedrohungen jeder Reichweite und in jeder Abfangphase.

Das aktuelle Thema ist die Stationierung einer ersten Abwehrfähigkeit in den USA Ende 2004.

Diese Stationierung findet im politischen Umfeld des amerikanischen Wahlkampfes statt. Sie ist auch innerhalb der USA umstritten, da die Systeme ohne ausreichende Einsatztests an ihren Einsatzort gebracht werden und z.B. das notwendige Potenzial an ausgebildeten Operateuren für einen Dauerbetrieb noch nicht zur Verfügung steht. Die im Herbst 2004 stationierten Systeme sind Teil der Testumgebung (Missile Defense-Testbed) für die Entwicklung des Gesamtsystems zum Schutz des amerikanischen Festlandes. Es hat die notwendige Infrastruktur und es werden weitere Tests dort stattfinden.

Es sollen bis zu 20 bodengestützte Abfangraketen der Groundbased Midcourse Defense (GMD) – der bodengestützten Abwehr in der mittleren Flugphase – stationiert werden. Stationierungsorte sind zunächst Fort Greely, Alaska und Vandenberg Air Force Base.

Erste Elemente der schiffsgestützten Abwehr werden miteinbezogen. Bis Ende 2005 sollen drei Aegis-Cruiser raketenabwehrfähig sein, mit bis zu zehn Standard Missile 3 – Flugkörpern. Deutschland untersucht in Studien verschiedene Architekturen und Technologien und beteiligt sich z.B. an dem trilateralen Medium Extended Air Defense System Programm (MEADS). Eine Abschätzung der Kosten für Entwicklung und Stationierung von MEADS (USA 55%; Deutschland 28%; Italien 17%) geht von ca. \$ 23 Milliarden aus.

Die Kosten der Raketenabwehr sind erheblich. So kostet beispielsweise ein Flugtest für das Abfangen in der mittleren Flugphase mehr als 100 Mio. €. Einige Beispiele für eine Kostenabschätzung (Minimum) für die US-Programme:

- Groundbased Midcourse Defense (GMD): \$ 76.2 Milliarden
- Seabased Midcourse Defense (SMD): \$ 37.1 Milliarden
- Theater High Altitude Air Defense (THAAD): \$ 21.9 Milliarden
- Spacebased Laser (SBL): \$ 134.5 Milliarden

Durch die Spannungen der USA mit Nordkorea steigt der Wunsch, Raketen in der Startphase abzufangen. Das Ziel ist, über dem Gebiet des Angreifers die Bedrohung zu bekämpfen und die Folgen des Abfangens möglichst auf das Angreiferland einzugrenzen.

Zu den Nachteilen gehört vor allem die Zeit, das Schlüsselproblem der Startphase. Die Startphase dauert ca. 180-300 sek. und reduziert eine Entscheidungszeit auf ca. 30 sek. Damit ist nur ein automatisierter Abschuss sinnvoll. Technologisch sind (nach den Ergebnissen der American Physicist Society

(APS)-Studie) Flüssigtreibstoff-Raketen abfangbar, in Abhängigkeit von Brennzeit der Angreiferrakete und Geschwindigkeit der Abfangrakete.

Diskutiert und teilweise in der Entwicklung (USA) sind boden-, schiffs- und raumgestützte Flugkörper, der Airborne Laser (ABL) und der Spacebased Laser (SBL).

Der Startphasenabschuss mit Flugkörpern wird in den Konzepten häufig schiffsgestützt angedacht, raumgestützt gibt es erste Konzeptüberlegungen. Das Flugzeug des ABL fliegt, problematisch ist die Leistung des Lasers, es kommt zu Entwicklungsverzögerungen. Der SBL wird zur Zeit nur auf der Grundlagenforschungsebene verfolgt. Kritisch sind in der Startphase Diskriminierung und Fehlalarm zu sehen.

Ausblick

Die grundsätzliche Machbarkeit eines Objekt- bzw. Punktverteidigungssystems ist nachgewiesen. Eine neue Machbarkeitsstudie der NATO zur strategischen/globalen Raketenabwehr (Missile Defence) läuft.

Wurden in Deutschland in den letzten Jahren Abwehrmöglichkeiten biologischer und chemischer Bedrohung untersucht, wird nun auch die nukleare Bedrohung mitbetrachtet. Im Rahmen der Raketenabwehr stellen sich die Fragen nach den Auswirkungen beim Abfangen von Flugkörpern mit nuklearem Gefechtskopf. Das INT hat eigene Voruntersuchungen durchgeführt und Studien vergeben und will, sobald Mittel hierfür verfügbar sind, mit den vertiefenden Untersuchungen beginnen.

In der ELV gibt es seit Jahren den multinationalen und teilstreitkräfteübergreifenden Einsatz.

Diese Erfahrungen können für den Transformationsprozess der Bundeswehr ausgewertet werden. Beispiel hierfür ist die Joint Optical Windmill Übung in Kreta diesen Jahres. Die erste Übung zur Vernetzten Operationsführung „Common Arrangement 04“ nutzt diese Möglichkeit.

Damit kann die ELV, auch wenn sie vom Konfliktlösungsansatz eines der letzten Mittel ist, Beiträge zur Transformation und Konfliktbewältigung leisten.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Ergebnisse der ELV auch für die neuen Aufgaben des Bereiches Übergreifende Analysen im INT, wie Transformation und Vernetzte Operationsführung, einzubeziehen und Synergieeffekte zu nutzen.

Installation von faseroptischen Dosimetriesystemen am neuen „Free-Electron-Laser“ des DESY Hamburg

Installation von faseroptischen Dosimetriesystemen am neuen „Free-Electron-Laser“ des DESY Hamburg

Dr. Jochen Kuhnnehn

Einleitung

Nachdem sich in den letzten Jahren die Entwicklung der „Free-Electron-Laser“ (FEL) vor allem mit den technischen Aspekten der Realisierung befasst hatte, treten nun vermehrt die Anwendungen in den Vordergrund, welche diese hochintensiven und kohärenten Strahlungsquellen nutzen. Damit ergeben sich für die Betreiber solcher Strahlungsquellen neue Herausforderungen, die eine Orientierung weg von der Forschung und Entwicklung der Beschleunigertechnologie hin zu einem zuverlässigen Betrieb für Nutzer aus Wissenschaft und Industrie bedeuten.

Hohe Zuverlässigkeit, unterbrechungs-freier Betrieb und eine permanente Überwachung der Beschleunigerparameter ist also unabdingbar. Die Überwachung und Diagnose der Strahlführung ist hierbei von besonderem Interesse, da bei nicht optimalen Einstellungen eine Schädigung oder gar Zerstörung von empfindlichen Komponenten auftreten kann, welche dann zu langen Unterbrechungen führt.

Das Fraunhofer INT hat bereits den Aufbau der ersten Stufe des TESLA-Projekts (Tera Electron Volt Energy Superconducting Linear Accelerator), der TESLA Test Facility (TTF) begleitet und während dieser Zeit mehrere Systeme zur faseroptischen Sensorik von ionisierender Strahlung entwickelt. Für die Erweiterung von TTF zur Nutzung durch externe Wissenschaftler und Industriekunden wurden diese Entwicklungen optimiert und wesentlich erweitert und für einen routinemäßigen Einsatz als Diagnoseinstrument installiert.

VUV-FEL bei TESLA

Im Jahr 2003 wurde die Testphase durch TTF abgeschlossen und die Erweiterung der Anlage zum „VUV-FEL“ (VUV = Vakuum-Ultraviolett, Licht einer Wellenlänge von 1 bis 200 nm) begonnen. Er wird weiches Röntgenlicht bis zu einer Wellenlänge von 6 nm zur Verfügung stellen. Dazu wird die bisherige 100 Meter lange TESLA Test Facility auf insgesamt 260 Meter verlängert und zum VUV-FEL, einer Pilotanlage für den Röntgenlaser XFEL, ausgebaut. Die Anlage besteht aus einem Linearbeschleuniger in supraleitender TESLA-Technologie, in dessen hintereinander geschalteten Resonatoren der Elektronenstrahl auf eine Energie von einer Milliarde Elektronenvolt (1 GeV) beschleunigt wird. Anschließend durchläuft der Strahl einen 30 Meter langen Undulator, in dem er weiche Röntgenstrahlung nach dem SASE-Prinzip erzeugt. Die intensiven Lichtblitze werden dann auf insgesamt fünf Messplätze verteilt. Bis zum Jahr 2008 wird der VUV-FEL bei DESY der weltweit einzige für den Bereich der weichen Röntgenstrahlung sein.

Parallel zu dieser Erweiterung der TTF zum VUV-FEL begann das Fraunhofer INT damit, seine bis dahin erzielten Ergebnisse und Kenntnisse auf dem Gebiet der faseroptischen Strahlungssensorik für die neuen Anforderungen an Zuverlässigkeit und Nutzerfreundlichkeit umzusetzen. Zur geplanten Inbetriebnahme Ende 2004 werden insgesamt vier faseroptische Strahlungsmesssysteme am VUV-FEL zum Einsatz kommen, die vom Fraunhofer INT entwickelt wurden. Zusätzlich wird ein neues Messprinzip erstmalig getestet, mit welchem permanent auch die Strahlenschädigung der Sensorfaser überwacht werden soll (vgl. Abb. 12).



Abb. 12: Ein Teil des neu entwickelten Spektrometersystems. Es ermöglicht die permanente Überwachung der eingesetzten Glasfasern und dient der rechtzeitigen Planung einer Erneuerung der geschädigten Fasern. Zu sehen sind die verschiedenen Komponenten zur Computersteuerung und Datenübermittlung. Die Datenauswertung und Steuerung ist weltweit über das Internet möglich.

Faseroptische Strahlungssensorik

Die insgesamt vier vom Fraunhofer INT für DESY entwickelten faseroptischen Strahlungsmesssysteme basieren auf zwei verschiedenen physikalischen Effekten: Der „Trübung“, d.h. einer induzierten Dämpfungszunahme einer strahlungsempfindlichen Phosphordotierten Glasfaser durch ionisierende Strahlung und dem Entstehen von Tscherenkow-Licht, wenn hochenergetische geladene Teilchen (hier Elektronen) eine Faser durchdringen. Die hierbei verwendete Glasfaser sollte möglichst strahlungsunempfindlich sein, um eine lange Einsatzzeit zu erzielen.

Die vier Systeme erfüllen sich ergänzend und unabhängig voneinander verschiedene Zielsetzungen. Die beiden auf dem Tscherenkow-Effekt basierenden Systeme erlauben es, auf Entfernungen von etwa 30 m in Echtzeit Beschleunigerabschnitte mit höheren Strahlverlusten zu identifizieren und bei Überschreiten eines Grenzwertes automatisch den Beschleunigerbetrieb zu unterbrechen, um Beschädigungen zu vermeiden.

Die beiden anderen Systeme, basierend auf der strahlungsinduzierten Dämpfung, dienen der Langzeiterfassung der deponierten Dosis entlang des Beschleunigers und insbesondere im Bereich des Undulators, in welchem strahlungsempfindliche Permanentmagnete eingesetzt werden (vgl. Abb. 13).

Die Aufgaben des Fraunhofer INT während der Entwicklung und Installation der faseroptischen Strahlungssensorik am VUV-FEL des DESY beinhalten die Konzeption der Systeme, die Auswahl und Qualifizierung der zu nutzenden Komponenten, den Aufbau und die Integration in Gesamtsysteme sowie deren Test und Steuerung.



Abb. 13: Ansicht der neu installierten Sensormodule am Undulator (erkennbar an den hellroten Zuführungskabeln). Diese lokalen Messstellen erfassen die Dosis unmittelbar am Strahlrohr. Gleiche Sensorspulen befinden sich auch auf der Rückseite des Undulators, so dass eine rechts-links Asymmetrie festgestellt werden kann (Siehe Abb. 14).

Die Konzeption erfolgte in enger Absprache mit den Betreibern des VUV-FEL auf der Grundlage der bereits an der TTF gewonnenen Erfahrungen. Bisherige Einschränkungen und Nachteile (z.B. der relativ hohe Zeitaufwand bei Wartungen und die unvollständige Integration in die Kontrollsysteme) sollten aufgehoben werden. Zusätzliche Daten sollten durch die Erweiterung bestehender Systeme gemessen werden. Schließlich wurde ein komplett neues System entwickelt, welches zunächst in einem Testbetrieb betrieben wird.

Für das System, welches auf der Basis eines OTDR-Messgeräts (Optical Time Domain Reflectometry) arbeitet und die Dosisverteilung über größere Längen entlang des ganzen Beschleunigers

Installation von faseroptischen Dosimetriesystemen am neuen „Free-Electron-Laser“ des DESY Hamburg

messen kann, wurde eine neue Auswertungsmethodik entwickelt, welche die besonderen Eigenschaften des aufgezeichneten Messsignals berücksichtigt und zu deutlich verringertem Rauschen führt.

Bei dem zweiten, ebenfalls auf der Dämpfungszunahme der Faser basierenden System, welches die Dosis an bestimmten Punkten im Undulator mit hoher Auflösung messen kann, wurde die Anzahl der Messpunkte mehr als verdreifacht. Zusätzlich wurde die Messfrequenz deutlich erhöht, so dass Ergebnisse schneller vorliegen und somit früher auf mögliche Fehleinstellungen des Beschleunigers im Bereich der Undulatoren reagiert werden kann. Schließlich wurde durch den Einsatz von mikro-optomechanischen Komponenten die nutzbare Lichtleistung wesentlich erhöht und dadurch der verfügbare dynamische Bereich des Messsystems erweitert.

Beide auf der Dämpfungszunahme basierenden Systeme messen die Dosis integrierend, das heißt, sie mitteln über sehr viele Strahlpakete und bieten eine Zeitauflösung von einigen Minuten. Dem gegenüber hängen die Signale der Tscherenkow-Systeme direkt von dem aktuellen Elektronenpaket ab. Sie geben in Echtzeit Auskunft über die Strahlverluste. Daher sind hier die Anforderungen an die Signalerfassung und -verarbeitung besonders hoch. Je nach Zustand des Beschleunigers und der dabei auftretenden Verluste haben die zu detektierenden Signale eine große Varianz in der Amplitude. Daher wurden die entsprechenden Detektoren mit einer Schaltung ausgestattet, die es per Software erlaubt, im Betrieb ohne Zugang zum Beschleunigertunnel die Empfindlichkeit anzupassen.

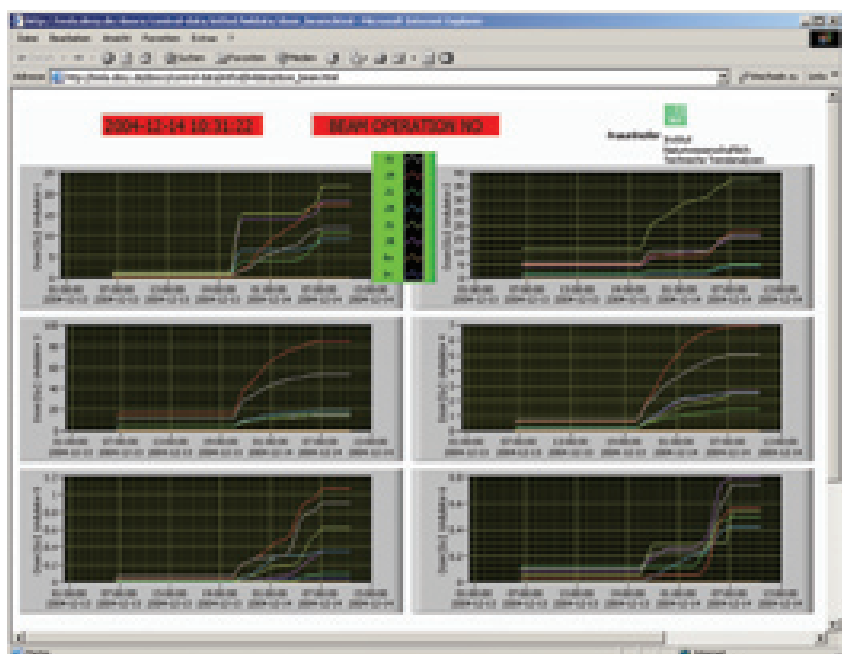
Die dabei genutzten Glasfasern weisen für eine erhöhte Nachweiswahrscheinlichkeit einen relativ großen Durchmesser

von 300 µm auf. Für zukünftige Anwendungen dieser Methode untersuchte das Fraunhofer INT ähnliche Fasern mehrerer Hersteller, um die strahlungsbeständigsten zu identifizieren. Im Rahmen dieser Tests konnte in enger Zusammenarbeit mit drei Produzenten detailliert der Einfluss bestimmter Herstellungsparameter auf die Strahlungsempfindlichkeit untersucht werden.

Zusammenfassung

Für den VUV-FEL des DESY Hamburg wurden aufbauend auf den langjährigen Erfahrungen des INT insgesamt vier verbesserte oder neuartige faseroptische Strahlungsmesssysteme entwickelt und installiert. Dabei wurde insbesondere auf die Nutzer- und Wartungsfreundlichkeit Wert gelegt, um den veränderten Anforderungen am VUV-FEL Rechnung zu tragen. Die Ergebnisse werden nicht nur in das DESY-Kontrollsystem DOOCS integriert und sind für die Operateure dadurch jederzeit verfügbar, sondern sind auch über das Internet für jeden berechtigten Nutzer zugänglich, so dass eine Fernbetreuung durch das INT möglich ist (vgl. Abb. 14).

Abb. 14: Ansicht der Messergebnisse des lokalen Dämpfungssystems in einem Internet-Browser. Damit ist die Überwachung der Systeme nicht nur vom Kontrollraum aus möglich. Die asymmetrische Dosisverteilung rechts und links wird z.B. sichtbar in der Differenz zwischen der roten und weißen Kurve.



Terahertz-Strahlen

Dr. Michael Suhrke

Einführung

Gegenwärtig hört man zunehmend von spektakulären Eigenschaften der so genannten Terahertz-Strahlen. Diese liegen mit Frequenzen zwischen 0.1 und 10 Terahertz ($1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$) beziehungsweise mit Wellenlängen um einige Zehntel Millimeter im elektromagnetischen Spektrum zwischen dem infraroten Licht und den Mikrowellen (vgl. Abb. 15) und verfügen so über wesentliche Vorteile beider angrenzender Spektralbereiche. Einerseits sind ähnlich wie für Mikrowellen viele optisch undurchsichtige Materialien in der Terahertz-Region transparent. Das gilt insbesondere für trockene Dielektrika wie beispielsweise Stoffe, Karton, Plastik, Holz, Keramik und sogar dünne Mauern. Polare Flüssigkeiten wie Wasser verhalten sich hingegen hochabsorbierend und Metalle stark reflektierend. Andererseits sind Terahertz-Strahlen wegen ihrer kürzeren Wellenlängen im Vergleich zu den Mikrowellen besser fokussierbar, so dass wie mit infrarotem Licht scharfe Bilder möglich werden. Nachteilig wirkt sich allerdings die in den Terahertz-Bereich hinein stark ansteigende Absorption durch den Wasserdampf in der Atmosphäre und die daraus resultierende, außerhalb einiger „Fenster“ relativ geringe Reichweite der Terahertz-Strahlen von wenigen hundert Metern aus.

Quellen

Noch vor kurzem gehörte die Terahertz-Region zu den letzten weitgehend unerforschten Spektralbereichen. Den Hauptgrund stellte die mangelnde Verfügbarkeit von Strahlungsquellen dar. Vakuum-Quellen wie Klystron, Magnetron, Gyrotron oder Rückwärtswellen-Oszillator, die für Hochleistungs-Mikrowellen eine große Rolle spielen, sind derzeit für den Terahertz-Bereich nur begrenzt verfügbar und dabei relativ unhandlich. Billige und kompakte Quellen werden gegenwärtig hauptsächlich auf der Basis von Halbleitern hergestellt. Dabei benutzt man für niedrigere Frequenzen im Mikrowellen-Bereich (bis 0.1 THz) traditionell elektronische Schaltkreise mit Halbleiterelementen wie Gunn- oder IMPATT-Dioden sowie Frequenzvervielfacher (harmonic generation, HG) mit Galliumarsenid-Schottky-Barrieren- oder Heteroübergangs-Barrieren-Varactor-Dioden. Wegen der ansteigenden Hochfrequenzverluste sinkt deren Ausgangsleistung aber stark mit wachsender Frequenz.

Höhere Frequenzen ab dem Infraroten erzeugt man optisch mit Halbleiterlasern zum Beispiel auf der Basis von III-V-Halbleitern. Die möglichen Frequenzen sind jedoch durch die energetische Bandstruktur der benutzten Halbleiter gegeben und für Frequenzen unterhalb von 30 THz fehlen weitgehend natürliche Materialien, wofür der Begriff „Terahertz-Lücke“ geprägt wurde. Eine Ausnahme stellen hier die infrarot-

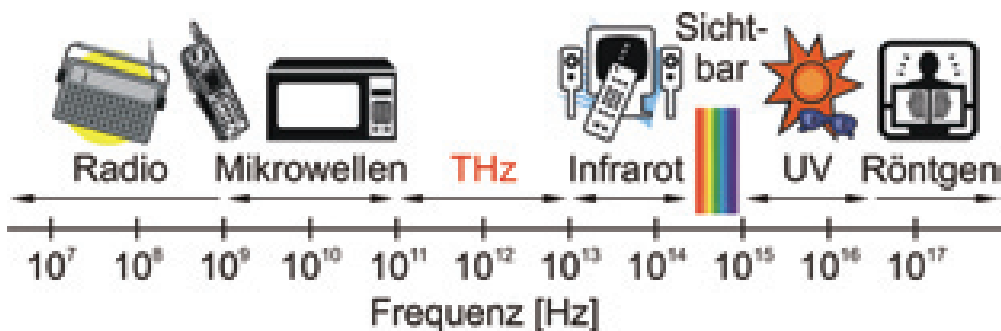


Abb. 15: Ausschnitt aus dem elektromagnetischen Spektrum

gepumpten Gas-Laser dar, die aber nicht portabel sowie nur schlecht abstimmbar sind. Der Germanium-Laser, der optische Übergänge im Valenzband von Germanium (Ge) ausnutzt, benötigt sehr tiefe Temperaturen um $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ und arbeitet bisher noch nicht im Dauerstrichbetrieb.

Zur Vernachlässigung der Terahertz-Region in der Vergangenheit trug neben der Quellenproblematik auch die Tatsache bei, dass man außerhalb der Astronomie kaum Anwendungen sah. Die reichhaltige Terahertz-Strahlung aus dem Weltall liefert schon seit längerem Informationen beispielsweise über die Frühgeschichte des Universums oder die Entstehung von Sternen.

Die gegenwärtig zu beobachtende Änderung der beschriebenen Situation hat zwei wesentliche Ursachen. Zum einen gelang Mitte der 90er Jahre ein Durchbruch mit der Demonstration eines ersten Bildgebungssystems unter Nutzung von Terahertz-Strahlen. Zum anderen sind in den letzten Jahren sowohl auf der elektronischen als auch auf der optischen Seite deutliche Fortschritte in der Entwicklung von Quellen erzielt worden (vgl. Abb. 16) und diese Entwicklung setzt sich weiter in den Terahertz-Bereich hinein fort.

Die oben genannten Vorteile der Halbleiterquellen besitzt der Quanten-Kaskaden-Laser (quantum cascade laser, QCL). Das ist eine künstliche, mittels Molekularstrahl-Epitaxie gewachsene Struktur aus mehr als 1000 Schichten verschiedener Halbleiter von einigen Nanometern Dicke. Sie gestattet es, die Frequenz des ausgestrahlten Laserlichts durch geeignete Wahl der Schichtdicken flexibel auf den gewünschten Terahertz-Bereich einzustellen. Bei den Betriebstemperaturen gab es sichtbare Fortschritte seit der ersten Realisierung eines Terahertz-Quanten-Kaskaden-Lasers bei $-220\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Jahre 2002.

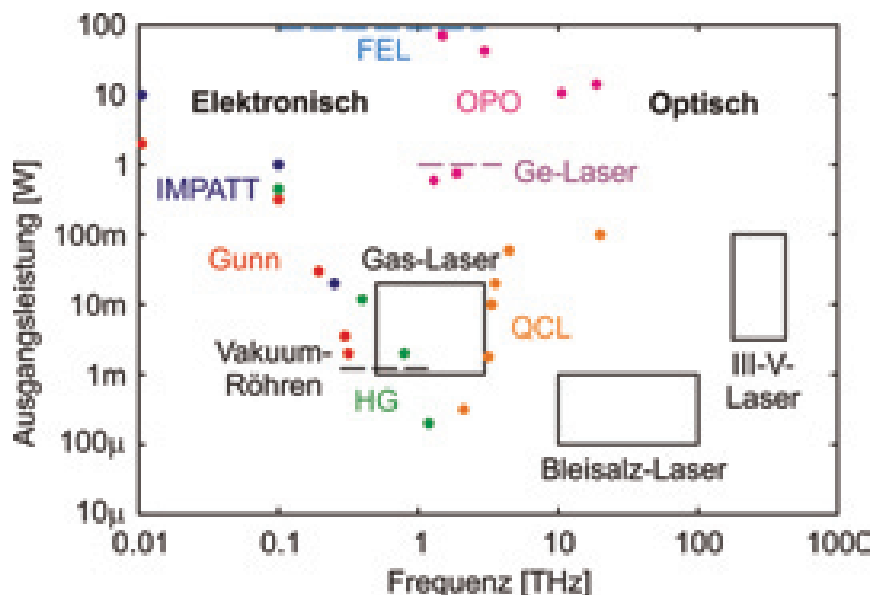


Abb. 16: Aktueller Entwicklungsstand bei Terahertz-Quellen

Heute liegt die Rekordtemperatur bei $-136\text{ }^{\circ}\text{C}$ und tragbare Geräte mit thermoelektrischer Kühlung, die bei etwa $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ arbeiten sollen, werden anvisiert. Kürzlich wurde auch gezeigt, dass Dauerstrichbetrieb bei Temperaturen oberhalb der des flüssigen Stickstoffs ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) möglich ist. Gearbeitet wird noch an verstimmbaren Lasern und an der Operation bei niedrigeren Frequenzen unterhalb von 2 THz.

Eine andere Möglichkeit im Dauerstrichbetrieb ist die nichtlineare Photomischung. Dabei strahlen zwei Infrarot-Laser oder ein Zweifarben-Laser mit leicht unterschiedlichen Frequenzen auf bestimmte Halbleiter wie zum Beispiel Galliumarsenid oder Zinktellurid. In einem nichtlinearen optischen Prozess emittiert der Halbleiter die Differenzfrequenz im Terahertz-Bereich. Von Nachteil ist hier die sehr niedrige Konversionseffizienz, die nur geringe Ausgangsleistungen gestattet. Höhere Effizienzen können mit dem optischen parametrischen Oszillator (OPO) erreicht werden. Hierbei wird ein gepulster Infrarot-Hochleistungslaser benutzt, um

parametrische Wechselwirkungen in einem nichtlinearen Kristall wie Lithiumniobat, Galliumphosphid, Galliumselenid oder Zinkgermaniumdiphosphid zu induzieren. Neben der hohen Ausgangsleistung im Milliwatt- bis Watt-Bereich sind diese Quellen in einem weiten Bereich von mehreren Terahertz abstimmbar.

Die höchsten Ausgangsleistungen wurden bisher mit dem Freie-Elektronen-Laser (FEL) erzielt. Dabei nutzt man die Synchrotronstrahlung relativistischer Elektronenpakete im Magnetfeld. Diese Quellen sind jedoch bei weitem zu kostenaufwendig und für die meisten praktischen Anwendungen nicht handhabbar.

In der Bildgebung und in der Zeitbereichs-Spektroskopie werden heute vor allem extrem kurze Strahlungspulse von wenigen Pikosekunden Dauer genutzt. Die zugehörigen Frequenzspektren haben ihr Maximum bei einigen Terahertz und Bandbreiten von bis zu 50 THz. Hierzu sendet man einen Laserpuls auf einen nichtlinearen optischen Kristall oder eine photoleitende Dipolantenne und erzeugt so den Terahertz-Puls. Die dabei benötigten Femtosekunden-Laser sind allerdings noch sehr teuer und voluminös.

In Zukunft könnte auch die Mikrofertigung (microelectromechanical systems, MEMS) für miniaturisierte Vakuum-Technologien zur Herstellung von Terahertz-Quellen zum Einsatz kommen. Ziel sind Ausgangsleistungen im oberen Milliwatt-Bereich bei Frequenzen oberhalb von 1 THz.

Anwendungen

Die traditionelle Anwendung von Terahertz-Strahlen, wie sie auch in der Astronomie zum Einsatz kommt, ist die Terahertz-Spektroskopie. Dabei macht man sich zunutze, dass leichte Moleküle

sehr charakteristische Absorptionsspektren im Terahertz-Bereich besitzen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von „Fingerabdrücken“ der verschiedenen Moleküle. Die auf der Basis neuer günstiger Quellen vorgeschlagenen Einsatzmöglichkeiten reichen von der Materialprüfung, wie beispielsweise die Erkennung verschiedener Polymorphe von Pharmazeutika, die schon für kommerziell gepresste Tabletten demonstriert wurde, über die für die Klimaforschung wichtige Beobachtung von Spurengasen in der Atmosphäre bis hin zum Auffinden von Asbestverunreinigungen in Beton. Die Unterscheidbarkeit der Spektren verschiedener räumlicher Strukturen von biologischen Molekülen eröffnet neue Möglichkeiten bei der Erforschung von Allergien, Stoffwechselkrankheiten, Rinderwahnsinn (BSE) oder neurodegenerativen Erkrankungen wie Alzheimer oder Parkinson. In der Gentechnik können Terahertz-Strahlen für markerfreie Analyseverfahren mit hoher räumlicher Auflösung verwendet werden. Erfolgreich vorgeführt wurde auch die Unterscheidung verschiedener Drogen von harmlosen Pulvern in verschlossenen Umschlägen.

Zu den sicherheitsrelevanten Anwendungen gehört die Entdeckung von versteckten Explosivstoffen wie TNT, SEMTEX oder C4 über ihre spektralen Signaturen. Auch die Verwendung von Terahertz-Strahlen zur Früherkennung von Bedrohungen durch B- und C-Waffen wurde vorgeschlagen. Beispielsweise zeigen chemische Kampfstoffe wie Sarin oder Soman ausgeprägte Absorptionscharakteristika bei 0.2 - 0.3 THz. Ferner wurde über die erfolgreiche Unterscheidung von Milzbrandregenern in Briefen von harmlosen Substanzen berichtet. Die Eindeutigkeit von Absorptions-Spektren biologischer Materialien wird allerdings kontrovers diskutiert. Für solche Aufgaben muss

die Reichweite der Systeme, die heute wegen der geringen Ausgangsleistungen der verwendeten Quellen nur wenige Meter beträgt, deutlich gesteigert werden. Im interessantesten Frequenzbereich zwischen 0.3 und 1.5 THz sollen Reichweiten auf Meereshöhe von mehr als 100 m für die Personenkontrolle, zum Beispiel zum Entdecken von Selbstmordattentätern, und von mehr als 1 km für die B- und C-Waffen-Erkennung erreicht werden. Die notwendigen Ausgangsleistungen betragen mehr als 1 Watt, idealerweise mehr als 10 Watt. Am Erfolg versprechendsten, auch im Hinblick auf portable Geräte, sind hierfür optische parametrische Oszillatoren, Frequenzvervielfachung von Millimeterwellen-Quellen, Quanten-Kaskaden-Laser und optische Mischer. Es sei angemerkt, dass sich die Durchdringung der Atmosphäre für größere Höhen deutlich verbessert und bereits in 10 km Höhe faktisch ungedämpft geschieht.

Ein großes Anwendungspotenzial besitzen Terahertz-Bildgebungssysteme. Aktive Systeme tasten die abzubildende Fläche Punkt für Punkt mit Terahertz-Strahlen ab und bauen so ein zweidimensionales Bild auf. Der Kontrast ergibt sich aus unterschiedlichem Reflexionsvermögen beziehungsweise Absorptionsvermögen und Brechungsindex und ist insbesondere für Papier, Plastik oder Keramik deutlich besser als für Röntgenstrahlen. Ebenfalls realisiert wurde ein passives System, das die natürliche Abstrahlung jedes Körpers im Terahertz-Spektrum detektiert. Durch Fokussierung der Terahertz-Strahlen auf unterschiedliche Schichten des Untersuchungsgegenstands sind auch dreidimensionale Abbildungen, d. h. Terahertz-Tomografie möglich.

Unbefriedigend sind noch heutige Abtast-Zeiten im Minutenbereich. Durch parallele Bildverarbeitung, insbesondere für Distanzanwendungen

mit Empfängeranordnungen in der Brennebene, und Verwendung von effizienten numerischen Algorithmen sollen sie jedoch zukünftig auf wenige Sekunden reduziert werden. Die räumliche Auflösung ist im Fernfeld durch die benutzten Wellenlängen gegeben, mittels Nahfeld-Mikroskopie wurden jedoch schon Auflösungen von wenigen hundert Nanometern erreicht.

In der Medizin nutzt man die Empfindlichkeit der Terahertz-Strahlen für den Wassergehalt von Proben zur Unterscheidung von gesundem und krankem Gewebe bei der Krebserkennung. Viel versprechend ist wegen ihrer begrenzten Eindringtiefe in feuchtes Gewebe insbesondere die Diagnose von Hautkrebs ohne Biopsie. Auch zur schonenden Erkennung von Karies sollen Terahertz-Strahlen verwendet werden, da sie im Unterschied zu Röntgenstrahlen und UV-Licht wegen ihrer vergleichsweise geringen Energie keine ionisierende Wirkung haben. Weitere Anwendungsgebiete eröffnen sich im Handel bei der Erkennung des Fett- und Muskelanteils von Fleisch sowie des Reifegrades von Früchten oder in der Materialprüfung. So prüft die NASA gegenwärtig die Verwendung von Terahertz-Strahlen bei der Kontrolle der Schaumstoffisolierung der Treibstofftanks für das amerikanische Space Shuttle auf verborgene Fehler, wie sie wahrscheinlich zum Absturz der Raumfähre Columbia führten.

Andererseits sollen Terahertz-Strahlen mittels berührungsloser Sicherheitschecks auf Flughäfen dazu dienen, in Kleidung und Verpackung verborgene Gegenstände, wie zum Beispiel Waffen aus Keramik oder Plastik aufzuspüren. Im Unterschied zur spektralen Signatur bei der Drogen- und Sprengstofferkennung wird hier die geometrische Form des Objekts identifiziert. Mit einer passiven Terahertz-Kamera ist auch verdecktes Scannen möglich. Bei Grenz-

kontrollen kann durch LKW-Planen hindurch illegale Einwanderung und Schmuggel aufgedeckt werden. Dazu existieren bereits Millimeterwellen-Systeme, deren Ortsauflösung mit Terahertz-Strahlen erhöht wird. Erste Versuche gibt es auch zur Entdeckung von vergrabenen nichtmetallischen Landminen.

Schließlich ist durch die hohe Richtwirkung für Terahertz-Strahlen im Vergleich zu den Mikrowellen schon mit kleinen Antennen eine sichere Breitbandkommunikation möglich. Wegen der Ausbreitungsprobleme in der Atmosphäre soll hierzu der untere Terahertz-Bereich benutzt werden. Natürlich entfallen diese Schwierigkeiten bei der Inter-Satelliten-Kommunikation.

Zusammenfassung und Ausblick

Gegenwärtig erleben wir weltweit zunehmende Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Terahertz-Technologie. In den USA zeigt sich das Interesse an der Thematik in der staatlichen Förderung von Universitäten und Firmen durch das Department of Defense, die National Science Foundation, die National Institutes of Health und die NASA. Sicherheitsanwendungen sind hier eine wichtige Triebkraft. Europa hat bedeutende Stärken im Vergleich zu den USA insbesondere in der Terahertz-Sensorik. Zu den europäischen Initiativen zählen die bereits beendeten Programme TERAVISION zur Entwicklung von Bildgebungssystemen, WANTED zur Entwicklung von Terahertz-Quellen wie dem Quanten-Kaskaden-Laser und THz-BRIDGE zu biologischen Effekten von Terahertz-Strahlen. TERANOVA heißt der gerade gestartete Nachfolger von TERAVISION, in dem es um die Anwendung von

Sensor- und Bildgebungssystemen in Biotechnologie, Gesundheitswesen, Sicherheitstechnik und Prozessbeobachtung geht. Ein nationales Programm existiert beispielsweise in Großbritannien. In Asien konzentrieren sich die Aktivitäten insbesondere auf Japan, aber auch Korea, Taiwan und China betreiben Forschung zu Terahertz-Technologien.

Im Mittelpunkt der weltweiten Bemühungen stehen vor allem Quellen mit höherer Ausgangsleistung, insbesondere für großflächige und Distanzanwendungen sowie zur Echtzeitabtastung. Einige Firmen in den USA, Großbritannien und Japan bieten bereits kommerzielle aktive Systeme für Nahanwendungen an und von passiven Systemen existieren Prototypen. Eine Herausforderung besteht hier noch in einer deutlichen Senkung der Preise, da die heutigen aktiven Geräte auf teuren Femtosekunden-Lasern basieren. Erste Anwendungen in größerem Maßstab zeichnen sich in der biomedizinischen Bildgebung und genetischen Diagnostik sowie in der Materialprüfung und in der Sicherheitstechnik ab. Zur endgültigen Etablierung der Terahertz-Strahlen sind jedoch noch weitere technologische Durchbrüche nötig.

Der Teleskopdetektor: Ein Germaniumdetektor zur Messung von Gammaspektren in extrem weitem Energiebereich

Der Teleskopdetektor: Ein Germaniumdetektor zur Messung von Gammaspektren in extrem weitem Energiebereich

Dr. Monika Risse

Zum Nachweis radioaktiver γ -Strahlen und der Identifikation des vermessenen Materials werden hochauflösende Germaniumdetektoren eingesetzt. Für unterschiedliche Aufgaben müssen Detektoren mit unterschiedlichen Charakterisierungen eingesetzt werden. So ist eine Plutonium und Uran Quantifizierung nur mit einem sogenannten UPu-Detektor möglich, der eine gute Auflösung im unteren Energiebereich (bis 300 keV) besitzt. Radioaktive Quellen, die charakteristische Gammalinien im höheren Energiebereich besitzen, z.B. ^{60}Co und ^{137}Cs , können jedoch mit einem solchen Detektor nicht nachgewiesen werden. Daher musste bislang vor der gammaspektroskopischen Messung entsprechend des Messziels entschieden werden, was für ein Detektor eingesetzt werden soll.

In denkbaren Einsatzszenarien müssen außerhalb des Labors möglichst schnell Quellen vermessen werden, bei denen nicht bekannt sein dürfte, was für eine radioaktive Quelle bzw. ob nukleares Material vorhanden ist. Um eine genaue Identifikation zu ermöglichen, müssen bislang zwei Messungen durchgeführt werden. Damit nur noch ein Detektor eingesetzt werden muss, mit dem dann gleichzeitig beide Informationen erhalten werden, ist entsprechend unseren Anforderungen von der Firma Canberra ein Teleskopdetektor gefertigt worden. Eine Prinzipskizze der Kristallanordnung ist in Abb. 17 gezeigt.

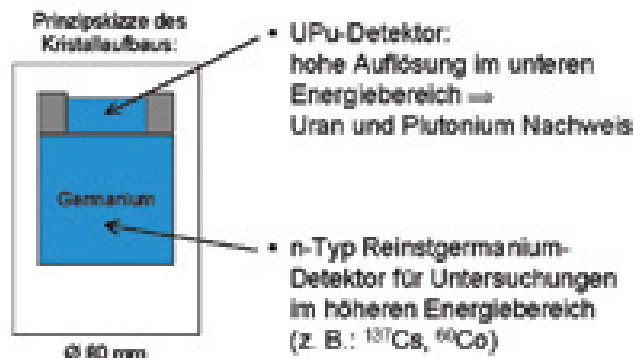


Abb. 17: Prinzipskizze des Kristallaufbaus, der planare UPu-Detektor wird TELU genannt, der großvolumigere Detektor TELO.

Es befinden sich zwei Germanium Kristalle hintereinander gesetzt im Detektorkopf. Nahe zur Endkappe sitzt ein planarer Detektor zum Einsatz im unteren Energiebereich für die Uran und Plutonium Analyse. Er wird TELU genannt von **Teleskopdetektor U**Pu bzw. im **u**nteren Energiebereich. Dahinter schließt sich ein größerer Kristall für Messungen im höheren Energiebereich an. Dieser Detektor wird TELO genannt von **Teleskopdetektor** im **o**beren Energiebereich. Da dieser Detektor für den Nachweis höherenergetischer γ -Quanten gedacht ist, wirkt sich die durch den vorgelagerten TELU Detektor im unteren Energiebereich hervorgerufene Abschwächung nicht nachteilig aus.

Für den Nachweis von Plutonium ist es notwendig, eine etwa 1 mm dicke Zinn-Klappe vor den Detektor zu bringen, um die starke 60 keV Linie des ^{241}Am aus der Pu-Zerfallskette abzuschwächen. Dazu ist im INT eine Endkappe konzipiert und gebaut worden, die es ermöglicht bis zu drei je 1 mm dicke Zinn Klappen vor den Detektorkopf zu bringen. Es handelt sich um

98,8 %iges Zinn. Die Endkappe ist aus Aluminium gefertigt und hat innenliegend eine Lage von 2 mm Zinn. Der Detektor mit seiner Endkappe ist in Abb. 18 zu sehen.

Für die quantitative Analyse bezüglich der Aktivität vermessener Quellen sind Effizienzkalibrationsdateien erstellt worden: für den Fall ohne Endkappe, mit geöffneter Endkappe und mit einer durch eine Zinn-Klappe geschlossenen Endkappe. Es sind Dateien für unterschiedliche Abstände erstellt worden.

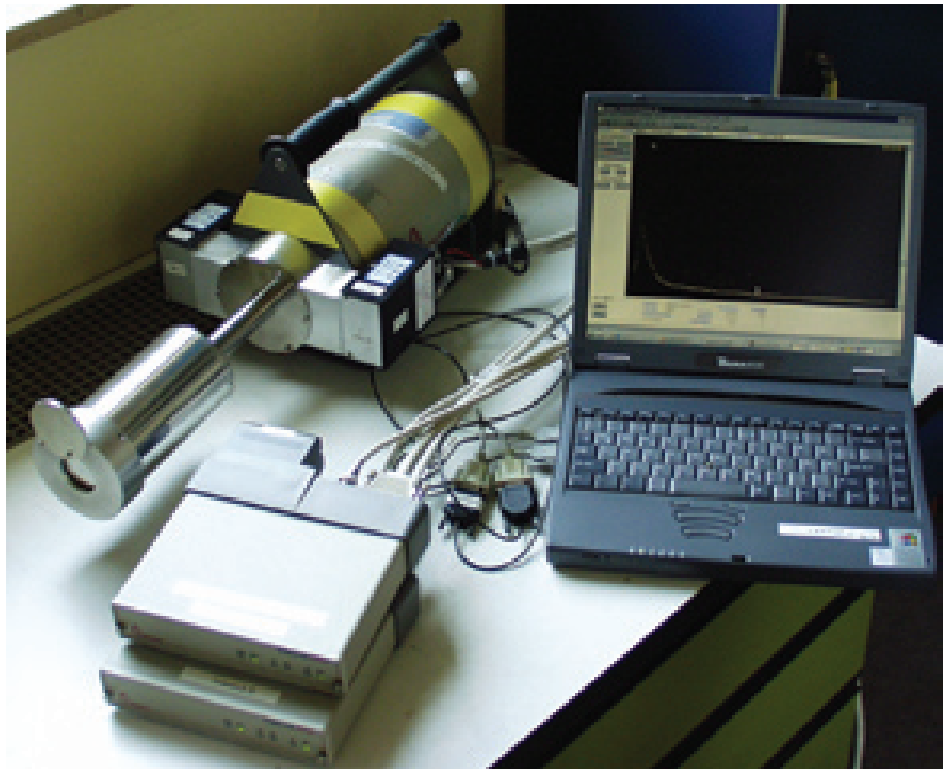


Abb. 18: Teleskopdetektor mit zwei Inspektoren (Analyse-Einheit und Hochspannung) und Mess-Laptop. Am Detektorkopf befindet sich eine Endkappe mit drei 1 mm dicken Zinn Klappen zur Schwächung niederenergetischer Gammaquanten.



Abb. 19: Teleskopdetektor mit Funkdatenübertragung bei einer Messung im Gelände. Die Metallbox beinhaltet neben den Funkmodulen und den außen angebrachten Antennen die Inspektoren (Analyse-Einheit und Hochspannung).

Der Teleskopdetektor: Ein Germaniumdetektor zur Messung von Gammaspektren in extrem weitem Energiebereich

Erste Testmessungen im INT haben sehr gute Resultate gezeigt. Beispielhaft sind in Abb. 20 und Abb. 21 Spektren einer Messung von abgereichertem Uran und einer schwachen ^{137}Cs Quelle gezeigt. Das niederenergetische TELU-Spektrum kann für eine quantitative Analyse mit einem entsprechenden Analysealgorithmus (MGAU) verwendet werden. Ein Hinweis auf ^{137}Cs ist im Spektrum nicht enthalten. Die Uran Analyse des Spektrums ergibt gleiche Resultate wie ein mit einem separaten UPu-Detektor aufgenommenes Spektrum.

Im höherenergetischen TELO-Spektrum sind ebenfalls durch das abgereicherte Uran hervorgerufene Peaks zu erkennen. Außerdem ist auch der charakteristische ^{137}Cs Peak bei 661,6 keV erkennbar.

Zukünftig werden die Grenzen des Systems weiter untersucht und Auswertemechanismen entwickelt.

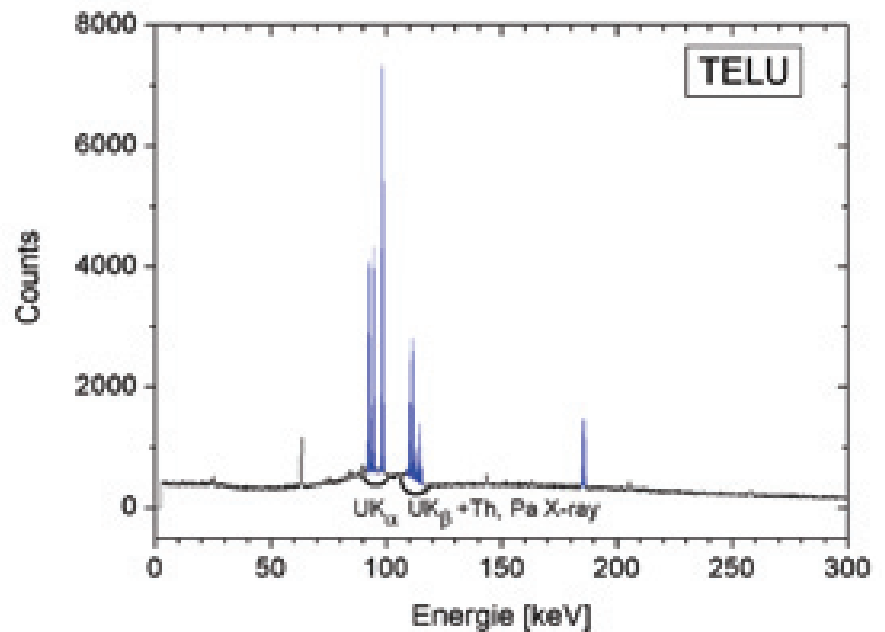


Abb. 20: Messspektrum abgereichertes Uran und ^{137}Cs aufgenommen mit TELU-Detektor. Die blau unterlegten Peaks werden bei Analyse des Uran Anreicherungsgrades verwendet.

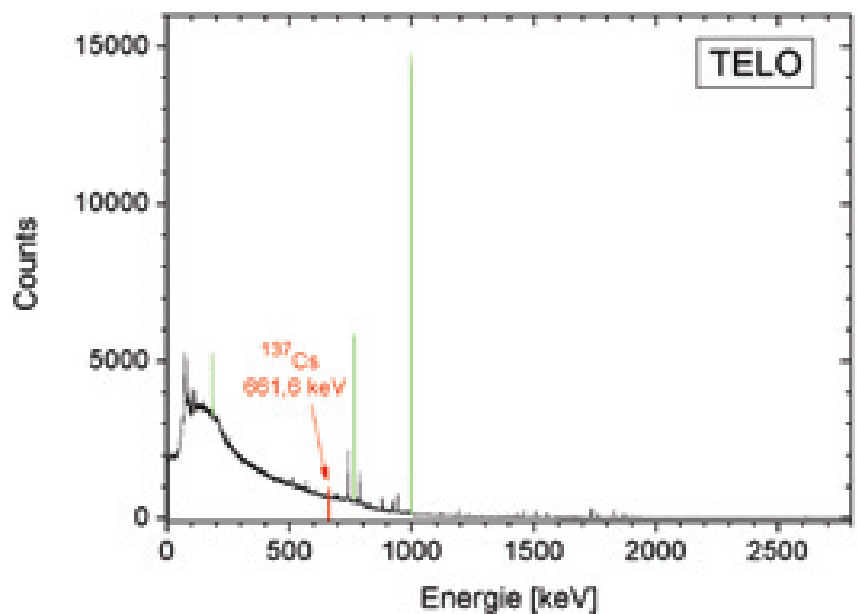


Abb. 21: Messspektrum abgereichertes Uran und ^{137}Cs aufgenommen mit dem TELO-Detektor analog zum Spektrum in Abb. 20. Die grün unterlegten Peaks sind charakteristische Uran Linien. Rot markiert ist die charakteristische ^{137}Cs -Linie.

Der Gammascanner RoScan: Suche nach dem verborgenen Strahler

Der Gammascanner RoScan: Suche nach dem verborgenen Strahler

Dr. Theo Köble

Das Fraunhofer-INT hat in den vergangenen Jahren ein transportables Messsystem entwickelt, das zum zerstörungsfreien und berührungslosen Detektieren und Identifizieren von radioaktivem und nuklearem Material geeignet ist. Die Aufgabe dieses Systems ist es, bei der Verhinderung von Nuklearschmuggel, dem Auffinden verlorengegangener radioaktiver Quellen und dem Identifizieren radiologischer Substanzen behilflich zu sein. Das System wurde in seinen vielfältigen Messmöglichkeiten ständig weiterentwickelt und den aktuellen Möglichkeiten angepasst.

Eine aktuelle Erweiterung des Systems ermöglicht es, radioaktive Stoffe, die sich in einem bestimmten räumlichen Bereich befinden, aufzuspüren, ohne dass sich eine Person während der Messung im Gefahrenbereich mit einem Messgerät bewegen muss. Hierzu wurde eine Gammakamera beschafft, die ähnlich wie eine optische Kamera ein Bild der Umgebung aufnimmt, nur das hier kein Bild im sichtbaren Bereich, sondern ein Bild im Bereich der Gammastrahlung aufgenommen wird.

Ursprünglich wurde die Gammakamera RoScan entwickelt, um in Räumen radioaktiv kontaminierte Oberflächen aufzufinden. Die Gammakamera besteht aus einem Messkopf und einer Bedieneinheit, die mit einem bis zu 85 Meter langen Kabel miteinander verbunden sind. Im Messkopf befinden sich zwei Schrittmotoren zur Bewegung des Detektors, die Steuerelektronik, eine Digitalkamera, ein Laserpointer zur Identifizierung aufgefundenener Radioaktivität, ein Vielkanalanalysator zur Spektrenaufnahme und ein kollimierter Gammadetektor. Der Messkopf kann

horizontal um 360 Grad und vertikal um 220 Grad mit Hilfe von Schrittmotoren gedreht werden.

Das System wurde mit zwei verschiedenen Detektoren ausgestattet, die je nach benötigter Empfindlichkeit und Energieauflösung relativ leicht ausgetauscht werden können. Zum einen wird ein empfindlicher CsJ (Cäsiumjodid)-Szintillator verwendet, zum anderen ein hochauflösender CZT (Cadmium-Zink-Tellurid)-Halbleiterdetektor. Im Normalfall wird für die Suche nach Kontamination eine hohe Empfindlichkeit gebraucht, so dass üblicherweise der CsJ-Detektor verwendet wird. Der CZT-Detektor wird zum Beispiel dann verwendet, wenn spezielle Computerprogramme zur Bestimmung von Uran oder Plutonium eingesetzt werden sollen.

Die Detektoren können Gammastrahlung im Energiebereich von etwa 100 keV bis 3 MeV nachweisen.

Das System arbeitet als sequentieller Scanner. Es werden also die Messpunkte nacheinander angefahren und jeweils für eine bestimmte Zeit ein Spektrum an jedem Messpunkt aufgenommen. Es können Scan-Matrizen von 6x8 bis 36x48 verwendet werden. Der Scanbereich deckt immer das gesamte Blickfeld der Digitalkamera ab. Diese Methode ist natürlich im Vergleich zur gleichzeitigen Aufnahme eines Bildes im Gammabereich mit Hilfe einer oder mehrerer Lochblenden [1,2] sehr zeitintensiv, hat aber den Vorteil, dass jeder mit kernphysikalischen Spektren vertraute Mitarbeiter die Ergebnisse direkt interpretieren kann.

Die Ergebnisse der Scans werden abschließend dem Bild der Digitalkamera überlagert. Hierbei wird eine Farbskala verwendet, um die Anzahl der Ereignisse in einem vorher festgelegten Fenster



Abb. 22: Der Gammascanner RoScan

des Energiespektrums für jeden einzelnen Scanpunkt darzustellen. In diesem Bild lässt sich direkt die Position einer verborgenen Aktivität ablesen. Anschließend kann man mit dem Laserpointer die Stelle im Raum finden, an der sich die erhöhte Aktivität befindet. Das kann eventuell eine Kontamination an der Wand, ein kontaminiertes Maschinenteil oder auch eine verloren gegangene radioaktive Quelle sein.

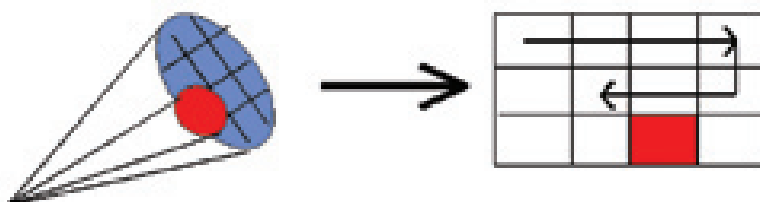


Abb. 23: Prinzip des Scans

Der Gammascanner RoScan stellt eine wesentliche Erweiterung der vorhandenen Messsysteme zum Auffinden verborgener Gamma-Aktivitäten dar. Sein Hauptaufgabengebiet ist die Suche in schwer zugänglichen oder gefährlichen (z.B. möglicherweise kontaminierten) Bereichen.

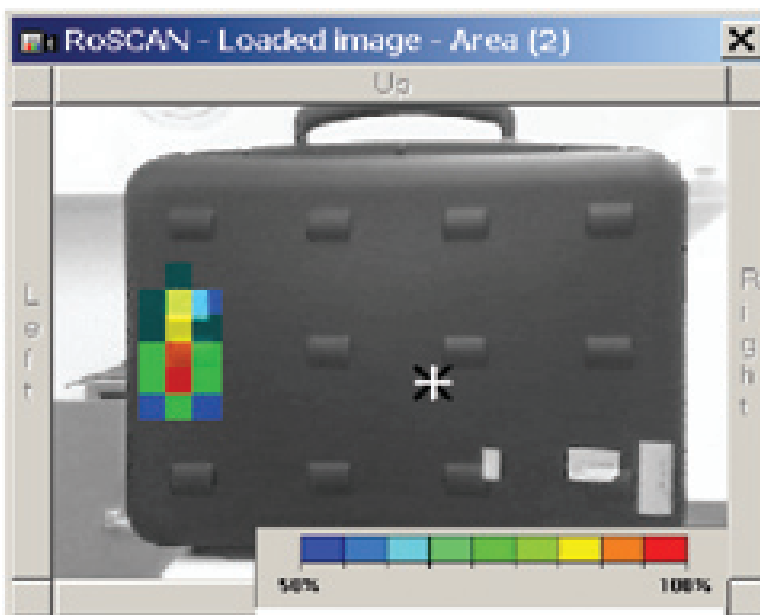


Abb. 24: Scan eines Hartschalenkoffers, der eine radioaktive Quelle enthielt

Anhang

Namen, Daten, Ereignisse	74
Vorträge 2003/2004	76
Publikationen 2003/2004	82
Seminarvorträge im INT 2003/2004	87
Anfahrt	90
Impressum	91

Lehrveranstaltungen

Wiemken, Uwe: **Einführung in die Technik**

seit Wintersemester 1997, Fachhochschule Köln, Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaft

Wirtz, Harald: **Ausgewählte Fragestellungen der Allgemeinen BWL**
Sommersemester 2004, Wintersemester 2004/2005, FernUniversität Hagen, Fachbereich Wirtschaftswissenschaft, Diplomandenkolloquium

Wirtz, Harald: **Controlling**
Sommersemester 2004, FOM Fachhochschule für Oekonomie & Management

Internationale Zusammenarbeit 2003/2004

Suhrke, M.:

- Mitarbeiter in der NATO RTO SCI-132 „High Power Microwave Threat to Infrastructure and Military Equipment“
- Mitarbeiter in der Lol GRD Action Group „Disruptive Technology“

Metzger, S.:

- Erstellung des NATO AEP50: „Space and Nuclear Radiation Hardening Guidelines for Military Satellites: Electronics and Photonics“

Rosenstock, W.:

- Teilnahme an der Gründungssitzung und Mitarbeit bei der ESARDA „Working Group on Verification technologies and methodologies“

Wiemken, U. ; Thesing, P.:

- Mitarbeit in der internationalen Kooperation „LOI6-Framework Agreement“

Wiemken, U. ; Hecht-Veenhuis, S.:

- NATO/RTO „Information Management Committee“

Wiemken, U. ; Neupert, U.:

- Trilaterale Kooperationen SW, NL, GE zum Thema „Technologieprognosen“

Kongresse und Tagungen 2003/2004

Brainstorming – Workshop „Neue Technologien – Noch nicht in der BMVg-Planung“

Wissenschaftliche Leitung: Dr. Joachim Schulze und Dr. Wolfgang Winkelmann
INT Euskirchen, 8. - 9. 07.2003

39 Teilnehmer aus verteidigungsbezogener Forschung, Bundesministerium der Verteidigung und Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung



Symposium/Workshop „Nukleare und radiologische Waffen“

Wissenschaftliche Leitung:

Dr. Peter Hafner

INT Euskirchen, 23.-25.09.2003

33 Teilnehmer nationaler Sicherheitsorganisationen

Seminar „Langfristige Technologietrends“ der Geschka & Partner Unternehmensberatung

Wissenschaftliche Leitung:

Dr. Thomas Kretschmer

INT Euskirchen, 4. - 5.03.2004

10 Teilnehmer aus dem Bereich F&E verschiedener Unternehmen

Brainstorming – Workshop „Neue Technologien – Noch nicht in der BMVg-Planung“

Wissenschaftliche Leitung: Dirk Thorleuchter und Dr. Wolfgang Winkelmann

INT Euskirchen, 9. - 10. 11.2004

42 Teilnehmer aus verteidigungsbezogener Forschung, Bundesministerium der Verteidigung, Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung und wehrtechnischen Dienststellen

Teilnahme an Normungsarbeiten

Mitarbeiter der Abteilung NB nahmen im Berichtszeitraum an einer Reihe von Normungsarbeiten des VDE/DIN bzw. der IEC teil:

DIN/Normenstelle Elektrotechnik:

NEA 760 Erstellung der VG-Normen VG96900-96907 NEMP- und Blitzschutz (H.U.Schmidt)

NEA 760.3 Erstellung der Normenteile Grenzwerte für Geräte (H.U.Schmidt)

NEA 760.3.1 Arbeitsgruppe Einkopplung von Feldern in Leitungen (H.U.Schmidt)

VDE/DIN (Deutsche Elektrotechnische Kommission):

DKE 767.4.4 TEM-Wellenleiter (VDE/DIN-EMV-Normen) (H.U.Schmidt)

2. Platz beim Fraunhofer Fußballturnier 2004 in München

Nach einer Pause im letzten Jahr fand am 05.06.2004 in München das alljährliche Fraunhofer Fußballturnier statt. 18 Mannschaften der verschiedensten Fraunhofer Institute waren angetreten, um die begehrte Trophäe nach Hause zu holen. Das Team des INT setzte sich in den Gruppenspielen erfolgreich als Zweiter hinter der Mannschaft der Zentralverwaltung durch und wurde erst in einem rein rheinischen Finale von den im gesamten Turnier ungeschlagenen Spielern aus Birlinghoven mit 1:3 besiegt.

(c) Birgit Schmitz-Lenders



Erster und zweiter Sieger, das Team aus Birlinghoven und die Mannschaft des Fraunhofer INT.

Vorträge 2003

Schmidt, H.U.: **Messverfahren und Messtechnik für elektromagnetische Einkopplungsmessungen**, Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg, St. Augustin, 24.01.2003

Köble, T.: **Das Meßsystem NaNu**, INT, Euskirchen – Präsentation für FüSKB, 20.02.2003

Hafner, P.: **Improvisierte Nuklearwaffen**, Fachfortbildungsseminar „Nuklearterrorismus – Gefahren und Abwehrmöglichkeiten“, Bundesakademie für Wehrverwaltung und Wehrtechnik (BAkWVT), Mannheim, 27.03.2003

Rosenstock, W.: **Unfälle mit radioaktiven Quellen und ihre Folgen**, Seminar „Nuklearterrorismus-Gefahren und Abwehrmöglichkeiten“, Bundesakademie für Wehrverwaltung und Wehrtechnik, Mannheim, 27. - 28.03.2003

Grüne, M.: **Militärische Nutzungsoptionen des Weltraums**, Expertengespräch „Sicherheitspolitische Bedeutung der Raumfahrt“, Berliner Forum Zukunft, Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik, Berlin, 03.04.2003

Rosenstock, W.: **Detektion und Identifikation nuklearterroristischer Bedrohung**, INT, Euskirchen – Präsentation für BKA, 08.04.2003

Wiemken, U.: **Modelle – Entwicklungen, Aspekte und Implikationen**, Vortrag DECUS-Symposium, Bonn, 09.04.2003

Risse, M.: **Erprobung des transportablen INT-Messsystems zur Detektion und Identifizierung von Nuklearmaterial und Weiterentwicklung des INT-Messsystems**, Abschlusspräsentation zum Projekt SR 2411, BfS, Salzgitter, 28.04.2003

Rosenstock, W.: **Measurement Techniques to Combat Nuclear Terrorism**, 25th Annual Symposium on Safeguards and Nuclear Material Management, Stockholm, Schweden, 13.-15.05.2003

Suhrke, M.: **High Power Microwaves**, Kurzlehrgang „Elektromagnetische Verträglichkeit“, Bundesakademie für Wehrverwaltung und Wehrtechnik, Mannheim, 15.05.2003

Kretschmer, T.: **Zukunftstechnologien und Sicherheitspolitik**, Vortrag an der Bundesakademie für Sicherheitspolitik, Bonn, 21.05.2003

Köble, T.: **Nuklearterrorismus - Gefahren und Möglichkeiten zur Aufdeckung**, Möglichkeiten des Nuklearterrorismus – Methoden zum Nachweis gefährlicher radioaktiver Stoffe, Technische Universität Darmstadt, IANUS - Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit, 25.06.2003

Rosenstock, W.: **Nuklearterrorismus - Gefahren und Möglichkeiten zur Aufdeckung**, Möglichkeiten des Nuklearterrorismus – Lehren aus Unfällen mit radioaktiven Stoffen, Technische Universität Darmstadt, IANUS – Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit, 25.06.2003

Kretschmer, T.: **Langfristige Technologietrends**, Vortrag Heeresamt-Symposium „Zukünftige Ausstattung Leichte und Mittlere Kräfte“, Hammelburg, 01.07.2003

Wiemken, U.: **Modellbasierte Sensorik**, Brainstorming-Workshop „Neue Technologien – Noch nicht in der BMVg-Planung“, Euskirchen, 08.07. 2003

Grüne, M.: **Gefechtsfeld Weltraum**, INT-BMVg-Brainstorming-Workshop "Neue Technologien – Noch nicht in der BMVg-Planung", Euskirchen, 08.07.03

Neupert, U.: **Energietechnik**, INT-BMVg-Brainstorming-Workshop "Neue Technologien – Noch nicht in der BMVg-Planung", Euskirchen, 08.07.03

Reschke, S.: **Smart Materials**, INT-BMVg-Brainstorming-Workshop "Neue Technologien – Noch nicht in der BMVg-Planung", Euskirchen, 08.07.03

Kretschmer, T.: **Nanotechnologie**, INT-BMVg-Brainstorming-Workshop "Neue Technologien – Noch nicht in der BMVg-Planung", Euskirchen, 08.07.03

Köble, T.: **Detection of Nuclear Material During Fast Road Transport**, Konferenz Nuclear Material Management, Phoenix, Arizona, USA, 14. – 17.07.2003

Rosenstock, W.: **Detonative Zerlegung umschlossener radioaktiver Stoffe – Erste experimentelle Untersuchung**, INT, Euskirchen - Präsentation für BND, 17.07.2003

Wiemken, U.: **Eröffnungsvortrag**, Vortrag Symposium/Workshop „Nukleare und radiologische Waffen, Technologische Urteilsfähigkeit und nukleare Sicherheit in Deutschland“, INT, Euskirchen, 23. – 25.09.2003

Rosenstock, W.: **Nachweis von proliferationsfähigem Spaltmaterial I (Grundlagen)**, INT-Symposium „Nukleare und radiologische Waffen, Technologische Urteilsfähigkeit und nukleare Sicherheit in Deutschland“, Euskirchen, 23. – 25.09.2003

Köble, T.: **Nachweis von proliferationsfähigem Spaltmaterial II (Meßverfahren)**, INT-Symposium „Nukleare und radiologische Waffen, Technologische Urteilsfähigkeit und nukleare Sicherheit in Deutschland“, Euskirchen, 23. – 25.09.2003

Hafner, P.: **Unterschiedliche Kernwaffentypen und ihre grundlegende Funktionsweise**, Symposium/Workshop „Nukleare und radiologische Waffen“, INT, Euskirchen, 24.09.2003

Rosenstock, W.: **Nuklearterroristische Bedrohung und Gegenmaßnahmen**, CCG-Seminar „Neue Bedrohungsformen – Erkennung und Abwehr“, Oberpfaffenhofen, 30.09. – 02.10.2003

Schmidt, H.U.: **Kriminelle und terroristische Bedrohung durch elektromagnetische Effekte**, CCG-Seminar „Neue Bedrohungsformen – Erkennung und Abwehr“, Oberpfaffenhofen, 30.09. – 02.10.2003

Wiemken, U.: **Hochtechnologie/ Forschung in der Wehrtechnik**, Vortrag beim Workshop „Staatliche Verantwortung für hochtechnologische Innovationen“ der Stiftung Brandenburger Tor (zur Publikation vorgesehen), Berlin, 14. – 15.10.2003

Suhrke, M.: **Terahertz-Strahlen**, IZFP Saarbrücken, 27.10.2003

Metzger, S.: **Bestrahlungstests für Raumfahrtanwendungen am Fraunhofer-INT**, 2. Raumfahrttechnologietage 2003 des DLR, Köln-Porz, 04. – 05.11.2003

Reschke, S.: **Automotive Nanotech Opportunities**, Nanofair 2003 Dresden, Dresden, 20.11.2003

Reschke, S.: **Automotive Nanotech Opportunities**, a brief overview on short- to mid-term options for the car manufacturing industry, Dresden, 19.-21.11.2003

Grüne, M.: **Wehrtechnische Bedeutung der Nanotechnologie**, Halbtagskonferenz „Wehrtechnische und sicherheitspolitische Bedeutung der Nanotechnologie“, Berliner Forum, Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik, Berlin, 04.12.2003

Kretschmer, T.: **Was ist Nanotechnologie? Ein Überblick**, Halbtagskonferenz „Wehrtechnische und sicherheitspolitische Bedeutung der Nanotechnologie“, Berliner Forum, Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik, Berlin, 04.12.2003

Reschke, S.: **TA fragt Werkstoffwissenschaften**, NanoVision 2003, Karlsruhe, 08.12.2003

Rosenstock, W.: **Vergleich: Strahlung aus CASTOR-Transportbehälter mit anderen Strahlenexpositionen**, INT, Euskirchen - Präsentation für BGS, 15.12.2003

Köble, T.: **Mobile Messsysteme des INT**, INT, Euskirchen – Präsentation für BGS, 15.12.2003

Schmidt, H.U.: **Empfindlichkeitsuntersuchungen an analogen und digitalen Schaltungen im Hochfrequenzbereich**, Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg, St. Augustin, 18.12.2003

Vorträge 2004

Kuhnhenh, J.: **Faseroptische Strahlungssensoren für TESLA**, Eingeladener Vortrag im Nuklearchemischen Kolloquium der Universität zu Köln, Köln, 19.01.2004

Wiemken, U.: **Langfristige Technologieentwicklungen**, Vortrag FuT-Symposium, Mannheim, 22. - 23.01.2004

Rosenstock, W.: **Experiments on identifying nuclear objects and the limits of knowledge in a NNWS**, Workshop “Transparency as a prerequisite of nuclear arms control”, Kloster Eberbach, Germany, 23. - 24.01.2004

Wiemken, U.: **Langfristige Technologieentwicklungen**, Vortrag Sitzung der Strategiegruppe FuT, Bonn, 16.02.2004

Suhrke, M.: **Terahertz-Strahlen**, Fraunhofer IAF, Freiburg, 16.02.2004

Grüne, M.: **Wehrtechnische Bedeutung der Nanotechnologie**, Stellungnahme bei der Anhörung der Bundestagsfraktion Bündnis 90/ Die Grünen zur Nanotechnologie, Berlin, 01.03.2004

Goymann, S.: **Trends in der Raketenabwehr und das Abfangen in der Startphase**, Studien- und Arbeitsgruppe Analysephase SAGA der Luftwaffe, Köln, 03.03.2004

Kretschmer, T.: **Langfristige technologische Entwicklung – Überblick und Haupttrends**, Vortrag in Rahmen der Veranstaltung „Langfristige Technologietrends“ der Geschka & Partner Unternehmensberatung, INT, Euskirchen, 04./05.03.2004

Wessel, H.: **Computersoftware// Wissensverarbeitung**, Vortrag in Rahmen der Veranstaltung „Langfristige Technologietrends“ der Geschka & Partner Unternehmensberatung, INT, Euskirchen, 04./05.03.2004

Kohlhoff, J.: **Automatisierung und Robotik**, Vortrag in Rahmen der Veranstaltung „Langfristige Technologietrends“ der Geschka & Partner Unternehmensberatung, INT, Euskirchen, 04./05.03.2004

Grüne, M.: **Nanotechnologie**, Vortrag in Rahmen der Veranstaltung „Langfristige Technologietrends“ der Geschka & Partner Unternehmensberatung, INT, Euskirchen, 04./05.03.2004

Reschke, S.: **Werkstoffe - Verbessern, Maßschneidern, (Er)finden**, Vortrag in Rahmen der Veranstaltung „Langfristige Technologietrends“ der Geschka & Partner Unternehmensberatung, INT, Euskirchen, 04./05.03.2004

Notthoff, C.: **Optische Technologien**, Vortrag in Rahmen der Veranstaltung „Langfristige Technologietrends“ der Geschka & Partner Unternehmensberatung, INT, Euskirchen, 04./05.03.2004

Neupert, U.: **Zukunft der Energietechnik**, Vortrag in Rahmen der Veranstaltung „Langfristige Technologietrends“ der Geschka & Partner Unternehmensberatung, INT, Euskirchen, 04./05.03.2004

Thorleuchter, D. / Schulze, J.: **Moderne Schutztechnologien Land – Trends in Forschung und Technologie**, Rü VI 5 - Veranstaltungsreihe „Trends in der Wehrtechnik“, BMVg Bonn, 10.03.2004, VS – Nur für den Dienstgebrauch (Nur auf Anfrage)

Kretschmer, T.: **Langfristige Technologietrends und wehrtechnische FuT-Planung**, FuT-Briefing BMVg, Bonn, 11.03.2004

Metzger, S.: **Radiation Effects in Microelectronics**, INT-Euskirchen – BMW/IAEA Joint Programme; D.27/E994 EOSS, 10th Project Meeting, Euskirchen, 16.03.2004

Köble, T.: **IAEA/Euratom Proposed Test Procedure and Irradiation at Prater Reactor**, INT-Euskirchen – BMW/IAEA Joint Programme; D.27/E994 EOSS, 10th Project Meeting, Euskirchen, 16.03.2004

Risse, M.: **Radiation Safety Analysis of Safeguards Components**, INT-Euskirchen – BMW/IAEA Joint Programme; D.27/E994 EOSS, 10th Project Meeting, Euskirchen, 16.03.2004

Rosenstock, W.: **Neue kleine Kernwaffen, saubere Waffen?**, 68. Physikertagung und AMOP-Frühjahrstagung, AKA, Deutsche Physikalische Gesellschaft, München, 22. - 26.03.2004

Kuhnhehn, J.: **Glasfasern als Strahlungssensoren an Beschleunigern**, Eingeladener Vortrag im Seminar des Forschungszentrum Rossendorf, Dresden, 05.04.2004

Wiemken, U.: **Betrachtungen zum Risikobegriff, vor dem Hintergrund naturwissenschaftlich-technischer Entwicklungen und staatlicher Planung und Vorsorge**, Vortrag ZasBw (zur Publikation vorgesehen), Waldbröl, 07.04.2004

Wiemken, U.: **Hochtechnologien in der Wehrtechnik**, Vortrag DECUS-Symposium, Bonn, 22.04.2004

Grüne, M.: **Optionen und Trends militärischer Weltraumnutzung**, Vortrag im Rahmen des Luftwaffen-Symposiums „Militärische Nutzung des Weltraums“, Köln-Wahn, 22.04.2004

Rosenstock, W.: **Korngrößenverteilung nach der Umsetzung einer Sprengladung**, BfS – Salzgitter, 7. Informationsveranstaltung zur Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (NUGAB), 10. - 11.05.2004

Grüne, M.: **Nanotechnologie – Schwerpunktthema der Abteilung TAV**, INT-Kuratoriumssitzung, Euskirchen, 27.05.2004

Reschke, S.: **Nanotechnology – One road Avenue to Vehicles**, IIR-Tagung NanoTrends, München, 27./28.05.2004

Schmidt, H.U.: **Messverfahren und Messtechnik für elektromagnetische Einkopplungsmessungen**, Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, 02.07.2004

Thorleuchter, D.: **Unbemanntes Fluggerät – Ziele, Prognosen, Probleme und Lösungen**, Rü VI 5 – Veranstaltungsreihe „Trends in der Wehrtechnik“, BMVg Bonn, 15.07.2004, VS – Nur für den Dienstgebrauch (Nur auf Anfrage)

Rosenstock, W.: **Nuklearspezifische Gefahrenabwehr – Zerstörungsfreie Messmethoden und Systeme**, Beobachterprogramm 4. Übung der ZUB, Munster, 15. - 16.07.2004

Köble, T.: **Locating Nuclear Material by Gamma Scanning**, Konferenz Nuclear Material Management, Orlando, Florida, USA, 18. - 22.07.2004

Risse, M.: **Messtechnik, Messstrategie und Nachweisgeräte der ZUB**, Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz – Radiologische Risiken, (Veranstaltungsnummer: 04/34-4), 16. - 20.08.2004

Rosenstock, W.: **Detonative Zerlegung umschlossener radioaktiver Stoffe und potentielle Folgen**, Abstimmungsgespräch zu „Gefährdungsanalyse Dirty Bomb“, WIS, Munster, 15. - 16.09.2004

Suhrke, M.: **German Statement on Current THz Research Program**, Lol GRD Disruptive Technology Workshop on THz Technology, Edinburgh, UK, 22.09.2004

Kuhnhehn, J.: **Thermal annealing of radiation dosimetry fibres**, Konferenzvortrag bei „Radiation and its Effects on Components and Systems“ (RA-DECS) 2004, Madrid, Spanien, 23.09.2004

Grüne, M.: **Aktuelle Studien des INT zur Nanotechnologie**, Treffen des Fraunhofer-FNT, Jena, 12.10.2004

Kretschmer, T.: **Technologische Visionen**, Vortrag in Rahmen des Symposiums „Bewaffnung fliegender Plattformen im Wandel – Gegenwart & Zukunft“ an der BAKWVT, Mannheim, 22.10.2004

Suhrke, M.: **High Power Microwaves – Measures and Countermeasures**, Beitrag der SCI-132/RTG, SCI-158-Symposium „SCI Methods and Technologies for Defense against Terrorism“, London, 25. - 27.10.2004

Rosenstock, W.: **Mobile Neutronenradiographie**, 2. Brainstorming-Workshop „Neue Technologien – Ausblick in die wehrtechnische Zukunft“, INT, Euskirchen, 09./10.11.2004

Kretschmer, T.: **Langfristige Technologietrends**, 2. Brainstorming-Workshop, INT, Euskirchen, 09.11.2004

Kohlhoff, J.: **Automatisierung und Robotik**, Vortrag in Rahmen des Wehrtechnischen Symposiums „Robotik (Unmanned Ground Vehicles)“ an der BAKWVT, Mannheim, 22.- 24.11.2004

Grüne, M.: **Langfristig absehbare Potenziale militärischer Raumfahrt**, Berliner Forum Zukunft der DGAP, Berlin, 24.11.2004

Rosenstock, W.: **Überblick zu Organisation und Übung der ZUB mit Schwerpunkt UA1 (Strahlenschutz)**, AKN-Sitzung bei URENCO, Gronau, 25./26.11.2004

Schmidt, H.U.: **Netzwerk-Analyse im Hochfrequenzbereich**, Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg, Sankt Augustin, 02.12.2004

Ruhlig, K.: **Advanced Computing**, LOI6-Meeting, "Disruptive Technologies", Stockholm, 09./10.12.2004

Publikationen 2003

Albrecht, F. ; Pasold, G. ; Grillenberger, J. ; Achtziger, N. ; Witthuhn, W. ; Risse, M. ; Vianden, R. ; Dietrich, M.: **Identification of a Br-correlated bandgap state in GaAs by radiotracer spectroscopy**, Applied physics letters 83 (2003), Nr.21, S.4333-4335

Euting, T.: **Authentifizierungs- und Identifizierungsverfahren**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.2, S.33

Hafner, P. : **Unterschiedliche Kernwaffentypen und ihre grundlegenden Funktionsweise** : Das vorliegende Papier ist die ausgearbeitete Version eines Vortrags, der am 24. Sept. 2003 auf dem Symposium/Workshop „Nukleare und radiologische Waffen – Technologische Urteilsfähigkeit und nukleare Sicherheit in Deutschland“ im INT Euskirchen gehalten wurde.. (Symposium/Workshop „Nukleare und radiologische Waffen – Technologische Urteilsfähigkeit und Nukleare Sicherheit in Deutschland“ 2003, Euskirchen), Euskirchen: INT, 2003, (Bericht – Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen 181)

Hafner, P. : **Improvisierte Nuklearwaffen : Herstellung einfacher Nuklearwaffen durch terroristische Gruppen?**, Euskirchen: Selbstverlag, 2003, (Bericht – Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen 175)

Henschel, H. ; Kuhnhehn, J. ; Körfer, M. ; Wulf, F.: **Optical fibre dosimeter for SASE FEL undulators**. (European Workshop on Beam Diagnostics and Instrumentation for Particle Accelerators (DIPAC) 6, 2003, Mainz), Peters, A. ; Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH -GSI-, Darmstadt: DIPAC 2003. Proceedings, Darmstadt, 2003, S.248-250

Kernchen, R.: **Bioterrorismus : Gefährdungspotentiale und mögliche Gegenmaßnahmen aus technologischer Sicht**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.3, S.12-15

Kernchen, R.: **Zellbasierte Sensorsysteme**, Bioforum 26 (2003), Nr.6, S.360-361

Köble, T. ; Rosenstock, W. ; Risse, M. ; Engelen-Peter, J.: **Detection of nuclear material during fast road transport**. (Institute of Nuclear Materials Management (Annual Meeting) 44, 2003, Phoenix/Ariz.), Institute of Nuclear Materials Management -INMM-: INMM 44th Annual Meeting 2003. Proceedings. CD-ROM, Phoenix, Ariz., 2003

Köppen, D.: **Industrielle Logistik**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.4, S.29

Kretschmer, T. ; Kohlhoff, J. ; Reschke, S. ; Notthoff, C.: **Werkstofftrends: Kohlenstoff-Nanoröhren**, Werkstoffe in der Fertigung (2003), Nr.6, S.3

Kretschmer, T. ; Kohlhoff, J. ; Reschke, S. ; Notthoff, C.: **Werkstofftrends: Schichtverbunde**, Werkstoffe in der Fertigung (2003), Nr.3, S.3

Kretschmer, T. ; Kohlhoff, J. ; Notthoff, C. ; Reschke, S.: **Werkstofftrends: Metallgussverfahren**, Werkstoffe in der Fertigung (2003), Nr.4, S.3

Kretschmer, T. ; Kohlhoff, J. ; Reschke, S. ; Notthoff, C.: **Werkstofftrends: Schweißtechnologien**, Werkstoffe in der Fertigung (2003), Nr.5, S.3

Neupert, U.: **Thermoelektrische Generatoren**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.3, S.29

- Notthoff, C. ; Kohlhoff, J. ; Reschke, S. ; Kretschmer, T.: **Werkstofftrends: Gasphasen-Abscheideverfahren**, Werkstoffe in der Fertigung (2003), Nr.2, S.3
- Notthoff, C.: **Adaptive Optik**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.9, S.23
- Ochs, W.: **Hochleistungs-Mikrowellenquellen**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.7, S.42
- Pelzer, T. ; Grüne, M. ; Wandelt, K.: **Molecular orientation of CO adsorbed on clean and Al-modified Ru(0 0 0 1) surfaces**, Progress in surface science 74 (2003), Nr.1-8, S.57-67
- Reschke, S. ; Haluschka, C. ; Riedel, R. ; Lences, Z. ; Galusek, D.: **In situ generated homogeneous and functionally graded ceramic materials derived from polysilazane**, Journal of the European Ceramic Society 23 (2003), Nr.11, S.1963-1970
- Reschke, S.: **Strukturkeramiken**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.5, S.3
- Reschke, S. ; Notthoff, C. ; Kohlhoff, J. ; Kretschmer, T.: **Werkstofftrends: Sol-Gel-Verfahren**, Werkstoffe in der Fertigung (2003), Nr.1, S.3
- Risse, M. ; Vianden, R.: **Metastable behavior of anion-site donors in InAs**, Journal of applied physics 93 (2003), Nr.5, S.2648-2652
- Rosenstock, W. ; Köble, T. ; Risse, M.: **Measurement techniques to combat nuclear terrorism**. (Annual Symposium on Safeguards and Nuclear Materials Management 25, 2003, Stockholm), European Safeguards Research and Development Association -ESARDA-: Symposium on Safeguards and Nuclear Materials Management 2003. Proceedings. CD-ROM : 25th annual meeting; City Conference Centre Stockholm "Norra Latin", Stockholm, 13 - 15 May 2003, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003, 465 MB, (Scientific and technical research series)
- Ruhlig, K.: **Information Retrieval**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.6, S.50
- Zach, H.-G.: **Nanoröhren**, Soldat und Technik 46 (2003), Nr.1, S.55
- Kernchen, R.: **Cell-based Biosensors**, Bioforum Europe, 12/2003

Publikationen 2004

Euting, T.: **RFID-Technologie**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.7, S.51

Grüne, M. ; Kretschmer, T. ; Luther, W. ; Neupert, U. ; Notthoff, C. ; Vaupel, C. ; Wessel, H. ; Winkelmann, W.: **Militärische Nutzung des Weltraums: Grundlagen und Optionen**, Bonn: Report-Verlag, 2004, (Schriftenreihe „Technologie, Verteidigung und Sicherheit“ 1)

Henschel, H. ; Körfer, M. ; Kuhnhenh, J. ; Weinand, U. ; Wulf, F.: **Fibre optic radiation sensor systems for particle accelerators**, Nuclear instruments and methods in physics research, Section A. Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment 526 (2004), Nr.3, S.537-550

Henschel, H. ; Köhn, O. ; Kuhnhenh, J. ; Weinand, U.: **Thermal annealing of radiation dosimetry fibres**. (European Conference on Radiation Effects on Components and Systems (RADECS) 9, 2004, Madrid), Prudencio, E. R. ; Instituto Nacional de Tecnica Aeroespacial -INTA-: RADECS 2004. Abstracts Book, Torrejon de Ardoz: INTA, 2004, S.39-42

Henschel, H. ; Köhn, O. ; Kuhnhenh, J. ; Weinand, U.: **Thermal annealing of radiation dosimetry fibres**. (European Conference on Radiation Effects on Components and Systems (RADECS) 9, 2004, Madrid), Prudencio, E.R. ; Instituto Nacional de Tecnica Aeroespacial -INTA-: RADECS 2004. Proceedings, Torrejon de Ardoz: INTA, 2004, S.85-87

Kashyap, S. ; Mende, H. ; Palisek, L. ; Krogager, E. ; Chevalier, B. ; Römer, B. ; Suhrke, M. ; Leersum, B.J.A.M. van ; Clemens, C.H.M. ; Bladel, A.J.M. van ; Arnesen, O.H. ; Miller, R.A. ; Parkes, D. ; Stoudt, D.C. ; Andreadis, T.D. ; Latess, J. ; Moc, J.: **High power microwaves**

– **measures and countermeasures**.

(Systems Concepts and Integration Panel Symposium (SCI) 2004, London), NATO, Research and Technology Organisation -RTO-: Systems, concepts and integration methods and technologies for defense against terrorism, Paris: RTO, 2004, (RTO Meeting Proceedings 158)

Kernchen, R.: **Neuroinformatik**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.2, S.35

Kernchen, R.: **Bioterrorism: Potential hazards and countermeasures: A technology assessment**, Military Technology 28 (2004), Nr.11, S.103-104

Kernchen, R.: **Cell-based Sensor Systems**, BioForum Europe 02.04

Köble, T. ; Metzger, S. ; Risse, M. ; Rosenstock, W. ; Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit -BMWA- ; International Atomic Energy Agency -IAEA-, Wien ; Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung: **Evaluation of the IAEA-Euratom nuclear radiation test procedures version 2.0 applied to the Electronic Optical Sealing System EOSS and evaluation of EOSS test results** : Joint Programme on the Technical Development and Further Improvement of IAEA Safeguards between the Government of the Federal Republic of Germany and the International Atomic Energy Agency. Task D.27/E994, Jülich, 2004

Köble, T. ; Rosenstock, W. ; Risse, M. ; Engelen-Peter, J.: **Locating nuclear material by gamma scanning**. (Institute of Nuclear Materials Management (Annual Meeting) 45, 2004, Orlando/Fla.), Institute of Nuclear Materials Management -INMM-: INMM 45th Annual Meeting 2004: Proceedings of the Institute of Nuclear Materials Management, Eau Claire, WI: Documation LLC, 2004

Kohlhoff, J. ; Reschke, S. ; Kretschmer, T. ; Notthoff, C.: Werkstofftrends: **Hochleistungskeramiken**, Werkstoffe in der Fertigung (2004), Nr.1, S.5

Kohlhoff, J. ; Reschke, S. ; Kretschmer, T. ; Notthoff, C.: Werkstofftrends: **Hochtemperaturfeste Werkstoffe**, Werkstoffe in der Fertigung (2004), Nr.2, S.3

Kohlhoff, J. ; Reschke, S. ; Kretschmer, T. ; Notthoff, C.: Werkstofftrends: **Nanowerkstoffe im Automobilbau**, Werkstoffe in der Fertigung (2004), Nr.3, S.3

Kohlhoff, J.: **Leichtgewichte mit hohen Kosten**, Kunststoff 2 (2004), Nr.3

Kohlhoff, J.: **Intelligente Textilien**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.8, S.22

Kohlhoff, J.: **Hochtemperaturfeste Werkstoffe**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.11, S.25

Köppen, D.: **E-Learning**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.4, S.39

Köppen, D.: **Geoinformationssysteme**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.9, S.46

Kretschmer, T. ; Kohlhoff, J.: **Langfristige technologische Trends in der Heeresrüstung**, Wehrtechnischer Report (2004), Nr.1, S.14-21

Kuhnenn, J. ; Herpers, U. ; Michel, R.: **New determination of the half-life of ^{205}Bi** , Radiochimica acta 92 (2004), S.233-235

Neupert, U.: **Mikro-Brennstoffzellen**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.6, S.30

Notthoff, C.: **Integrierte Optik**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.10, S.47

Notthoff, C. ; Reschke, S. ; Kohlhoff, J. ; Kretschmer, T.: **Werkstofftrends: Optische Materialien**, Werkstoffe in der Fertigung (2004), Nr.4, S.3

Reschke, S. ; Kohlhoff, J. ; Kretschmer, T. ; Notthoff, C.: **Werkstofftrends: Funktionskeramiken**, Werkstoffe in der Fertigung (2004), Nr.5, S.3

Reschke, S. ; Kohlhoff, J. ; Kretschmer, T. ; Notthoff, C.: **Werkstofftrends: Lithographieverfahren**, Werkstoffe in der Fertigung (2004), Nr.6, S.3

Richter, B. ; Rosenstock, W. ; Neumann, G. ; Goldfarb, M. ; Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung ; Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen - INT-, Euskirchen ; International Atomic Energy Agency -IAEA-, Wien: **Assessment of the radiation tolerance of the EOSS seal : Joint Programme on the Technical Development and Further Improvement of IAEA Safeguards between the Government of the Federal Republic of Germany and the International Atomic Energy Agency**. This report is the reprint of a paper published in the proceedings of the 45th INMM Annual Meeting. Task D.27/E994, Jülich, 2004

Richter, B. ; Goldfarb, M. ; Neumann, G. ; Rosenstock, W.: **Assessment of the testing of the radiation tolerance of the EOSS seal**. (Institute of Nuclear Materials Management (Annual Meeting) 45, 2004, Orlando/Fla.), Institute of Nuclear Materials Management -INMM-: INMM 45th Annual Meeting 2004 : Proceedings of the Institute of Nuclear Materials Management, Eau Claire, WI : Documation LLC, 2004

Rosenstock, W. ; Köble, T.: **Neue kleine Kernwaffen, saubere Waffen?** (Physikertagung 68, 2004, München), Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. -DPG-, Arbeitskreis Atome, Moleküle, Quantenoptik und Plasmen: 68. Physikertagung und AMOP-Frühjahrstagung 2004 : 22.-26.03.2004, Ludwig-Maximilians-Universität München, Weinheim : Physik-Verlag, 2004, (Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Reihe 6 Bd.39.2004,7)

Ruhlig, K.: **Smart Dust**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.1, S.53

Suhrke, M.: **Terahertz-Strahlen**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.5, S.24

Wiemken, U.: **Hochtechnologien in der Wehrtechnik**, Europäische Sicherheit 53 (2004), Nr.8, S.20-23

Wiemken, U.: **Betrachtungen zum Risikobegriff**, Europäische Sicherheit 53 (2004), Nr.12, S.8-12

Zach, H.-G.: **Elektronisches Papier**, Soldat und Technik 47 (2004), Nr.3, S.11

Seminarvorträge im INT 2003

Neupert, U. (INT Euskirchen)

Nichtletale Wirkmittel, INT Euskirchen, 15.01.03

Pastuszka, H.-M. (INT Euskirchen)

SFT21- Vorstellung der Studienergebnisse, INT Euskirchen, 22.01.03

Kretschmer, T. (INT Euskirchen)

Nanotechnologie-Vertiefungsthema der Abteilung TAV, INT Euskirchen 29.01.03

Weck, G. (INFODAS GmbH Köln):

Techniken der Hacker – Angriffsmethoden und Abwehrstrategien, INT Euskirchen, 30.04.03

Kriegl, W. (Sonthofen):

Technologische Aspekte der Bedrohung von Raumfahrtinfrastruktur, INT Euskirchen, 07.05.03

Hafner, P. (INT Euskirchen):

Herstellung einfacher Nuklearwaffen durch terroristische Gruppen?, INT Euskirchen, 14.05.03

Kernchen, R. (INT Euskirchen):

Bioterrorismus, INT Euskirchen, 28.05.03

Fuhr, G. (Fraunhofer IBMT St. Ingbert):

Bioterroristisches Potential der Biotechnologie, INT Euskirchen, 04.06.03

Rosenstock, W. (INT Euskirchen):

Folgerungen aus Unfällen mit radioaktiven Stoffen im Hinblick auf Risiken durch Nuklearterrorismus, INT Euskirchen, 11.06.03

Körfer, M. (DESY Hamburg):

Auf dem Wege zu TESLA-XFEL, INT Euskirchen, 18.06.03

Euting, T. (Wirtschafts- und Forstverlag

Euting KG, Straßenhaus):

Informationssicherheit, INT Euskirchen, 25.06.03

Klein, K.-F. (FH Gießen-Friedberg):

Polymere Optische Fasern (POF) – neue Entwicklungen und Anwendungen, INT Euskirchen, 02.07.03

Bonn, G. (Fraunhofer IITB Karlsruhe):

IT-Lösungen für Wissensmanagement am Beispiel von WebGenesis, INT Euskirchen, 09.07.03

Müller, S. (INT Euskirchen):

Mobilität im Kontext von militärischen Fähigkeiten und anderen Herausforderungen der Zukunft, INT Euskirchen, 16.07.03

Müller, M. (Fraunhofer IGB Stuttgart):

Verfahren und Materialien der Nanobiotechnologie aus technischer Sicht, INT Euskirchen, 23.07.03

Maretzki, H. (ehem. Botschafter der DDR in Nordkorea):

Nordkorea – politischer und wirtschaftlicher Kontext der Hochmilitarisierung, INT Euskirchen, 05.11.03

Suhrke, M. (INT Euskirchen):

Terahertz-Strahlen, INT Euskirchen, 12.11.03

Goymann, S. (INT Euskirchen):

Missile Defense – Stand, Trends und Ausblick in der Raketenabwehr, INT Euskirchen, 19.11.03

Grüne, M. (INT Euskirchen):

Militärische Nutzung des Welt-raums, INT Euskirchen, 26.11.03

Wiemken, U. (INT Euskirchen):

Modelle – Entwicklungen, Aspekte und Implikationen, INT Euskirchen, 03.12.03

Ruhlig, K. (INT Euskirchen):

Supercomputer, INT Euskirchen, 10.12.03

Seminarvorträge im INT 2004

Manz, A. (IABG Ottobrunn):
Wetterradare und deren Relevanz für die ELV, INT Euskirchen, 14.01.04

Kroll, P. (RWTH Aachen):
Computational Science – Grundlagen, Trends, Perspektiven, INT Euskirchen, 21.01.04

Blohm-Hieber, U. (Euratom, Luxemburg):
Safeguard challenges from the European Union view, INT Euskirchen, 28.01.04

Köble, T. (INT Euskirchen):
Das INT Messfahrzeug, INT Euskirchen, 04.02.04

Stoll, W.
Massenvernichtungswaffen in der Hand von Terroristen: Wie wahrscheinlich und gefährlich ist das?, INT Euskirchen, 11.02.04

Neupert, U. (INT Euskirchen):
Zukunft der Energietechnik, INT Euskirchen, 18.02.04

Notthoff, C. (INT Euskirchen):
Optische Technologien, INT Euskirchen, 17.03.04

Goymann, S. (INT Euskirchen):
Trends in der Raketenabwehr und das Abfangen in der Startphase, INT Euskirchen, 31.03.04

Czerni, W. (IABG Ottobrunn):
ABC-Szenarien – aktuelle Trends, INT Euskirchen, 21.04.04

Kernchen, R. (INT Euskirchen):
B-Waffen Detektion, INT Euskirchen, 28.04.04

Kriegl, W. (Sonthofen):
Datenkommunikation im Weltraum bei der TBM-Bekämpfung, INT Euskirchen, 05.05.04

Schulze, J. (INT Euskirchen):
Sicherheits-Szenarien, INT Euskirchen, 12.05.04

Vehling, H. (BMI-NRW):
Wirtschaftsspionage in F & T, INT Euskirchen, 19.05.04

Weck, G. (INFODAS Köln):
Kryptographie anschaulich, INT Euskirchen, 26.05.04

Gericke, W. (INT Euskirchen):
IT-Sicherheitspolitik der Fraunhofer-Gesellschaft, INT Euskirchen, 02.06.04

Kopp, N. (tms Bonn):
ABC Abwehr im Joint Project Optic Windmill (JPOW), INT Euskirchen, 09.06.04

Klaassen, B. (Fraunhofer-AIS Sankt Augustin):
Technologische Trends in der landbasierten Robotik, INT Euskirchen, 16.06.04

Nätzker, W. (INT Euskirchen):
Lenkflugkörperabwehr, INT Euskirchen, 23.06.04

Pohl, C. (INT Euskirchen):
Kalte Neutronen, INT Euskirchen, 30.06.04

Grüne, M. (INT Euskirchen):
Wehrtechnisches Potenzial der Nanotechnologie, INT Euskirchen, 07.07.04

Pastuszka, H.-M. (INT Euskirchen):
Generische Systeme – Konzept und Sachstand in FuT-Prozeß des BMVg, INT Euskirchen, 14.07.04

Riedel, J. (TMB Hannover):
Innovationsmanagement, INT
Euskirchen, 15.09.04

Thränert, O. (SWP Berlin):
Die Zukunft des Atomwaffensperr-
vertrags, INT Euskirchen, 22.09.04

Rosenstock, W. (INT Euskirchen):
Robust Nuclear Earth Penetrator
(RNEP) – Eine saubere Waffe?, INT
Euskirchen, 13.10.04

Reschke, S. (INT Euskirchen):
Unbemannte Luftfahrzeuge (UAV),
INT Euskirchen, 03.11.04

Wiedemann, C. (TU Braunschweig):
Die Wirtschaftlichkeit von Welt-
raummüllschutz- und Vermeidungs-
maßnahmen, INT Euskirchen,
01.12.04

Altmann, J. (UNI Bochum):
Rüstungskontrollaspekte der
Nanotechnologie, INT Euskirchen,
08.12.04

Wilhelm, R. (ZTransfBw):
Transformation und der CD&E
Prozess der Bundeswehr, INT Euskir-
chen, 15.12.04

Anfahrt

Fraunhofer INT

Appelsgarten 2

53879 Euskirchen

Telefon: +49 (0) 22 51 / 18 - 1

Fax: +49 (0) 22 51 / 18 - 277

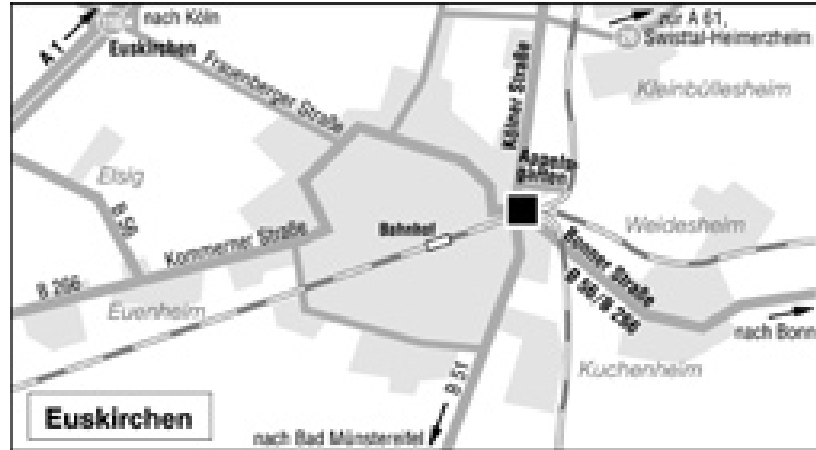
E-Mail: info@int.fraunhofer.de

www.int.fraunhofer.de

Auto

Autobahn A 1, Ausfahrt 110 Euskirchen, oder Autobahn A 61,

Ausfahrt 26 Swisttal-Heimerzheim



Bahn

Nächste IC-Stationen: Bonn-Hbf. und

Köln-Hbf.; von dort regelmäßige

Zugverbindungen nach Euskirchen

Flugzeug

Nächste Verkehrsflughäfen: Köln /

Bonn (60 km) und Düsseldorf (100 km)

Impressum



Impressum

**Fraunhofer-Institut
Naturwissenschaftlich-
Technische Trendanalysen INT**

Postanschrift:
Postfach 14 91
53864 Euskirchen

Appelsgarten 2
53879 Euskirchen
Telefon: +49 (0) 22 51 / 18 - 1
Fax: +49 (0) 22 51 / 18 - 2 77
E-Mail: info@int.fraunhofer.de
www.int.fraunhofer.de

Redaktion

Dipl.-Geogr. Denise Köppen

Dr. Sabine Müller

Dr. Theo Köble

Silvia Weniger

Bildnachweis INT Bilder

Dr. Ulrik Neupert

Layout & Satz

ws4design, Bonn
Luzia Sassen

Druck

Daemisch-Mohr, Siegburg

