



---

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

---

**Wissenschaftliche Berichte**  
FZKA 7239

**Jahresbericht 2005**  
**Institut für**  
**Angewandte Informatik**

**Redaktion: H. Haffner**  
Institut für Angewandte Informatik

**Juli 2006**



**Forschungszentrum Karlsruhe**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft  
Wissenschaftliche Berichte

FZKA 7239

Jahresbericht 2005  
Institut für Angewandte Informatik

Redaktion: H. Haffner  
Institut für Angewandte Informatik

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**  
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft  
Deutscher Forschungszentren (HGF)

ISSN 0947-8620

urn:nbn:de:0005-072398

## INHALTSVERZEICHNIS

Einführung	2
Programm UMWELT: Nachhaltigkeit und Technik	3
Gaserzeugung aus Biomasse	3
Verbrennung von Abfällen	3
Optimierung und Management von Baustoffen und Bauwerken	5
Stoffstrom- und Lebenszyklusanalysen	10
Pilotanlage zur Schnellpyrolyse von Biomasse	12
Programm ATMO: Atmosphäre und Klima	13
Veränderungen in der Tropopausenregion	13
Programm REGMED: Regenerative Medizin	14
Prothetik und Rehabilitation	14
Programm NANOMIKRO: Nano- und Mikrosysteme	16
Automatisierungstechnik und Wissensmanagement	16
Mikrooptik	20
Adaptive Optik	20
Anwendungen elektronischer Nasen	21
Programm GRID: Wissenschaftliches Rechnen	22
Simulation und Optimierung im Grid	22
Verteiltes Lernen im GRID-System	22
Literaturverzeichnis	25
Publikationen in begutachteten Zeitschriften	25
Sonstige Publikationen	26
Vorträge, die nicht in gedruckter Form vorliegen	35

## **Einführung**

Das Institut für Angewandte Informatik (IAI) ist eine Organisationseinheit der Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, die ihrerseits Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V. ist. Das Institut betreibt Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet innovativer, anwendungsorientierter Informations-, Automatisierungs- und Systemtechnik.

Im Institut werden Systemlösungen für Aufgabenstellungen aus den Programmen Nachhaltigkeit und Technik (UMWELT), Atmosphäre und Klima (ATMO), Regenerative Medizin (REGMED), Nano- und Mikrosysteme (NANOMIKRO) und Wissenschaftliches Rechnen (GRID) erarbeitet. Die FuE-Vorhaben umfassen alle Entwicklungsphasen vom Konzeptentwurf bis zur Prototypenherstellung und praktischen Erprobung und beinhalten neben der Systemrealisierung auch die Entwicklung neuartiger Informatik- und Automatisierungsmethoden und -werkzeuge, die im Rahmen der Systemerstellung eingesetzt und weiterentwickelt werden. In den FuE-Vorhaben finden aktuelle Konzepte und Techniken aus den Gebieten Wissensverarbeitung (wie z. B. Fuzzy-Konzepte, Künstliche Neuronale Netze, Maschinelles Lernen, Mustererkennung), Kommunikation, Hypermedia, Telepräsenz, Robotik, Bussysteme sowie Mess-, Regelungs- und Automatisierungstechnik Anwendung.

Die Vorhaben werden in interdisziplinärer Kooperation mit Partnern aus Industrie, Verwaltung und anderen Forschungseinrichtungen im In- und Ausland bearbeitet. Das Institut ist an Projekten der EU, des BMBF, des Landes, der DFG und der deutschen Industrie beteiligt. Die Mitarbeiter des Instituts sind vielseitig in Normungsgremien, Fach- und Gutachtergremien und Programmkomitees aktiv.

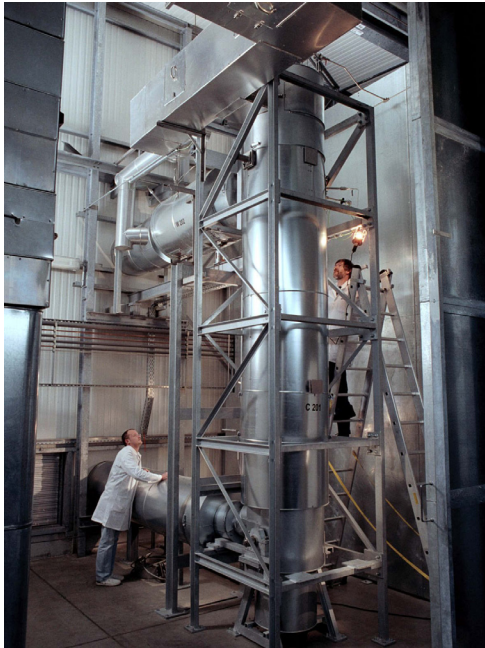
Das Institut wird von Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Georg Bretthauer geleitet, der in Personalunion auch Institutsleiter des Instituts für Angewandte Informatik/Automatisierungstechnik der Universität (TH) Karlsruhe ist.

Am 31.12.2005 waren im Institut für Angewandte Informatik 72 wissenschaftliche Mitarbeiter, 7 sonstige Mitarbeiter, 5 Doktoranden und 24 BA-Studenten beschäftigt.

Im Folgenden wird über die Ergebnisse der Arbeiten im Jahre 2005 berichtet, die Einordnung erfolgt entsprechend ihrer Zuordnung zu den Programmen des Forschungszentrums. Es schließt sich ein Verzeichnis der im Berichtszeitraum erschienenen Publikationen des Instituts an.

## FORSCHUNGSERGEBNISSE IM JAHR 2005

### Programm UMWELT: Nachhaltigkeit und Technik



Versuchsanlage VERENA

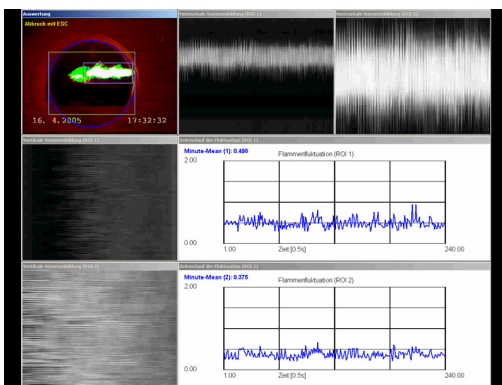
### Gaserzeugung aus Biomasse

In 2005 wurden das Modell für den Wärmetauscher der Versuchsanlage VERENA weiterentwickelt und zusätzlich ein Modell für den Vorwärmer erstellt. Beide Modelle wurden in Excel umgesetzt. Die dazu erforderlichen Stoffwertberechnungen basierten auf der Grundlage der Reinstoffdaten des Programms Fluidcal, wobei zur Gemischberechnung das Prinzip der idealen Mischung diente. Im Ergebnis der Simulationen ließ sich vorhersagen, dass unter bestimmten Bedingungen entgegen bisheriger Annahmen chemische Reaktionen von nicht zu vernachlässigendem Ausmaß bereits im Wärmetauscher und nicht wie erwartet im Reaktor stattfinden. Diese Vorhersagen konnten experimentell bestätigt werden. Für den Vorwärmer konnte eine gute Übereinstimmung zwischen Modell und Messdaten gezeigt werden. Aus den Datenauswertungen und den Modellvergleichen lässt sich als Zielrichtung der weiteren Forschung die Untersuchung zu alternativen Berechnungsmethoden für Gemische, z.B. Lee-Kesler-Prinzip und die Stoffwertberechnung für in Nachschlagewerken nicht erfasste Biomassen ableiten.

### Verbrennung von Abfällen

#### Innovative Prozessführung

Der Einsatz von Infrarot- und Videokameras als innovative Sensoren und deren Auswertung liefert neuartige Kenngrößen zur Optimierung von Verbrennungsprozessen. Dabei können die teils bildbasierten Auswerteverfahren im Bereich der thermischen Abfallbehandlung, aber auch allgemein an Prozessen der Energieerzeugung mittels Verbrennung eingesetzt werden. Beispielsweise stellt die Überwachung der Fluktuation technischer Flammen ein Anwendungsgebiet dar, für das zusammen mit dem Institut für Technische Chemie, Bereich Thermische Abfallbehandlung (ITC-TAB) erste Entwicklungen erfolgreich durchgeführt und auch schon Ergebnisse auf einem Workshop vorgestellt wurden (Abb.: Flammenanalyse).



Flammenanalyse

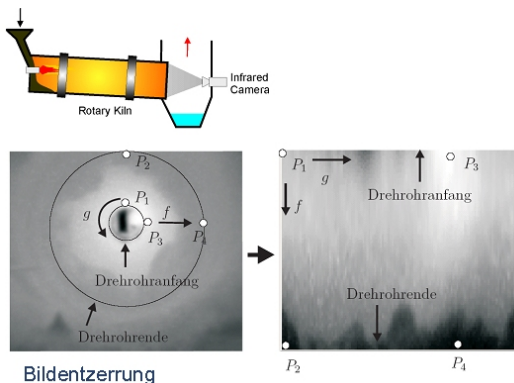
An der Anlage TAMARA und an Großanlagen wurden Grundlagenuntersuchungen zu spektralen Messungen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass bei TAMARA die verschiedenen spektralen Komponenten sehr gut aufgelöst werden konnten. An industriellen Großanlagen hat sich bedingt durch die hohen Messtiefen eine etwas schlechtere Auflösung ergeben. Zur Verbesserung dieser Auflösung wurden neue Verfahrensentwicklungen begonnen.

Die Vorstellung des INSPECT Systems auf der IFAT in München hat ein sehr positives Echo gezeigt. Der nachfolgend durchgeführte Workshop konnte unter großer Beteiligung der Industrie und weiterer Forschungspartner mit großem Erfolg abgeschlossen werden. Aufgrund der Messebeteiligung und des Workshops ergaben sich intensive Kontakte zu Firmen wie

Takuma und Ebara. Die Perspektiven für weitere Industriekooperationen zeigen sich sehr viel versprechend. Das INSPECT System konnte erfolgreich am MHKW Göppingen zur Anwendung gebracht werden. Die Universität Essen, Lehrstuhl für Umwelt- und Automatisierungstechnik, hat das INSPECT System als Forschungsinstrument über den Vertriebspartner ci-Tec erworben und wird dieses in Kooperation mit dem Forschungszentrum einsetzen.

Untersuchungen zu Mustererkennung in Infrarotbildern wurden mit dem Ziel begonnen, geometrische Formen zu erkennen und daraus zusätzliche Größen abzuschätzen. Auf Basis der am Institut geleisteten Vorarbeiten konnte mit der Firma Martin, München, ein erstes Projekt gestartet werden.

Der Einsatzbereich des INSPECT Systems wurde auf Drehrohranlagen deutlich erweitert (Abb.: IR-basierte Kenngrößen im Drehrohr), sodass die Firma Bayer Leverkusen Interesse an Messexperimenten bekundete. Ein erstes gemeinsam mit Bayer und ci-Tec durchgeführtes Projekt war so erfolgreich, dass für 2006 weitere Messexperimente vorgesehen sind.



IR-basierte Kenngrößen im Drehrohr

Im Rahmen der Entwicklungen zur Erkennung der Fluktuation in technischen Flammen sowie der Erkennung spektraler Gaskomponenten in Kooperation mit ITC-TAB wurden mit einer hoch auflösenden CMOS Kamera erste Messungen an TAMARA und an Großanlagen durchgeführt. Der Dynamikbereich und die Auflösung von sich überlagernden Flammen zeigen einen neuen viel versprechenden Ansatz zur Gewinnung bildbasierter Signale bzw. davon abgeleiteter Kenngrößen.

Die Arbeitsgruppe hat in 2005 einen Workshop über zuverlässige Softwareentwicklung in Aachen mit der Gesellschaft für Informatik (GI) und der Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) organisiert. Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Verfahren zur modellbasierten Softwareentwicklung wurden auf

eingeladenen Vorträgen vorgestellt und führten auch zu mehreren Interviews in der Computer Zeitung.

### Integriertes Prozessinformationssystem für Versuchsanlagen zur Verbrennung von Abfällen (THETIS)

Ziel des Vorhabens ist die Erstellung eines integrierten Prozessinformationssystems für die Pilotanlagen TAMARA und THERESA des Forschungszentrums. Das System soll dem Versuchsbetrieb der Pilotanlagen und den betrieblichen Anforderungen anderer Anlagen genügen.

Das Prozessinformationssystem wurde in 2005 weiterentwickelt, den jeweiligen verfahrenstechnischen Erweiterungen der Versuchsanlagen und der veränderten Bedienphilosophie angepasst und während der Versuchskampagnen betreut.

2005 wurde eine neue Version des Webportal THETIS entwickelt und in Betrieb genommen. Das Portal unterstützt die Experimentatoren beim Webzugang zu den Versuchsanlagen TAMARA und THERESA. Durch den Einsatz von MS Share Point Portal Server wurden die Anforderungen an die Webbrowser der Experimentatoren reduziert und die Verwaltung von Portalbenutzern vereinfacht. Das Portal wurde um neue Webseiten zur Abfrage von Laboranalysen erweitert.

Im Rahmen der Arbeiten zur verfahrenstechnischen Erweiterung der Versuchsanlagen wurden u. a. innerhalb der Anlage TAMARA zwei Regelungen im heißen Teil (Feuerraum) implementiert. Führungsgrößen sind die Feuerraumtemperatur bzw. der NO-Gehalt des Rauchgases. Diese Regelungen sind variabel per Bedienung parametrierbar ausgelegt und können entsprechend den Wünschen der Experimentatoren während des Versuchsbetriebes angepasst werden.

Zur Ermittlung der Systemfunktion (Laplace-Transformation) in der Nachbrennkammer von THERESA wurden weitere Verweilzeitmessungen untersucht. Prinzipielle Übereinstimmungen mit früheren Messungen sind offensichtlich. Unterschiede ergaben sich aus der Art der Messungen (Absorption-, Emissionsmessungen) selbst.

Die Auswertungen von Verweilzeitkurven zeigten, dass die Strömungsverhältnisse in THERESA sowohl durch Verdrängungs- als auch Vermischungseffekte bestimmt werden. Diesen Grundverhältnissen sind zusätzliche Effekte, wie Durchbrüche und Totzonen, überlagert.

Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass diese Durchbrüche und Totzonen, die sogenannten Nebenmaxima, statistischer Natur sind. Aus diesem Grunde wurden die gemessenen Verweilzeitkurven als Verteilungsfunktion einer Zufallsvariablen aufgefasst und mit Hilfe von Momenten der Verteilung charakterisiert.



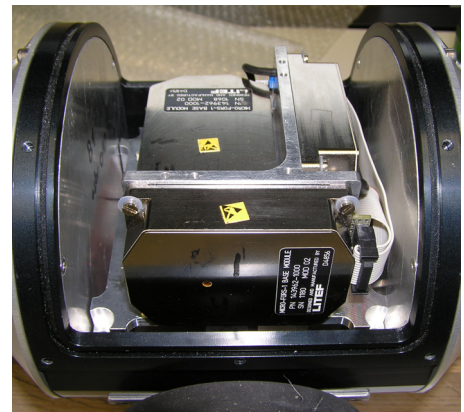
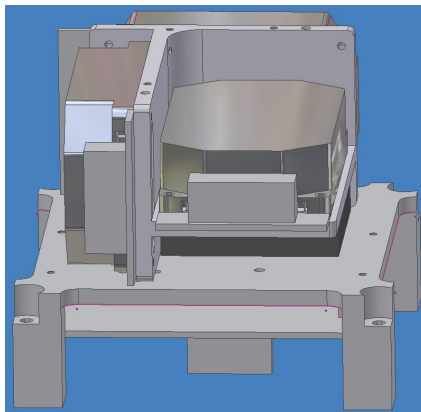
## Optimierung und Management von Baustoffen und Bauwerken

### Mechatronische Systeme für die Bauwerksüberwachung

Das Verbundprojekt zur Entwicklung des autonomen Kanalroboters MAKROplus wurde im Dezember 2005 abgeschlossen. Auf der CeBIT 2006 wird MAKROplus abschließend der Öffentlichkeit präsentiert.

Bei der Inbetriebnahme des Roboters traten viele Schwierigkeiten auf, die von den Projektpartnern nicht rechtzeitig behoben werden konnten. Daher konnten keine Tests in realen Kanälen stattfinden. Ein Antrag auf Verlängerung des Vorhabens zur Durchführung von Inbetriebnahmetests und Kanalbefahrungen wurde bisher weder bewilligt noch formal abgelehnt. Die Anwendungsmodule stehen den Verbundprojektpartnern jederzeit für Tests zur Verfügung

Das Chemiemodul, das Ende 2004 zu Tests bereitstand, wurde in mechanischen und elektronischen Details verbessert. Im Testbetrieb hatte sich beispielsweise gezeigt, dass im Inneren des Moduls Wasser austreten konnte, wenn der vorgesehene Ablauf abgeklemmt wurde. Das MCA-Modul, das die Schnittstelle zwischen den Nachrichten auf dem CAN-Bus und der Missionssteuerung bildet, wurde an die Wünsche der Projektpartner angepasst.



MAKROplus: Roboter

CAD-Modell des Navigationsmoduls

Eingebautes Anwendungsmodul

Das Navigationsmodul ist mechanisch und elektrisch fertig gestellt. Die Qualität der Messungen des Navigationsmoduls entspricht nicht den Anforderungen. An der Software wird im Hinblick auf den Einsatz eines Navigationssystems in Servicerobotern weiter gearbeitet.

MAKROplus wurde auf der Hannover Messe, der Fachmesse IFAT 2005 in München und bei der ConSoil in Bordeaux ausgestellt. Ein Vortrag auf dem Innovationsforum Wasserwirtschaft fasste die Arbeiten des Instituts auf dem Gebiet der Kanalrobotik zusammen.

Der experimentelle Serviceroboter reift aus einer Fülle einzelner Puzzleteile heran. Zwei Gruppen aus jeweils mehreren Studenten arbeiten unter Anleitung an zwei Schwerpunkten. Die softwareorientierte Gruppe entwickelt Verfahren für den Fahrbetrieb einer differentiell angetriebenen Roboterplattform. Dies reicht von der Fahrpunktedatenbank, der Wege- und Bahnplanung, unterschiedlichen Teach-, Fahr- und (Fern-)Bedien-Modi über Algorithmen zur Korrektur der Raddurchmesser bis zur Bildauswertesoftware für die Positionskorrektur an Landmarken.

In der zweiten Gruppe wurde nach dem Greifer ein Scara-Roboterarm realisiert. Der Arm verleiht der neuartigen aufgabenorientierten autonomen Plattform eine gute Tragkraft (ca. 10 kg) bei kleinen und ungefährlichen Antriebsmomenten der Motoren. Für eine Hubachse als vierter Freiheitsgrad des Roboterarms wurden die Konstruktionsunterlagen nahezu fertig gestellt. Die Plattform des Serviceroboters sollte differentiell anzutreiben sein, weil diese Methode fast immer eingesetzt wird. Andererseits gibt es viele Situationen, in denen ein omnidirektionaler Antrieb vorteilhaft wäre. Im Rahmen einer Bachelor Thesis wurde ein Antriebskonzept entwickelt, das auf einfache Weise beide Möglichkeiten vereint. Die Patentfähigkeit wird derzeit geprüft.

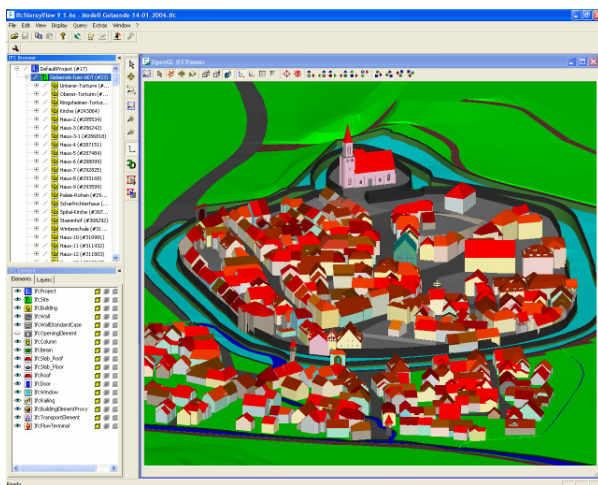
Der Serviceroboter soll älteren Menschen dienen. In Kooperation mit der Geriatrie des St. Margarethen Krankenhauses in Budapest wurde untersucht und diskutiert, was solche Systeme leisten müssen und wie sie auszusehen haben. Die Ingenieure werden dabei beispielsweise mit den „Giants of Geriatrics“ oder den 5Is (Immobilität, Instabilität, Inkontinenz, Intellektuelle Schwächung, latrogene Effekte von Medikamenten) konfrontiert, die nicht automatisch mit den Fähigkeiten eines Serviceroboters korrelieren.

### 3-D Informations- und Präsentationssystem für Gebäude und Anlagen

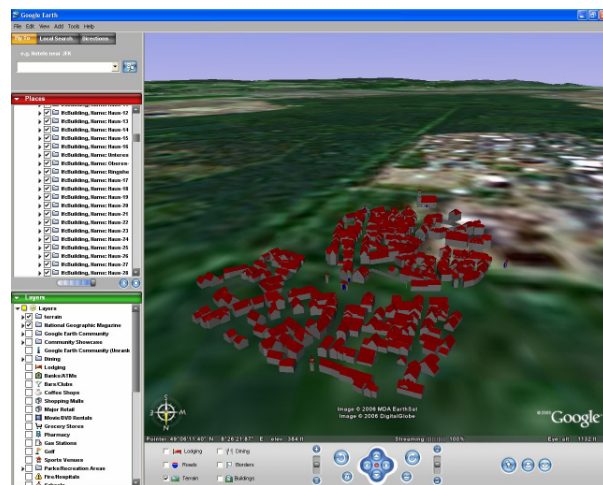
Im Jahr 2005 wurde eine neue Version des Produktdatenmodells (PDM) IFC(Industrial Foundation Classes) definiert, IFC 2x3. Neben Anpassungen und Erweiterungen von Elementen aus der Version 2x2 bietet die Version 2x3 vor allem die Möglichkeit 2-D-Elemente abzubilden. Die Definition der 2-D-Elemente konzentriert sich dabei auf den Modellbereich (3-D) und nicht auf den Zeichnungsbereich (druckbare Zeichnungen). Die am Institut entwickelten IFC Applikationen IFCObjectCounter (Semantische und syntaktische Prüfung), IFCStoreyView (Darstellung und Bearbeitung) und IFCViewer (Darstellung und VRML Export) wurden um das neue Schema IFC 2x3 erweitert.

In verschiedenen Betrachtungsebenen eines Bauwerks, wie zum Beispiel Komponentenebene, Gebäudeebene und Siedlungsebene, werden spezielle Produktdatenmodelle (PDM) eingesetzt, die auf die jeweiligen besonderen Bedürfnisse zugeschnitten sind.

Für Komponenten im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung kommt das PDM VDI 3805 zum Einsatz. Für den am Institut entwickelten VDI3805-Viewer wurde ein IFC Exportfilter entwickelt, der haustechnische Komponenten im ifcXML Format bereitstellt. Der erste Prototyp unterstützt nur einen allgemeinen Komponententyp (detaillierte Untertypen müssen noch definiert werden) und noch nicht alle Parameter (z.B. Berechnungsvorschriften).



IFC Modell mit etwa 300 Gebäuden und 3-D-Geländemodell



Das exportierte Modell in der Google Earth Umgebung

Im Bereich Quartiers- und Stadtplanung wurde das PDM CityGML auf der Basis von GML (Geography Markup Language) definiert. Für den IFCStoreyView wurde ein Konverter entwickelt, der zum einen eine XML Datei für Quasy (Quartierdaten-Managementsystem) und zum andern direkt CityGML erzeugen kann. Der CityGML Konverter liegt als Prototyp vor und exportiert den höchsten Detaillierungslevel (LOD 4).

Der IFCStoreyView wurde um einen Exportfilter erweitert, der das Google Earth Format (KML, KMZ) erzeugen kann. Nach Eingabe von Position (Longitude, Latitude) und Nordrichtung wird eine Google Earth Datei erzeugt, die sämtliche Strukturen (Gebäude, Stockwerke, Elemente) des IFC Modells beinhaltet. Die Abbildung zeigt ein IFC Modell mit ca. 300 Gebäuden (links) und das entsprechende Google Earth Modell (rechts).

### Entwicklung und Standardisierung von Datenmodellen und Visualisierungswerkzeugen für Städtebau und Stadtplanung

Im Rahmen mehrerer externer Arbeitsgruppen wurde die Standardisierung der Datenformate CityGML (3-D-Stadtmodelle), BPlanGML (Bebauungspläne) und FPlanGML (Flächennutzungspläne) weiter vorangetrieben sowie begleitende Software-Entwicklungen durchgeführt.

Die Spezifikation der Version 1.0 des CityGML-Standards wurde in 2005 abgeschlossen. Die Arbeiten am Institut konzentrierten sich auf das Teilmodell „Gebäude“, speziell auf die Generierung von CityGML-Gebäudemodellen aus IFC-Daten. Dies ist derzeit die einzige Möglichkeit, überhaupt Gebäudemodelle von hoher Detaillierungsstufe (mit Innenräumen) zu erzeugen. Das Software-System QUASY (Quartier-Managementsystem) wurde zu diesem Zweck um Import und Export-Schnittstellen für CityGML erweitert.

Im Bereich des Deutschland.Online bzw. Media@Komm-Transfer Projektes XPlanung hat das Institut die Federführung bei der Spezifikation der Standards BPlanGML und FPlanGML übernommen. Von beiden Standards liegen inzwischen stabile Versionen vor. Erste Implementierungen durch Software-Hersteller sind

erfolgt bzw. haben im Jahr 2005 begonnen. Das Projekt XPlanung hat auf fachlicher und politischer Ebene große Beachtung gefunden, was u.a. zum Gewinn des „Best Practice Awards“ des Media@Komm-Transfer Projektes sowie zur Aufnahme in den Kreis der „Modellprojekte“ der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) geführt hat. Das Projekt wurde in verschiedenen Veröffentlichungen und Workshops, sowie auf der CeBIT- und der Intergeo-Messe vorgestellt.



Digitaler Bebauungsplan als SVG-Graphik

Es ist für die Akzeptanz der neuen Standards auf kommunaler Ebene sehr wichtig, vorhandene digitale Bauleitpläne kostengünstig in die neuen Datenformate übernehmen zu können. Deshalb wurde am Institut schwerpunktmäßig die Konvertierung von CAD- oder GIS-gestützten Altplänen in BPlanGML und FPlanGML sowie ihre gesetzeskonforme Visualisierung über SVG-Graphik bearbeitet. Für diesen Zweck wurde eine interaktive Software entwickelt, die Geometrie- und Attributdaten aus einem weit verbreiteten GIS-Format (ESRI-Shapefile) in BPlanGML oder FPlanGML-Objekte transformieren und visualisieren kann. Das Werkzeug wurde an mehreren realen Plänen erfolgreich getestet. Die entwickelten GML-Modelle dienen jetzt als Referenzdaten für Implementierungen der Standards.

### **Anwendung des Produktdatenmodells zur Gebäudeerstellung und -nutzung**

Detaillierte IFC-Produktdaten bilden eine hervorragende Grundlage für die Automatisierung der Vorfertigung individuell geplanter Neu- und Umbauten. Das Ziel, aus den IFC-Daten weitestgehend automatisch alle Wände zu extrahieren, diese im zweiten Schritt in einzelne Steine aufzuteilen und schließlich automatisch NC- bzw. Roboterprogramme für jeden Stein zu generieren, wurde nahezu erreicht. Um im nächsten Schritt „Musterhäuser“ fertigen zu können, ist noch die Abbildung einiger Fertigungsfeatures auf die Fertigungssituation zu leisten. Ein „Musterhaus“, ein Kinder-Spielhaus, wurde entworfen. Das Material ist beschafft. Im Frühjahr 2006 wird das Richtfest stattfinden.

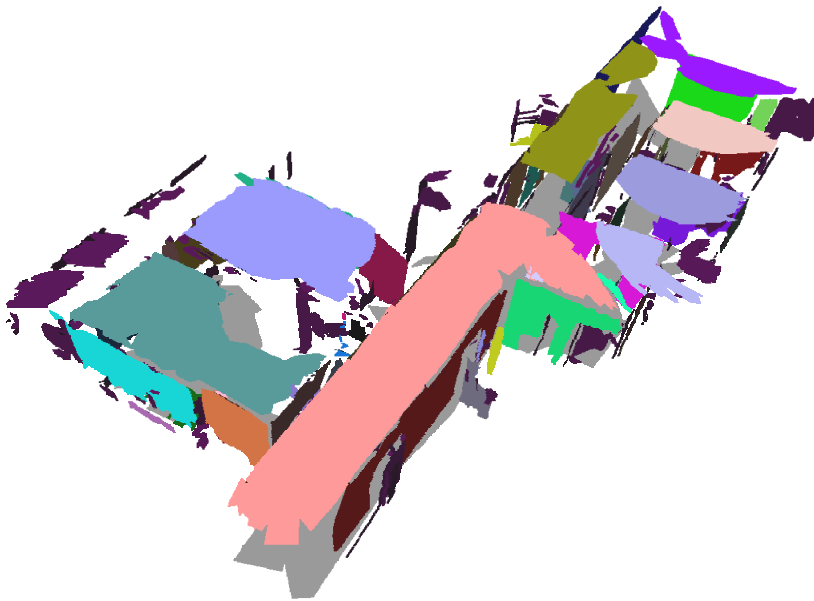
Die Universität Karlsruhe reichte bei der DFG einen Antrag für ein Exzellenzcluster „Energie“ mit einem Schwerpunkt Endenergienutzung ein. In diesem Zusammenhang wurden Vorschläge erarbeitet, die mittelfristig helfen können die Energiesenke Gebäudeheizung, die ca. ein Drittel der Primärenergie schluckt, zu verbessern. Ansatzpunkt ist in erster Linie die Beschreibung einzelner Bauwerke und des Gebäudebestandes ganzer Quartiere oder Städte. Um die Fülle dieser Daten verwalten zu können, muss eine Datenbank aufgesetzt werden, die fortschrittliche Abfragemechanismen und verschiedene Akteurssichten auf den Datenbestand unterstützt. Darauf aufbauend können Simulationen entwickelt werden, die Konsequenzen baulicher Maßnahmen oder öffentlicher Aufklärungsarbeit veranschaulichen. Die Arbeiten in dieser Richtung werden trotz der Ablehnung des Antrages fortgeführt.

## Mobile Sensornetze

Das Gesamtziel der Arbeiten ist eine autonome, multi-sensorielle 3-D-Kartierung von Gebäuden und Anlagen auf hohem Abstraktionsgrad (in Flächen oder in Objekte strukturiert), zum Zweck ihrer Bestandsaufnahme und Instandhaltung, primär unter energetischen Gesichtspunkten. Der methodische Fokus liegt auf schritthaltender Kartierung und Lokalisierung unpräparierter Arbeitsräume (3-D-SLAM) und der Fusionierung bildhafter Sensordaten, z.B. Tiefen- und Wärmebilder.

Folgende in 2004 begonnene Arbeiten wurden 2005 abgeschlossen:

- Der Extended Kalman Filter zur 3-D-Lageschätzung aus Fahrzeugsensordaten (Weggeber, Inklinometer) wurde integriert und abschließend dokumentiert. Er unterstützt die Lageschätzung aus Tiefenbildserien, um die wahrscheinlichste Lagehypothese in mehrdeutigen Situationen auszuwählen.
- Zur praktischen Erprobung (Gebäudekartierung) wurde ein neuer, um die optische Achse rotierender Laserscanner kompakter Bauart (RoSi-II) beschafft und in Betrieb genommen. Die bestehende Kartierungssoftware wurde an größeren Gebäudeparcours ("Kinderklinik") erprobt. Das Bild unten zeigt eine 3-D-Karte aus 133 Einzelbildern; aus über 8 Millionen 3-D-Punkten wurden ca. 400 Flächenstücke generiert. Der in dem Parcours von ca. 30m Durchmesser enthaltene Zyklus hat einen translatorischen Fehler unter 80mm.
- Ein Programmpaket zur automatischen Extraktion von Kegel- und Zylinderstücken (z.B. Rohrleitungen) aus RoSi Tiefenbildern ergänzt die Kartierung ebener Flächen.
- Im Rahmen einer Master Thesis wurde ein Web-Service auf der Basis eines Gebäudemodells und XML-Datenbanktechnologie entworfen, der mehreren Benutzern (Robotern) gleichzeitig erlaubt, sich anhand standortlokaler Flächen-Teilmodelle zu lokalisieren. Damit wurde erstmals eine Schnittstelle zwischen Kartierung und Bauwerks-Datenmodellen (PDM) geschaffen.



3-D-Karte "Kinderklinik" als Mosaik aus 133 Teilansichten

Die neuen Entwicklungen konzentrierten sich auf globale Aspekte der Kartierung, um Zyklenhypothesen zu bilden und konsistent zu schließen, wobei obere Schranken für den Aufwand dieser Aktionen unabhängig von der Dauer der Exploration bzw. der Größe der Karte gelten sollen (schritt haltende Arbeitsweise). Hierzu wird der neuartige Elastic View Graph Ansatz (EVG) entwickelt.

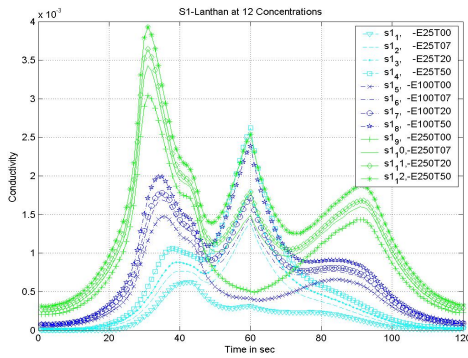
Ferner wurde ein probabilistisches Modell der Sichtbarkeit und Verdeckung für Kartenmerkmale mit Orientierung und Ausdehnung entworfen und realisiert, welches Maße der wechselseitigen visuellen Konsistenz und Vollständigkeit von Teilansichten liefert. Damit werden die zugrunde

liegenden Lage- und Zuordnungshypothesen geprüft oder dynamische Objekte erkannt.

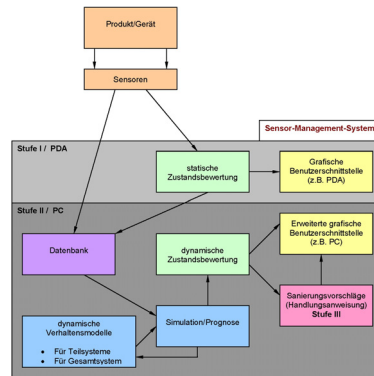
Um einen quantitativen Vergleich von EVG mit Bayes'schen Schätzverfahren wie Partikelfilter oder FastSLAM vorzubereiten, wurde der FastSLAM-Algorithmus auf dreidimensionale Flächenmerkmale und Simultanbeobachtungen ("Bilder") übertragen. Dabei ließen sich jedoch viele Flächen- und insbesondere Relationenattribute nicht verwenden, ohne die wahrscheinlichkeitstheoretischen Annahmen von FastSLAM (Normalverteilung, Unabhängigkeit) zu sprengen.

## Verteilte intelligente Sensorsysteme

Für das aus dem sehr erfolgreich abgeschlossenen DBU Projekt hervorgegangenen Gasanalysegerät wurde zwischenzeitlich das EU-Patent erteilt. Um die zukünftigen Arbeiten und deren Verwertung besser abzusichern wurde zwischen dem Forschungszentrum und der Fachhochschule Karlsruhe ein Kooperationsvertrag abgeschlossen. Für die Auswerteverfahren (global, lokal) für Halbleitersensoren wurden deutsche und internationale Patente beantragt. Die Forschungsergebnisse zur Messung von mehrkomponentigen Gasgemischen bei variabler Umgebung sind auf internationalen Tagungen veröffentlicht worden (Sensor 2005, Dechema).



Kurvenverläufe verschiedener Gaskonzentrationen



Vorgehensweise in der „life-cycle“ orientierten Betrachtung

Die Berechnung der Stoffarten und deren Konzentration (siehe Abb. links) kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Hierzu wurde ein Vergleich von Auswerteverfahren der klassischen Art und neuronalen Netzen zur Erkennung der relevanten Signalmuster erarbeitet und an Beispielmessungen getestet.

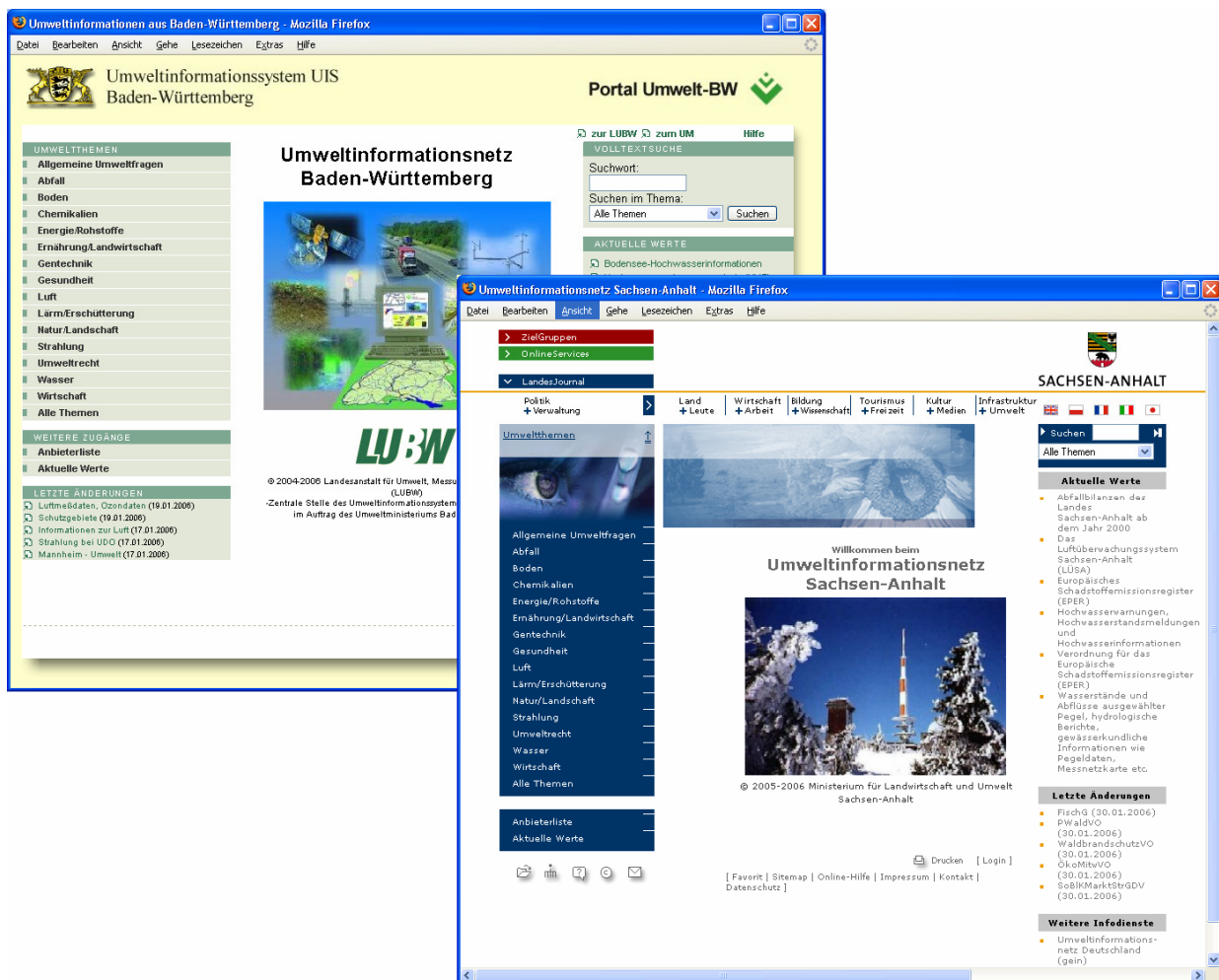
Die „life-cycle“ orientierte Betrachtung von Sensorikapplikationen erfordert Vorgehensweisen, die sich an Normen, technischen Verfahren und konkreten Anwendungssituationen ausrichten. Hierzu wurde im FZK eine Arbeitsgruppe Sensornetze gegründet, die am Beispiel eines Trinkwasservorratsbehälters eine exemplarische Vorgehensweise erarbeiten will (siehe Abb. rechts).

## Stoffstrom- und Lebenszyklusanalysen

### Intelligente, Web-basierte Umweltinformationssysteme

Ziel des FuE-Vorhabens ist es, mit Hilfe innovativer Informatikmethoden – insbesondere Methoden der Wissensverarbeitung und Hypermedia-Techniken – umweltbezogenes Fachwissen zur Information der Öffentlichkeit und als Arbeitsgrundlage für Sachbearbeiter bereitzustellen. Hierzu werden sowohl Methoden und Werkzeuge als auch, in Zusammenarbeit mit Partnern aus dem jeweiligen Anwendungsgebiet, konkrete Umweltinformationssysteme entwickelt.

Die Konzepte und Werkzeuge für Portale zu verteilten, umweltrelevanten Web-Angeboten wurden ergänzt und weiterentwickelt. Neue Qualitätssicherungsfunktionen erleichtern nun die konsistente Pflege der Metadaten zu den verteilten Websites und die Überwachung der automatisierten Indizierungswerkzeuge. In Kooperation mit dem Umweltbundesamt wurden thesaurus-gestützte Suchfunktionen konzipiert, entwickelt und erprobt, bei denen der Nutzer auf neuartige Weise bei der Formulierung seiner Suchanfragen unterstützt wird.



Startseite der Umweltportale der Bundesländer Baden-Württemberg und Sachsen-Anhalt

Diese Konzepte und Werkzeuge wurden zum einen für eine entsprechende Weiterentwicklung des Umweltinformationsnetzes Baden-Württemberg (mit dem Portal Umwelt-BW; <http://www.umwelt.baden-wuerttemberg.de/>) eingesetzt. Als zweites System wurde mit ihnen das Umweltinformationsnetz Sachsen-Anhalt entwickelt, dessen Portal Anfang 2006 unter der Adresse <http://www.umwelt.sachsen-anhalt.de/> in Betrieb gegangen ist. Beide Systeme bilden den zentralen Einstiegspunkt zu den Umweltinformationen der Behörden im jeweiligen Bundesland.

Der Themenpark Umwelt (<http://www.themenpark-umwelt.baden-wuerttemberg.de/>), ein Web-basiertes Umweltinformationssystem mit der Zielgruppe Öffentlichkeit, wurde konsolidiert und in einigen Punkten funktional ausgebaut. So wurden z.B. Möglichkeiten zur einfachen Suche im Portal Umwelt-BW und in der deutschen Wikipedia in das System integriert. Hauptaktivität war jedoch die technische Unterstützung und Begleitung einer breit angelegten öffentlichen Evaluierung und deren anschließende Auswertung

gemeinsam mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (seit 1.1.2006: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz). Im Ergebnis zeigte sich, dass die Web-Seiten des Themenparks Umwelt hauptsächlich von zwei Benutzergruppen aufgesucht werden: Zum einen von „Umwelterlebnis“-Suchenden, zum anderen von Lehrern, Schülern, Studenten und interessierten Bürgern auf der Suche nach Informationen zum Themenkreis Umwelt und Natur sowie zu den umweltpolitischen Aktivitäten Baden-Württembergs. Das Nutzungsmuster entspricht damit weitgehend den Zielgruppen, die ursprünglich angestrebt wurden. Die Zugriffszahlen (mehr als 5.000 Benutzer und mehr als 300.000 Seitenimpressionen pro Monat) und das in den zugesandten Erhebungsbögen und Kontaktformularen zum Ausdruck gekommene Meinungsbild der Benutzer belegen, dass das System eine ausgezeichnete Resonanz gefunden hat und bedarfsgerecht entwickelt wurde. Das Umweltministerium Baden-Württemberg als Projektträger will auf dieser Grundlage 2006 über den weiteren Ausbau des Themenparks Umwelt entscheiden.

In einer Studie wurden am Beispiel des Umweltinformationssystems Baden-Württemberg (UIS) innovative Konzepte zum Management von Umwelt-Fachdokumenten erarbeitet. Dazu wurde zunächst die qualitative und quantitative Nutzung der seit zehn Jahren im Einsatz befindlichen XfaWeb-Systeme (<http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de>), dem größten Dokumentenverwaltungssystem mit Fachportalen im Internet-Angebot des UIS Baden-Württemberg, analysiert und ausgewertet. Unter Berücksichtigung weiterer Fachsysteme des UIS, die mit Fachdokumenten umgehen, wurde eine dreistufige Architektur entworfen. Als allgemeines Integrationskonzept wird der konsequente und flächendeckende Auf- bzw. Ausbau einer Web-Service-Infrastruktur vorgeschlagen. Auf der mittleren Ebene soll eine neu zu implementierende Komponente, in der Studie als Fachdokumenten-Browser bezeichnet, die Metadaten von Fachdokumenten relevanter Fachsysteme in der Art eines Volltext-Crawlers über standardisierte Web Services einsammeln. Der Fachdokumenten-Browser kann dann, wiederum über Web Services, eine Reihe von Zugriffsfunktionen anbieten, die z.B. in Portalen nutzbar sind. Die unterste Ebene im Konzept bildet das System FADO (Fachdokumente Online), das Nachfolgesystem von XfaWeb. Dieses besteht aus einer Autorenumgebung, einer CMS-basierten Dokumentenverwaltung und themenspezifischen Fachportalen.

Im Zusammenhang mit der Studie und Anforderungen aus anderen Projekten wurden verschiedene Machbarkeitsuntersuchungen durchgeführt und dabei bestimmte Lösungsansätze genauer betrachtet und auf Praktikabilität getestet. Um den CMS-Redakteuren bei der Inhalteverwaltung größere Gestaltungsfreiheit zu geben, wurden Möglichkeiten zur Integration von HTML-Editoren in die Autorenumgebung konzipiert und praktisch erprobt. In einer weiteren Untersuchung wurde die Berichtserstellung mit Adobe InDesign, der Export des Dokuments nach XML und die anschließende Zerlegung und Konvertierung in thematisch abgegrenzte HTML-Seiten analysiert und beispielhaft durchgeführt.

Methoden und Werkzeuge für den mobilen Zugriff auf Umweltinformationen werden in den Projekten PaUla (Portal für mobile Umwelt-Assistenten) und MobiNaf (Mobiler Naturführer) entwickelt. Im Projekt PaUla wurde der Prototyp für ein Unfallmanagement-Szenario fertig gestellt. Hier galt es insbesondere, Online- und Offline-Zugriffsfunktionen auf Raster- und Vektorkarten zu entwickeln und zu integrieren. Während diese Funktionen nur im Intranet der Umweltverwaltung Baden-Württemberg zur Verfügung stehen, sind im Internet für Pocket PC geeignete Zugriffsfunktionen auf Fachdokumente frei zugänglich (<http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/xfaweb/ppc/>). Der mobile Naturführer MobiNaf soll Nutzer bei ihrem Erlebnis von Natur und Umwelt begleiten und Interaktionsmöglichkeiten bieten, die diese zur Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt anregen und ihnen das Erlebnis in Natur und Umwelt bereichern. Ein erster Prototyp für das Naturschutzzentrum Karlsruhe-Rappenwört wurde einer ausführlichen Feldstudie mit Familien und Schulklassen unterzogen, wobei Vergleichsgruppen mit konventionellen Führern in Papierform ausgestattet wurden. Die Erfahrungen werden zur Optimierung der Benutzungsoberfläche und des Navigationsdienstes verwendet. Neu eingeführt wurde u.a. ein Landmarkenkonzept, das den Nutzern hilft, sich auch in nicht vertrauten Naturgebieten einfach zu orientieren.

Auch im Jahr 2005 wurde neben den genannten fachlichen Arbeiten das Projektmanagement und die Federführung auf Seiten der Forschungsinstitute im FuE-Verbundprojekt KEWA des Umweltministeriums Baden-Württemberg wahrgenommen.

### **Web-Portale und Wissensdatenbanken für Lebenszyklusuntersuchungen**

Ziel des FuE-Vorhabens ist die Bereitstellung verbesserter Datengrundlagen für Lebenszyklusuntersuchungen. Zur Umsetzung dieser Zielsetzung werden im „Netzwerk Lebenszyklusdaten“ die bestehenden Kompetenzen auf nationaler Ebene gebündelt. Das Netzwerk wird auch als Plattform für die Koordination von Forschungsarbeiten und für die internationale Einbindung genutzt. Der Beitrag des Instituts besteht im Aufbau von Web-Portalen und von Wissensdatenbanken für das nationale Netzwerk sowie für vergleichbare internationale Aktivitäten.

Im Rahmen der UNEP/SETAC und unter fachlicher Beteiligung des Instituts für Technische Chemie, Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme (ITC-ZTS) wird eine Online-Erfassung der wichtigsten

Datenbanken weltweit mit Lebenszyklusdatensätzen durchgeführt. Das IAI hat hier die Bereitstellung der erforderlichen Informationstechnik für die Durchführung und Auswertung dieser Umfrage übernommen. Im ersten Schritt wurden die Anforderungen und informationstechnischen Randbedingungen mit den Partnern abgeklärt sowie mit der Implementierung der Erfassungsformulare im Internet und der Datenhaltung in einer relationalen Datenbank (MySQL-DB) begonnen. Insbesondere wurde die Entwurfsfassung der umfangreichen Erfassungsformulare im Internet implementiert, bereitgestellt und in einem Betatest mit der UNEP/SETAC-Arbeitsgruppe abgestimmt. Daneben wurden die vorgebrachten Änderungsanforderungen in die Erfassungsbögen und die Datenhaltung eingearbeitet.

Im EU-Projekt „Internet Site on Life-Cycle Assessment (LCA) Tools and Services and Life-Cycle Inventory Data in Support of European Integrated Product Policy“ ist das IAI als Partner im Entwicklungskonsortium für die Implementierung der Website und der zu Grunde liegenden Datenbank mit Tool-, Daten- und LCI-Datenbankbeschreibungen verantwortlich. In Zusammenarbeit mit ITC-ZTS, PE-Europe und IKP / Uni Stuttgart wurde eine Anforderungsanalyse bzgl. des erforderlichen Funktionsumfangs der Web-Site und der Datenbank durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde das Datenmodell, die Weboberfläche sowie die Applikationslogik der Internet-Site spezifiziert und ein erster Prototyp des Systems implementiert.

In das Portal des Netzwerks Lebenszyklusdaten wurde ein LDAP-Server zur Abbildung der Organisationsstruktur des Netzwerks integriert. Auf der Basis dieser Daten wurden im Portal Funktionalitäten für die Gruppenarbeit (z.B. Versenden von E-Mails an Netzwerk-Arbeitsgruppen) bereitgestellt. Für den Zugriff auf die Verwaltungsdaten des Netzwerks Lebenszyklusdaten über das Internet, insbesondere für die Pflege der Arbeitsgruppensdaten direkt durch die Gruppenverantwortlichen, wurde eine Web-basierte Benutzeroberfläche realisiert.

Weiter hat das Institut verschiedene IT-Bausteine für eine über das Internet durchgeführte Architekten-Umfrage des ITC-ZTS in Bezug auf eine sinnvolle Nutzung von Lebenszyklusdaten bei der Planung von Bauvorhaben entwickelt. Hierbei wurden Module zur Erstellung der Online-Formulare sowie zur Datenhaltung der Umfragedaten innerhalb einer relationalen Datenbank implementiert. Daneben wurden für die statistische Auswertung der erfassten Umfragedaten generische Algorithmen realisiert, die die Fragebogendaten in geeigneter Form aufbereiten und in Form von Excel-Dateien bereitstellen.

Die Wissensdatenbank für das deutsche Netzwerk Lebenszyklusdaten wurde im Jahre 2005 in Zusammenarbeit mit ITC-ZTS weiter ausgebaut. Nach Abschluss der Datenmodell-Entwicklung wurde dabei im Frühjahr 2005 mit Arbeiten zur Unterstützung der Datenpflege und zur Überprüfung der Datenqualität begonnen. Insbesondere gehören dazu

- Workflows zur Unterstützung der elementaren Datenbankfunktionen Create, Read, Update, Delete (CRUD) zur bedarfsgerechten Unterstützung der verschiedenen Akteursgruppen des Netzwerks
- Implementierung eines rollenbasierten Berechtigungssystems als Basis des Zugangsberechtigungs-systems für die Datenbank und das Portal
- Implementierung von Mechanismen zur Aggregation von Datensätzen unter Verwendung der mathematischen Programmbibliothek COLT.

Im Rahmen des Auftrags „Implementation of European Reference Life Cycle Assessment Database Format“ arbeitet das Institut zusammen mit dem Joint Research Centre der EU in Ispra an der Implementierung des neuen europäischen Datenaustauschformats ELCD sowie der Entwicklung einer zugehörigen Programmierschnittstelle (API). Zum Entwicklungsumfang gehören außerdem Funktionen zur Konsistenzprüfung der Daten. Im Jahr 2005 wurde dabei mit der Überarbeitung der Spezifikation der Schnittstelle, basierend auf den Vorgaben von JRC, begonnen.

## **Pilotanlage zur Schnellpyrolyse von Biomasse**

### **Integriertes Prozessinformationssystem für Versuchsanlagen zur Herstellung von synthetischen Kraftstoffen aus Biomasse**

Die Beurteilung, Einstellung und Einhaltung optimaler Prozessbedingungen in Versuchsanlagen wird durch den Einsatz moderner Prozessleittechnik unterstützt. Das Prozessgeschehen wird analysiert, betriebliche Eingriffe abgeleitet und die notwendigen Informationen dem Bediener transparent präsentiert. Ziel des Vorhabens ist die Erstellung eines Prozessinformationssystems für die Pilotanlage zur Schnellpyrolyse von Biomasse. Die Ausrichtung und Durchführung der Arbeiten ist abgestimmt mit den FuE-Aktivitäten des Vorhabens „Verbrennung von Abfällen“. Die Nutzung der in diesem Vorhaben entwickelten Verfahren und Werkzeuge wird angestrebt.

In 2005 wurden im Rahmen einer Projektgruppe ein Leittechnik-Konzept und die Ausschreibungsunterlagen für die Pilotanlage zur Schnellpyrolyse von Biomasse erstellt.



## Programm ATMO: Atmosphäre und Klima Veränderungen in der Tropopauseregion

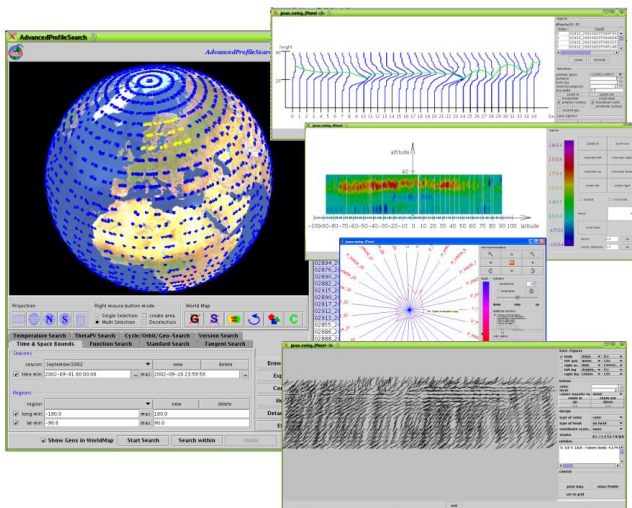
Aus den von dem Umweltsatelliten ENVISAT gemessenen MIPAS-Daten (Michelson Interferometer für passive atmosphärische Sondierung) werden die Konzentrationsverteilungen atmosphärischer Spurengase berechnet. Fünf Standardgase werden online bei der DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) berechnet, mehr als 28 weitere Spurengase werden offline im Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) des Forschungszentrums Karlsruhe ermittelt.

Für die teilautomatisierte Durchführung dieser Berechnungen und der wissenschaftlichen Analyse der Ergebnisse wird ein Wissenschaftliches Informationssystem für die Atmosphärenforschung (WISA) entwickelt.

Dem Benutzer steht eine größere Anzahl grafischer Benutzermodule zur Verfügung, welche die Verwaltung der Daten, der Spurengasprozessierungen und deren übergeordneter Projekthierarchie bis zur integrierten Visualisierung der Eingabe- und Konfigurationsdaten sowie der Zwischen- und Endergebnisse ermöglicht. Für die einzelnen Module wurden zahlreiche Erweiterungen entsprechend neuer Benutzerwünsche implementiert sowie die Performance einzelner zeitkritischer Teilanwendungen wesentlich verbessert.

Ein Schwerpunkt der Arbeiten im Jahre 2005 lag auf der Weiterentwicklung des Moduls zur Verwaltung von Ergebnisprofilen sowie der zur Berechnung dieser Profile erforderlichen Metadaten.

Dabei wurden sowohl zusätzliche Plugins für erweiterte Datenbankabfragen implementiert als auch die bereits existierenden Plugins um verschiedene Filtermöglichkeiten erweitert. Weiterhin wurde die Performance der 3-D-Komponente verbessert, um auch sehr große Datenmengen in angemessener Zeit bearbeiten zu können.



Für die detaillierte Visualisierung von Ergebnissen wurden ein Softwarebaukasten für WISA modelliert und einzelne Werkzeuge zur Darstellung multidimensionaler Daten prototypisch implementiert. Dieser Softwarebaukasten ist vollständig in die vorhandene WISA-Software integriert.

Für den Zugriff des im IMK bereits eingesetzten kommerziellen Visualisierungssystems IDL auf die WISA-Datenbank wurde eine Java-Anbindung auf der Basis von sog. IDL-Objects entwickelt. Mit Hilfe dieses Datenbankzugangs konnte der Zugriff auf die Ergebnisdaten wesentlich beschleunigt werden. Somit können vorhandene ältere IDL-Applikationen an diesen beschleunigten Datenzugriff angepasst werden.

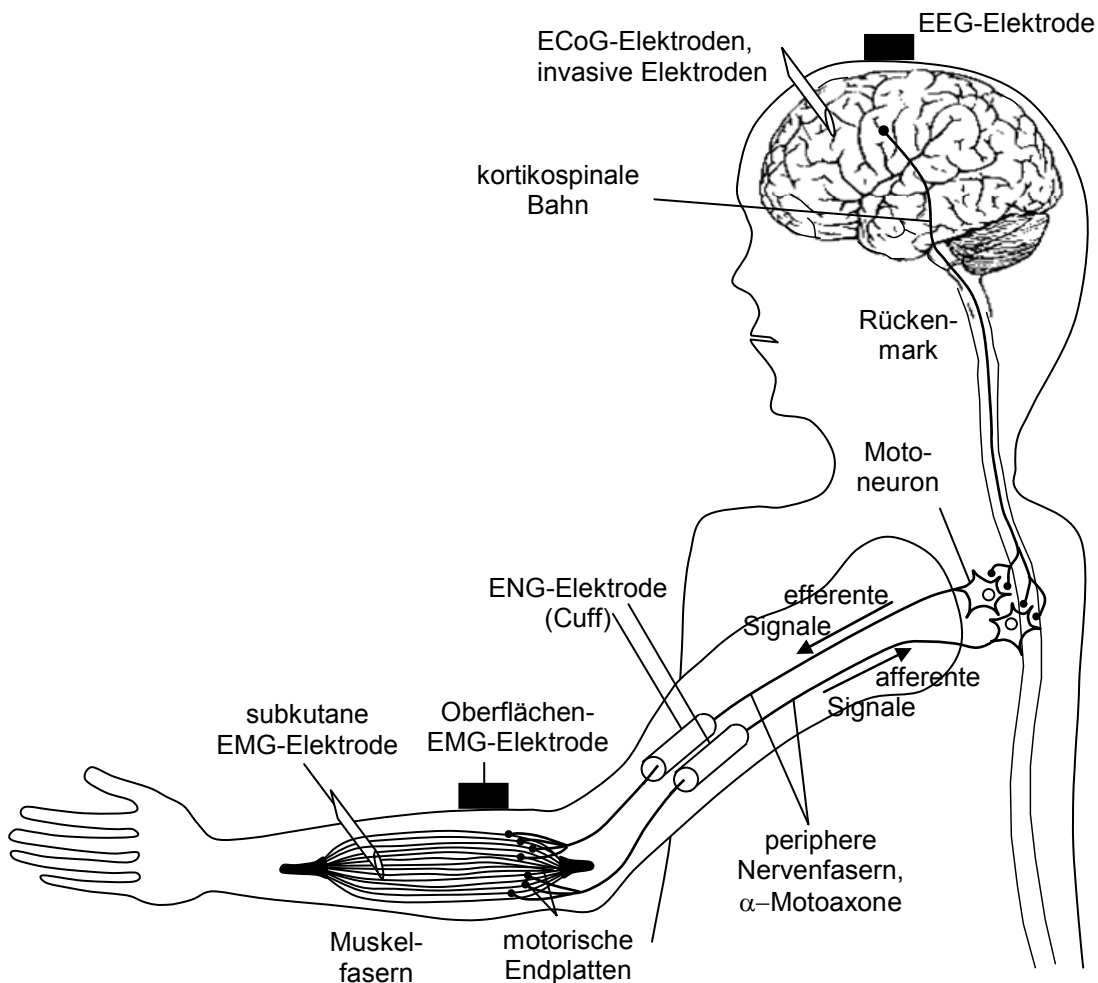
Einzelne Werkzeuge des Visualisierungsbaukastens

## Programm REGMED: Regenerative Medizin

### Prothetik und Rehabilitation

#### Biosignalanalyse

Die Signalverarbeitung von Neuroprothesen erfordert eine patientenindividuelle Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Interpretation von afferenten und efferenten Signalen des peripheren Nervensystems. Diese Schnittstelle beinhaltet geeignete Sensoren zur Erfassung von neuroelektrischen Signalen und Datenanalyseroutinen zu deren Interpretation. Die Erfassung kann entweder auf der Basis von Hirn- (EEG, ECoG), Nerven- (ENG) oder Muskelsignalen (EMG) erfolgen. Die dazu im IAI entwickelten Algorithmen eignen sich sowohl zur Ansteuerung von Hand- und Unterarmprothesen als auch zur Elektrostimulation einer gelähmten Hand bei Querschnitt- und Schlaganfallpatienten.



#### Prinzipielle Möglichkeiten zur Erfassung bioelektrischer Signale für die Ansteuerung von Prothesen

Die Entwicklung von Verfahren für eine intelligente Datenanalyse zur Wissensextraktion, Mustererkennung, Optimierung und zum Systementwurf auf der Basis von Nervensignalen (ENG) konzentrierte sich auf die Auswertung von Nervensignalen aus Tierversuchen (Ratte). Entsprechende Versuche fanden an der Universität Autònoma de Barcelona statt. Hier war der Ort von drei mechanischen Stimuli durch Semmes-Weinstein-Filamente anhand von afferent gemessenen Nervensignalen zu bestimmen. Dazu wurden Flexible Nervenplatten (FNP) aus der Arbeitsgruppe von Prof. Stieglitz (Universität Freiburg) eingesetzt. Diese tasten zweikanalig den Ischiasnerv mit einer Frequenz von 20kHz ab. Anhand von Kurzzeitspektrogrammen werden informationstragende Frequenzbänder ermittelt und Störgrößen bestimmt. Darauf basierend kommen Verfahren zur Minderung von Artefakten und zur Merkmalsgenerierung zum Einsatz. Anschließend findet eine Bewertung der Merkmale hinsichtlich ihrer Kraft zur Unterscheidung der mechanischen Stimuli statt. Es folgt der Entwurf einer Support-Vektor-Maschine zur Klassifikation der Stimuli. Dabei gelang es u.a., mechanische Kontakte einzelner Zehen aus Nervensignalen zu erkennen, was

eine wichtige Voraussetzung für geschlossene Regelkreise in Neuroprothesen und für die Generierung von Stimulationsmustern für ein Patientenfeedback darstellt.

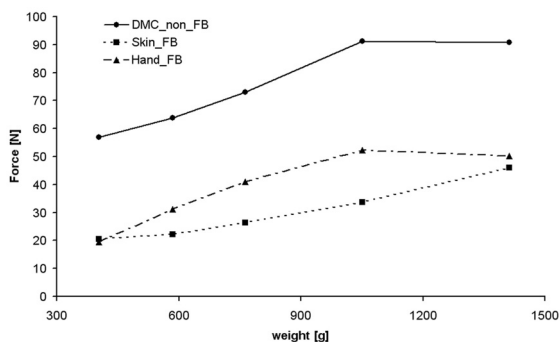
Die Ermittlung von Einsatzkriterien für einen vollautomatischen Systementwurf und Validierung der entwickelten Algorithmen anhand von biologischen Signalen wurden weitergeführt. Wesentliche Schwerpunkte waren hier die Erhöhung der Robustheit bei zeitvarianten Signalen und die Ausnutzung von zeitvarianten Informationen zur Erhöhung der Erkennungsrate bei Muskel- (EMG) und Hirnsignalen (EEG).

Die Machbarkeitsabschätzungen zur Ansteuerung von Prothesen mit Hirnaktivitäten wurden anhand der Benchmarkdatensätze des internationalen Wettbewerbs "BCI Competition 2005" fortgeführt. Diese Datensätze beruhen auf der oberflächlichen Erfassung von Hirnaktivitäten mit elektroenzephalographischen (EEG) Sensoren. Eine frühere Fassung der im IAI entwickelten Algorithmen nahm am Wettbewerb teil und erreichte den zweiten Platz. Durch die Entwicklung zeitvarianter Klassifikatoren gelang es im zweiten Halbjahr 2005, die bisher erreichten Klassifikationsgüten nochmals deutlich zu verbessern.

Die Erkenntnisse zu biologischen Algorithmen zur Bewegungsplanung, -regelung und -überwachung wurden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 588 „Humanoide Roboter“ (zusammen mit der Universität Karlsruhe, FZI Karlsruhe, FhG IITB Karlsruhe) auf humanoide Roboter übertragen. Hier stand insbesondere die Dekomposition und Koordinierung von Bewegungen und ihre Formalisierung in Form von Petri-Netzen im Mittelpunkt der Arbeiten.

## Intelligente Handprothese

Im Vorhaben „Intelligente Handprothese“ stand die Überarbeitung aller Hydraulikkomponenten im Vordergrund. Ziel dieses Arbeitsschwerpunktes war, die für Messreihen an Probanden vorgesehenen Prothesen-Prototypen sicherer in der Handhabung zu gestalten und eine zuverlässige Arbeit über die Zeit der Testreihen hinweg zu gewährleisten. Bislang war es nur schwer möglich, längere Testreihen (> 4 Tage) mit einem Probanden durchzuführen.



Notwendige Greifkräfte  
DMC non FB – Prothese greift ohne Feedback  
Skin FB, Hand FB – mit Feedbacksystem

In verschiedenen Testreihen konnte die Wirksamkeit eines neu entwickelten Krafrückkopplungs-Systems nachgewiesen werden. Das bekannte Grundprinzip der vibrotaktilen Rückmeldung wurde dabei neu aufgegriffen und grundlegend überarbeitet. Durch den Einsatz dieses Systems wird die erforderliche Greifkraft halbiert, die der Prothesenträger benötigt, um einen Gegenstand mit ihm unbekanntem Gewicht zu halten (siehe Abbildung). Das System wird in einem Prothesenprototyp 2006 integriert werden. In 2005 wurden Tests an Standard-Prothesen durchgeführt.

Die Antriebselemente wurden hinsichtlich der Materialqualität und des Herstellungsverfahrens optimiert. Da in diesen Bereichen oft die Fehlerquellen für den Ausfall der Prothesen-Prototypen lagen, ist für

2006 eine gute Grundlage für stabile Messbedingungen geschaffen worden.

An einem Fingergelenk der künstlichen Hand wurde ein Magnetfeldsensor implementiert. Er ermöglicht eine Positionserfassung der Gelenkstellung. Es konnten sowohl ein Positions-Regelkreis auf pneumatischer Basis wie auch auf hydraulischer Basis entwickelt werden. Der Gelenksensor wird zunächst in der Roboter-Hand-Version des Humanoid-Projekts zum Einsatz kommen. Für einen Einsatz in einer Handprothese ist in 2006 weitere Integrationsarbeit zu leisten.

Im Rahmen Sonderforschungsbereich 588 (s.o.) wurden in 2005 zwei neue Prototypen von 5-Finger-Roboterhänden realisiert, im Vergleich zum Jahr 2004 in einer pneumatischen Ausführungsvariante, versehen mit einer neuen Generation von Antriebselementen sowie einer überarbeiteten Ventiltechnik. Die Hände werden im aktuellen SFB-Demo-Roboter eingesetzt.

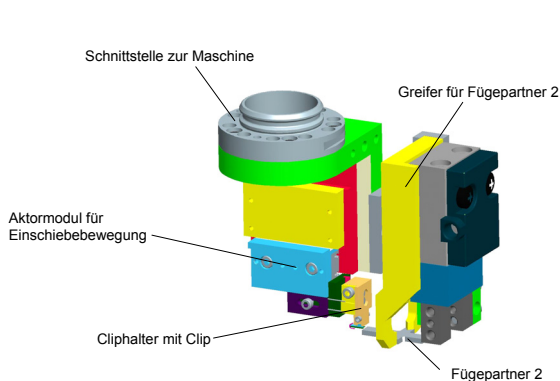
# Programm NANOMIKRO: Nano- und Mikrosysteme

## Automatisierungstechnik und Wissensmanagement

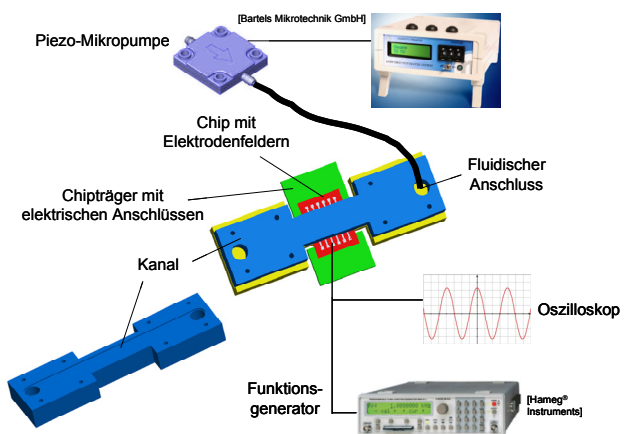
### Mikrohandhabung

Die Arbeiten zur Mikromontage konzentrierten sich auf die Entwicklung einer neuen Montagesystemarchitektur und ihre Implementierung in Modulen. Dazu wurde ein „Mechatronic framework“ ausgearbeitet, das verschiedene Systemarchitekturen (manuelle Montagestation, hochflexible Montagestation mit Roboter, Montagelinie mit interner Parallelisierung von Prozessen) betrachtet. Auf dieser Grundlage wurden Unterbaugruppen und Schnittstellen definiert. Da das Ziel der Arbeiten ein modulares System ist, bei dem die Module zusammengesteckt werden können und sich damit die Anlage selbstständig konfiguriert („Plug and produce“-Prinzip), lag ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten auf der Erarbeitung dieses neuartigen Modulkonzepts, das deutlich über den bisherigen Stand der Technik hinausgeht. Das sogenannte „Emplacement“ eines Moduls definiert physikalische Eigenschaften des Moduls wie Einhüllende, Masse, Schwerpunkt, Massenträgheitsmomente, Schnittstellen zu anderen Modulen und zum Montageprozesse sowie „Skills“. Unter „Skills“ versteht man die formale Beschreibung der Fähigkeiten des Moduls. Diese umfassen physikalische Fähigkeiten wie z.B. die Kraft/Weg-Kennlinie eines Greifers oder die Strahlleistung und –charakteristik eines Laserschweißmoduls sowie die steuerungstechnischen Fähigkeiten, z.B. Zustandsmodelle und Ablaufregeln. Jedes Modul trägt diese Beschreibung entweder auf einem integrierten Datenträger oder auf einem externen Datenträger mit sich. Diese Beschreibung wird bei Installation des Moduls von der zentralen Systemsteuerung ausgelesen, diese fügt die neuen Fähigkeiten, die dieses Modul mitbringt, in die Gesamtsteuerung des Systems ein und erweitert so den Anwendungsbereich des Montagesystems. Dieses Konzept wurde an Hand von zwei Beispielmodulen, einem Werkstückträger und einem pneumatischen Greifer mit Sensorik, spezifiziert. Parallel dazu wurde ein erster Prototyp eines Moduls zum temporären Fügen von Mikrostrukturen mit Mikroclips entwickelt. Diese Arbeiten wurden in das EU-Projekt EUPASS eingebracht.

In einem weiteren Arbeitsgebiet wurde die Möglichkeit zur Handhabung von Kohlenstoff-Nanoröhren gezeigt. Um dies für die Herstellung von Aktorschichten aus Kohlenstoff-Nanoröhren nutzbar zu machen, wird ein Verfahren zur mechanischen und elektrischen Kontaktierung der Röhren entwickelt. Hierfür kommen Dünnschichttechnik und Galvanik in Frage. Zusammen mit dem Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT) wurden erste Versuche zur galvanischen Kontaktierung der Röhren durchgeführt. Diese beiden Teilprozesse flossen in ein erstes System zur automatischen Abscheidung und anschließenden Kontaktierung ein. Es besteht aus einer Flusszelle, in die das Substrat, auf dem die Abscheidung durchgeführt werden soll, eingebaut wird, einer Mikropumpe für das Liquidhandling und zwei Spannungsquellen, AC für die Dielektrophorese und DC für die galvanische Abscheidung der Kontaktierungsschicht. Das Ziel dieses Systems ist es automatisch abwechselnd Kohlenstoffnanoröhren abzuscheiden und anschließend galvanisch zu kontaktieren. So sollen mehrlagige Aktorschichten aufgebaut werden, aus denen dann mittels weiterer mikrotechnischer Prozesse Mikroaktoren für technische Anwendungen aufgebaut werden können.



EUPASS Monat 18 Prototyp Clipapplikator mit integriertem Greifer für zweiten Fügepartner



Schema des Systems zur Herstellung von Aktorschichten aus Kohlenstoff-Nanoröhren

## Digitale Bildverarbeitung

Durch eine grundlegende Überarbeitung der DIPLOM-Software (Digital Image Processing Library for Microstructures) wurden die Einsatzmöglichkeiten erheblich erweitert:

- IEEE1394 Schnittstelle: Es können nun am DIPLOM-System auch Kameras über IEEE1394-Schnittstelle angeschlossen werden; der bisher zwingend erforderliche Einsatz einer Matrox-Bildverarbeitungskarte entfällt.
- Systemwechsel: Sind mehrere Bildverarbeitungskarten bzw. IEEE1394-Kameras am System angeschlossen, hat der DIPLOM-Benutzer die Möglichkeit interaktiv zwischen den verfügbaren Systemen zu wechseln, ohne dass das DIPLOM-System neu gestartet werden muss.
- Modulare Lizenz: Das DIPLOM-System verwendet als Basisbibliothek die modulare Matrox Imaging Library (MIL). Bisher konnte das DIPLOM-System nur eingesetzt werden, wenn das System mit einer gültigen kompletten MIL-Lizenz ausgestattet ist. Beim Starten des DIPLOM-Systems wird nun zunächst analysiert, welche MIL-Module auf dem System installiert sind. Die Oberfläche des DIPLOM-Systems wird automatisch angepasst, so dass nur die Funktionen verfügbar sind, die auf dem aktuellen System tatsächlich ausgeführt werden können.
- Windows XP: Zusätzlich zu Windows 2000 kann jetzt das DIPLOM-System auch unter dem Betriebssystem Windows XP eingesetzt werden.
- Host-System: Voraussetzung für die Verwendung des DIPLOM-Systems war bisher, dass das System mit einer Matrox-Bildverarbeitungskarte ausgestattet ist. Diese Voraussetzung entfällt und das DIPLOM-System kann auf jedem PC mit Windows 2000/XP eingesetzt werden.

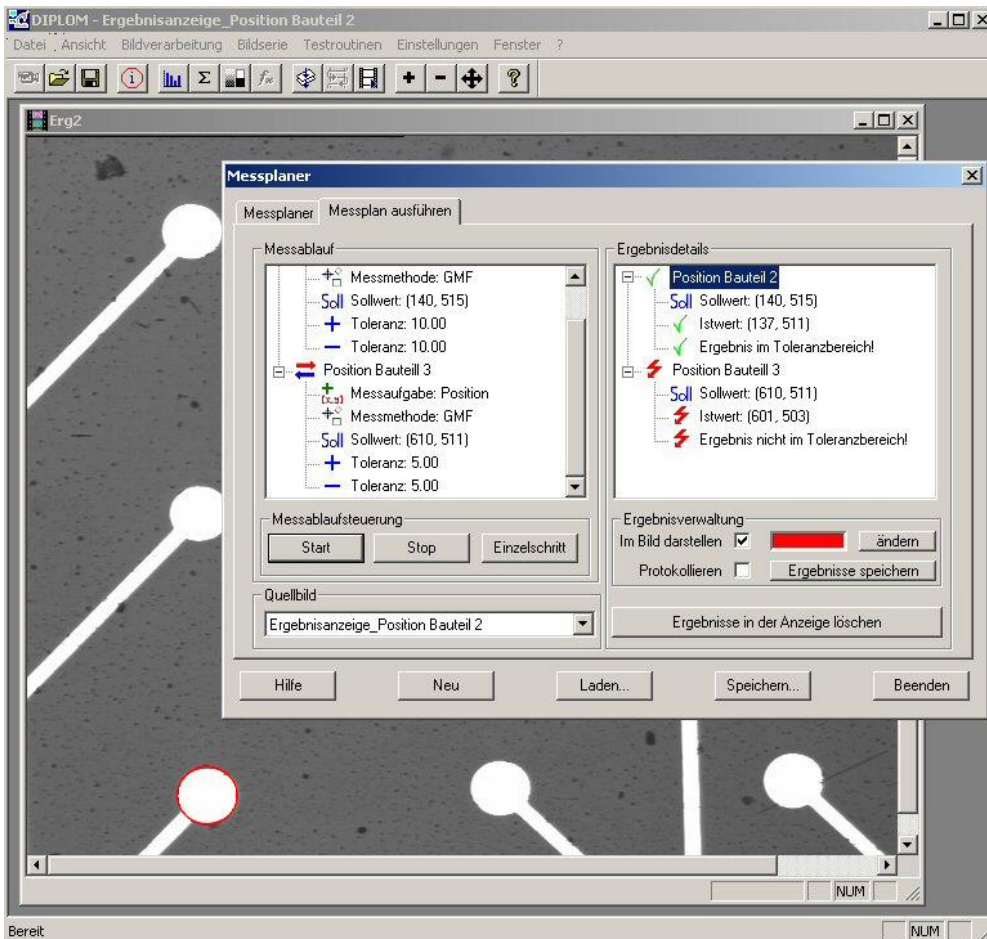
Durch diese Erweiterungen kann das DIPLOM-System einerseits mit voller Funktionalität auf mobilen Notebook-Systemen mit IEEE1394-Schnittstelle verwendet werden und andererseits kann es - mit eingeschränktem Funktionsumfang - auch ohne kostenpflichtige MIL-Lizenz eingesetzt werden

Für die Erstellung von Bildern mit erweiterter Tiefenschärfe war in der vorherigen DIPLOM-Version bereits ein Rekonstruktionsverfahren aus Fokuserien implementiert, das die Wavelettransformation verwendet. Basierend auf der Analyse der lokalen Schärfewerte in den Einzelbildern wird dabei zunächst aus der Fokuserie eine Tiefenkarte erstellt und daraus ein Bild mit erweiterter Tiefenschärfe erzeugt. Während bisher die lokalen Schärfewerte direkt mit der Wavelettransformation bestimmt wurden, können diese Werte nun auch optional mit einem Gradienten- oder einem Varianzfilter berechnet werden. Zur Rauschunterdrückung und zur Vervollständigung einer lückenhaften Tiefenkarte in Bereichen mit geringer Textur wird auch bei diesen Verfahren die Wavelettransformation eingesetzt.

Umfangreiche Tests haben gezeigt, dass aber bei all diesen Verfahren Rekonstruktionsfehler auftreten, wenn die Kontraste in den einzelnen Bildbereichen sehr unterschiedlich sind. Dieser Fehler wird hauptsächlich dadurch verursacht, dass sich die defokussierten kontrastreichen Strukturen in die kontrastarme Nachbarschaft ausdehnen und dort zu Schärfewerten führen, die ähnlich groß sind wie die Schärfewerte, die aus den real vorhandenen kontrastarmen Strukturen berechnet werden. Um solche Fehler zu reduzieren, wurde ein weiteres Rekonstruktionsverfahren implementiert, das die Schätzung der Tiefenwerte mit einem kombinierten Varianz- und Gradientenfilter durchführt.

Zur Qualitätsprüfung bei der Produktion bzw. Montage von Mikrostrukturen wurde der Entwurf eines Messplanungssystems für das DIPLOM-System erstellt. Bei diesem Entwurf wurde berücksichtigt, dass es möglich sein soll, für die Messplanung sowohl CAD- als auch Bilddaten zu verwenden. Zentraler Kern der DIPLOM-Messplanung ist eine strukturierte Datenbasis. In dieser Datenbasis sind sämtliche Messaufgaben (Position, Abstand, Drehung, Rauhtiefe, ...) eingetragen und entsprechend mit den verfügbaren geeigneten Messmethoden (grauwertbasierte Mustersuche, konturbasierte Mustersuche, ...) verknüpft. Die notwendigen und optionalen Vorgabeparameter sind in der Datenbank eingetragen und bereits mit Standardwerten vorbelegt. In der bisherigen Ausbaustufe enthält die Datenbank ausschließlich Einträge für die Bildverarbeitung; der Datenbankentwurf ist aber so angelegt, dass andere Sensoren und Auswertemethoden problemlos ergänzt werden können.

Basierend auf dieser Datenbasis wurde im DIPLOM-System die erste Version eines bildgestützten Messplaners implementiert. Über eine benutzerfreundlich gestaltete Oberfläche kann der Operateur die einzelnen Messschritte definieren, testen und ggf. die Vorgabeparameter anpassen. Durch Eingabe eines Sollwertes und der zulässigen Toleranzen kann bei jedem Messschritt optional auch eine Gut-/Schlechtbewertung durchgeführt werden. Nach der Definition der Messschritte kann ein Messplan schrittweise getestet oder auch komplett durchgeführt werden. In einem Ergebnisfenster werden die gemessenen Istwerte und ggf. das Ergebnis der Gut-/Schlechtbewertung angezeigt. Das Protokoll einer durchgeführten Messung kann im HTML-Format gespeichert werden. Die Messplanung hat die Basis



Ausführung eines Messplans im DIPLOM-Bildverarbeitungssystem

geschaffen, dass sich das DIPLOM-System nun auch bei wiederkehrenden Messaufgaben komfortabel einsetzen lässt.

Neben zahlreichen internen Anwendungen wird das DIPLOM-System auch bereits in einzelnen industriellen Anwendungen erfolgreich eingesetzt. Durch die Mitarbeit in dem BMBF-Verbundprojekt "µPrüfzelle" erschließen sich für das DIPLOM-System weitere Anwendungsgebiete.

### Prozesswissensmanagement / Neue Formen der Zusammenarbeit im Hochtechnologiebereich

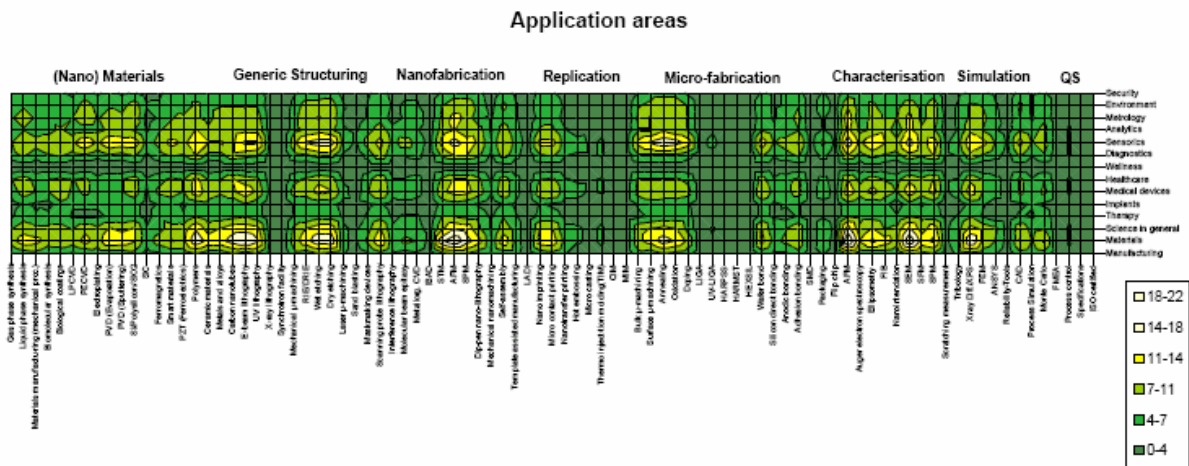
Ziel der Arbeiten war auch im Jahr 2005 die Reduktion von Einführungsbarrieren der Mikrosystemtechnik durch Einsatz von Wissensdatenbanken bzw. die Entwicklung von Werkzeugen und Organisationsformen für neue Formen der Zusammenarbeit im Hochtechnologiebereich. Die Kernaktivitäten auf diesem Gebiet erstrecken sich über fünf Handlungsfelder

- Kontextbezogene Analyse der Anforderungen im Bereich NanoMikro Technologien
- Weiterentwicklung der Datenmanagementtechnologien zur Erfassung und Strukturierung von NanoMikro Prozessketten
- Designwissen über Abhängigkeiten zwischen technischen Systemen
- Wissen über Fertigungstechnologien
- Methodische Ansätze zur Unterstützung des Wissenstransfers in Mikrosystemtechnik-Netzwerken

Zum Zwecke der Überprüfung wurden im Jahr 2005 zusammen mit NanoMikro-PL zwei Aktivitäten gestartet, die zu einer Validierung der ProWiDa Konzepte führen sollten:

Es wurde eine Studie über Technologien vorgenommen, die weltweit in den führenden Nano-Mikrofabrikationszentren vorgehalten bzw. entwickelt werden. Die Ergebnisse dieser Bestandsaufnahme führten zu einer Revision der Datenbankhierarchien zur Strukturierung der NanoMikro-Fertigungsverfahren. Weiterhin wurde Ende 2005 mit der Implementierung der Kompetenzen aus der Forschungszentrum internen

Befragung der Institute in die ProWiDa begonnen. Die Erfassung dieser Daten zur NanoMikrofabrikation soll in 2006 erweitert und ausgebaut werden.



EVA01\_Studie Anwendungsfelder der wichtigsten Nano-Mikrotechnologien nach Häufigkeit der Nennungen

Bedingt durch personelle Änderungen konnten die Arbeiten zur Erweiterung der ProWiDa nicht so weit vorangetrieben werden wie erhofft. Die Arbeiten beschränkten sich daher im Jahr 2005 auf konzeptionelle Erweiterungen des Ansatzes zur Modellierung der Prozessketten sowie auf die speziell von den Industriepartnern geforderte Anbindung an betriebliche Standardsoftware. Zu diesem Zweck wurde basierend auf einem Testsystem der Stabsabteilung Organisation und kaufmännische Datenverarbeitung eine Instanz des SAP PLM Moduls zur Rezeptverwaltung von Fertigungsprozessen in Betrieb genommen und mögliche Schnittstellenkonzepte zu dessen Anbindung an die ProWiDa untersucht. Die prototypische Implementierung erfolgte auf Basis von SAP Net Weaver.

Im Rahmen des BMBF Projekts Wissenstransfer im Prozess der Arbeit (WIPA/QUEM) wurden am Beispiel einer Schnittstelle von FIF zum Kunden (FIF Datenbank) und einer Schnittstelle zwischen MikroWebFab Koordination und Partner (Prozesswissensdatenbank ProWiDa) die Hürden und Umsetzungskonzepte zur Integration solcher Systeme analysiert.

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag dabei in Erweiterung der bisherigen Aktivitäten weniger auf der softwaretechnischen Umsetzung / der Nutzerakzeptanz der Software als auf der Untersuchung der Hemmnisse des Wissenstransfers an der Schnittstelle Forschung/Industrie und Industrie/Industrie.

Als Ergebnis der Analyse wurden im Rahmen von WIPA/QUEM Vorgehenskonzepte ausgearbeitet, die die Anforderungen der Industrie überprüfen sollen. Die entsprechenden Befragungen bei FIF Unternehmen und bei den ehemaligen MikroWebFab Partnern wurden 2005 begonnen.

Über die methodischen Arbeiten zur Unterstützung des Wissensmanagements hinaus wurden basierend auf den Ergebnissen des MikroWebFab Projekts zusammen mit der Programmleitung Konzepte für den Aufbau eines NanoMikro-Fabrikationszentrums entwickelt.

Die methodischen Arbeiten zur Strukturierung der Nanomikro-Technologien wurden auf europäischer Ebene durch die Beantragung zweier „EU Coordination Activities“ (MEMMETO, PRIAMOS) unterstützt. Das Institut war dabei federführende Einrichtung und Antragsteller.

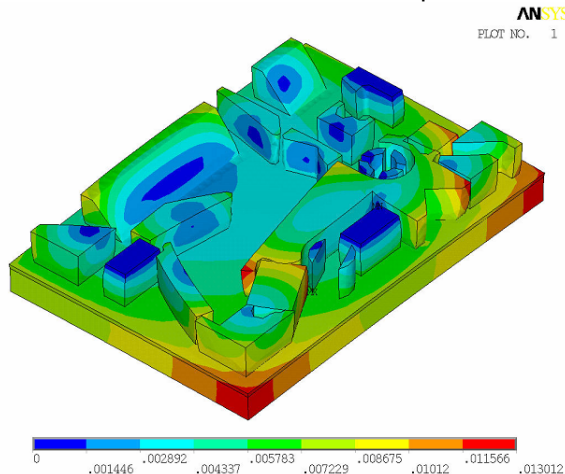
Im EU Projekt „Microsapient“, das sich inzwischen in der Genehmigungsphase befindet, übernimmt dabei das Institut die Leitung des Arbeitspakets zur Durchführung von Studien und Roadmaps zu NanoMikrofabrikation in der EU.

## Mikrooptik

### Optische Simulationstechniken

Ein wichtiger Bestandteil bei der Umsetzung der Mikro- und Nanotechnologie in Produkte ist der zielgerichtete Einsatz rechnergestützter Werkzeuge für Entwurf und Simulation mit dem Ziel, die Entwicklung zu beschleunigen und die Zuverlässigkeit der Systeme im Betrieb zu erhöhen.

Hierzu gehört auch die Bestimmung von Temperatureinflüssen auf die Funktionalität des mikrooptischen Moduls. Eine Deformation der mikrooptischen Bank mit seinen Justagestrukturen hat einen direkten Einfluss



Mikrooptisches Subsystem unter Temperaturlast von 85°C. Dargestellt sind die Verzüge des Materials in mm.

auf die Positionierung der optischen Komponenten und damit auf die Performance des mikrooptischen Systems. Um Umgebungseinflüsse auf die optische Performance bestimmen zu können, wurde eine lose Kopplung zwischen dem FEM-Werkzeug ANSYS und der optischen Simulationssoftware ZEMAX implementiert. Damit können die Ergebnisse der strukturmechanischen Simulation als Input der optischen Simulation zugeführt werden. Die Vorgehensweise wurde exemplarisch am mikrooptischen Abstandssensor aus dem BMBF-Verbundprojekt  $\mu$ FEMOS durchgeführt. Die nebenstehende Abbildung zeigt die mit Linsen bestückte mikrooptische Bank aus PMMA unter einer Temperaturlast von 85°C. Dargestellt sind die Verzüge des Materials in mm.

Untersuchungen von optischen Simulationen und deren Einsatzfelder werden innerhalb des EU-Network of Excellence NEMO (Network of Excellence on Micro-Optics) durchgeführt. Hierzu wurde ein

Benchmarking implementiert, mit dem Ziel, unterschiedliche optische Simulationen und -werkzeuge anhand definierter Simulationsmodelle zu evaluieren. Es wurden die Benchmarksysteme definiert und mit verschiedenen Simulationsmethoden simuliert und analysiert. Die Auswertung des Benchmark Tests wird zu Beginn des Jahres 2006 in Angriff genommen.

## Adaptive Optik

### Künstliches Akkommodationssystem

Langfristiges Ziel des Projektes „Künstliches Akkommodationssystem“ ist die Entwicklung eines implantierbaren mechatronischen Systems zur Wiederherstellung der Akkommodationsfähigkeit im Falle der Presbyopie oder nach einer Kataraktoperation. Dazu ist das Zusammenwirken verschiedener Arbeitsgebiete wie Optik, Mechanik, insbesondere Mikro-, Nano-Aktorik und –Sensorik, sowie Steuerungs- und Regelungstechnik notwendig.

Um die Auswirkung einzelner verstellbarer optischer Elemente auf die Scheitelbrechkraft des menschlichen Auges zu analysieren, wurde ein paraxiales Gesamtmodell erstellt. Es berücksichtigt die Individualität präoperativ erhobener Biometriedaten und die dabei entstehenden Messfehler. Das Modell zeichnet sich durch eine analytische Berechenbarkeit aus und ist für Parameterstudien sehr gut geeignet.

Als mögliche Wirkprinzipien zur Beeinflussung der Scheitelbrechkraft wurden untersucht: Axialverschiebung sphärischer Flächen entlang der optischen Achse, Lateralverschiebung von Alvarez-Humphrey-Flächen vertikal zur optischen Achse, die Deformation eines elastischen Linsenkörpers, die Verformung einer dünnen Membran infolge Fluidverdrängung, Electrowettinglinsen und Flüssigkristalllinsen. Nach einer Modellbildung wurden mit Hilfe des paraxialen Abbildungsmodells Anforderungen an den jeweiligen Stellparameter formuliert. Weitere Kriterien der Technologiebewertung waren u.a. Bauraumbeschränkungen, Transmissionsfähigkeit und das Zeitverhalten. Für ein „Künstliches Akkommodationssystem“ erscheinen eine zwischen zwei Zerstreuungslinsen im Füllmedium Luft axial verschiebbare Sammellinse, die Lateralverschiebung von Alvarez-Humphrey-Flächen, eine Electrowettinglinse mit Plankonvexzusätzen und eine Fluidlinse mit Plankonvexzusätzen besonders geeignet.

Eine bevorzugt untersuchte Lösungsvariante ist analog zum natürlichen Vorbild die Deformation eines elastischen Linsenkörpers. Die optischen Eigenschaften eines solchen elastisch verformbaren Elementes waren bisher weitgehend unerforscht. Sie hängen im verformten Zustand von der Ausgangsform, den



verwendeten Materialien und der Art der Belastung ab. Um eine Aussage machen zu können ist eine Finite Elemente Simulation notwendig. An die Ergebnisse einer solchen Simulation, die eine verformte Linsenoberfläche darstellen, wurde eine optische Simulation angeschlossen. Damit konnten Aussagen über das paraxiale Verhalten der Linse hinaus, sogar über optische Aberrationen der Linse getroffen werden. Es zeigte sich, dass eine optimierte Linse mit einem weichen Kern wesentlich bessere Abbildungs- und Verformungseigenschaften hat als eine homogene Linse ohne Kern.

Um die Simulation zu überprüfen und um einen technischen Demonstrator mit einer elastischen Linse ausrüsten zu können, wurden am IAI Prototypen der elastischen Linse hergestellt. Dazu wurde eine modulare Form entworfen, die das Abgießen von unterschiedlichen Linsengeometrien mit und ohne integrierten weicherem Kern komplikationslos möglich macht. Das verwendete Material ist Silikonkautschuk, der von der Wacker-Chemie GmbH bezogen wird. Über das Einstellen eines Verhältnisses von Silikonkautschuk zu Weichmacher kann die Materialhärte angepasst werden. Um diese über einen weiten Bereich definiert einstellen zu können, wurde über Materialversuche ein Zusammenhang zwischen Härte und Weichmacheranteil ermittelt. Die Daten aus den Versuchen konnten weiter für die strukturmechanische Simulation verwendet werden.

Zur rotationssymmetrischen Verformung der elastischen Linse wurde ein Fluidringaktor mit unterlagertem Druckregelkreis entwickelt, der den Fluiddruck über eine dünne Membran auf die zylindrische Linsenrandfläche überträgt. Beobachtungen zeigten eine Rotationssymmetrie der Grenzflächenverschiebung, entsprechende Messungen eine gute Stabilität der optischen Achse.

Eine wesentliche Herausforderung ist die Erfassung des Akkommodationsbedarfs. Im natürlichen System erfolgt dies über eine Auswertung des retinalen Signals. Dies steht für ein „Künstliches Akkommodationssystem“ nicht zur Verfügung. Daher wurden grundsätzliche Möglichkeiten zur Erfassung des Akkommodationsbedarfes ohne Eingriff in das Auge analysiert. Für ein Verfahren, welches auf der Bewegung des Augenpaares basiert, wurde eine Eignungsprüfung vorgenommen und wurden Anforderungen an ein Messsystem aufgestellt.

Zur Validierung wird ein Demonstrator aufgebaut, der als technisches Ersatzsystem die Arbeitsweise des Akkommodationssystems veranschaulichen soll. Das System besteht aus zwei Hauptkomponenten, eine zur Bestimmung des Akkommodationsbedarfs, die andere zum Test unterschiedlicher aktiv optischer Elemente. Ein Eyetracking-System dient zur extrakorporalen Erfassung der Bewegung des Augenpaares. Daraus wird der Akkommodationsbedarf ermittelt, der notwendig ist, um ein Objekt in einer bestimmten Entfernung scharf sehen zu können. Als Erweiterung des Eyetracking-Systems wurde die „AccoCalc“-Software erstellt, die zur Aufnahme, Wiedergabe und grafischen Darstellung von Eyetracking-Daten dient.

Zur Erprobung verschiedener aktiv-optischer Elemente wurde eine modulare optische Bank aufgebaut, mit Hilfe derer die Abbildung eines Testmusters auf eine Digitalkamera möglich ist. Die Abbildungsqualität kann in Form eines kontrastbasierten Schärfemaßes objektiv quantifiziert werden. Als aktiv-optische Elemente wurden kommerzielle Flüssigkristalllinsen und die eigenentwickelte elastische Linse mit Fluidringaktor erprobt.

Zur entwicklungsbegleitenden Überprüfung der Konzepte wurde eng mit der Universitätsaugenklinik Rostock zusammengearbeitet. In diesem Zusammenhang fanden im Jahr 2005 zwei Workshops statt.

## Anwendungen elektronischer Nasen

### Methoden und Werkzeuge für intelligente, verteilte Sensornetze



Hubsensor als Basis mobiler Sensorsysteme

Mit der Softwareentwicklung für ein Laufzeitsystem und den einzusetzenden Auswertelgorithmen auf einem leistungsfähigen Mikroprozessor wurde begonnen. Das Ziel ist ein allgemein einzusetzendes Softwarepaket für verteilte Sensoren, insbesondere auch für den Einsatz mobiler Sensoren. Ein wichtiges Ziel ist dabei eine hoch zuverlässige Ablaufsteuerung für Sensoren zu realisieren. Die Ankopplung über TCP/IP wurde realisiert, damit ist der Einsatz von WLAN etc. für mobile Anbindungen möglich.

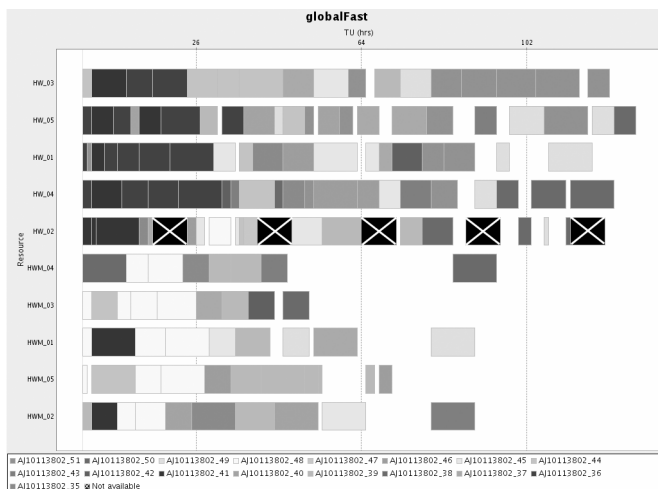
Für den Aufbau einer mobilen/stationären Experimentumgebung wurden mehrere Hubsensoren beschafft, welche nach und nach mit der neu entwickelten Ablaufsteuerung versehen werden sollen (siehe Abb.). Ziel hierbei ist der exemplarische Einsatz der Verfahren zur modellbasierten Quellenlokalisierung bei einem Industriepartner. Für die am IAI entwickelten Verfahren wurde ein deutsches Patent erteilt.

## Programm GRID: Wissenschaftliches Rechnen

### Simulation und Optimierung im Grid

Der Resource Broker GORBA optimiert die Zuordnung von Gridressourcen zu Anwendungen. Das Werkzeug ist konzeptionell dafür ausgelegt, verschiedene Typen von Ressourcen berücksichtigen zu können, wobei dann verschiedene Optimierungsziele gegeben sind. Der erste, im Jahr 2005 realisierte Prototyp von GORBA optimiert das Scheduling, das heißt die Zuordnung von Rechenjobs zu Rechenressourcen, im Hinblick auf rasche, möglichst zeitgerechte Abarbeitung bei möglichst geringen Kosten. Gleichzeitig wird damit die Auslastung der Ressourcen gesteigert.

Applikationen werden als Workflows beschrieben. Sie sind in elementare Gridjobs unterteilt, die einzeln unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten, die sich aus dem Workflow ergeben, von GORBA verplant werden. Für die Beschreibung der Schnittstelle zum User-Interface wurde ein XML-Schema für Applikationen und Gridjobs erstellt. Zur Spezifikation der Gridressourcen in XML wurde die GRDL (Grid Resource Definition Language) der Fraunhofer-Gesellschaft geeignet erweitert.



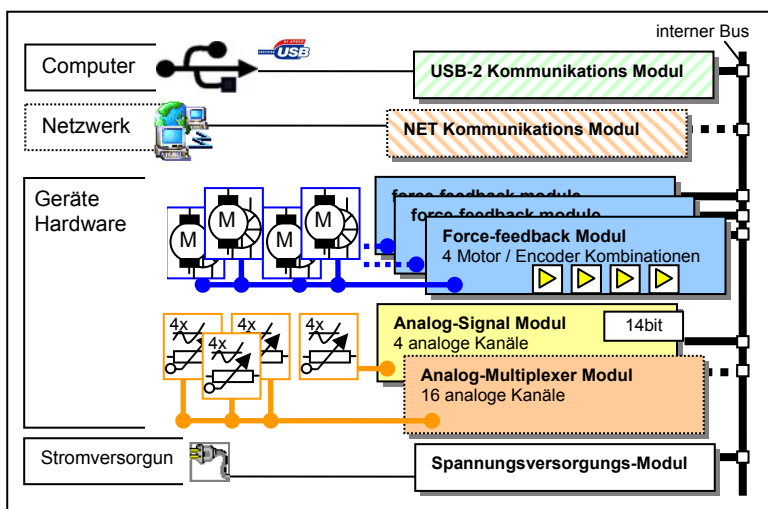
Die Planung in GORBA erfolgt im Allgemeinen in zwei Schritten, einer konventionellen Planung mit einfachen Heuristiken und, aufbauend auf deren Lösungen, die eigentliche Optimierung mit HyGLEAM, einer Kombination aus Evolutionärem Algorithmus und lokalen Suchverfahren. Das Planungsergebnis hat mindestens die Qualität, die das konventionelle Verfahren liefert. Je nach Möglichkeiten und Bedarf können diese Ergebnisse dann durch HyGLEAM verbessert werden.

Erste Tests mit der konventionellen Planung wurden durchgeführt, wobei auf fiktiven Daten im neu entwickelten XML-Format als Testumgebung aufgebaut wird. Die Erstellung realistischer Benchmarks und umfangreiche Tests des kompletten Prototyps sind in Vorbereitung. Eine erste Visualisierungsmöglichkeit für Schedules mithilfe von Gantt-Diagrammen wurde bereits jetzt

Schedule aus der konventionellen Planung in GORBA als Gantt-Diagramm.

geschaffen. Die Abbildung zeigt ein Ergebnis der konventionellen Planung für eine größere Anzahl von Applikationen in verschiedenen Graustufen.

### Verteiltes Lernen im GRID-System

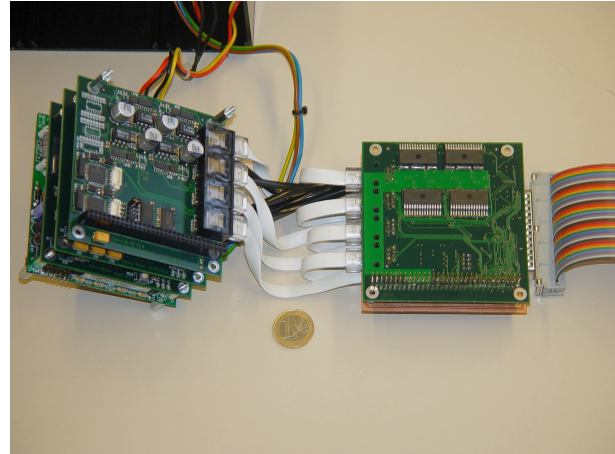


Schematische Übersicht der FlexLink-IO Module

Ziel dieser Arbeiten ist die Untersuchung von IT-Methoden zur verteilten „Virtual-Reality“ Simulation von deformierbaren, humanoiden Gewebe-Modellen, einschließlich Fluid- und Haptik-Simulation, für den Einsatz in verteilten Ausbildungs- und Trainingssystemen in GRID-Umgebungen sowie für die Entwicklung von Software-Modulen und GRID-Portlets in diesem Anwendungsumfeld.

Die modulare Hardwareschnittstelle „FlexLink-IO“ (Elektronik-Hardware, µController-Firmware, Layout, Gehäuse) für haptische Eingabegeräte (Force-Feedback) und Kleinroboter wurde für den Einsatz in GRID-Umgebungen ertüchtigt. Über eine Ethernet-Schnittstelle wird mit Flex-

Link-IO die Realisierung eines GRID-Portlets für haptisches Rendering ermöglicht. Je nach Einsatzbereich können damit verschiedene Module für digitale und analoge Messwerte und zur Motoransteuerung (Positionserfassung, Leistungselektronik) beliebig zusammengestellt werden. Die hoch-integrierten Leiterplatten lassen sich zu einem kompakten Block zusammenstecken und in Normgehäuse integrieren. Für die Anwendung in „HapticIO“, mit einem neurochirurgischen bzw. einem laparoskopischen Eingabegerät, wurde eine Modulkombination für acht Motor-, vier Analog- und zwei Digitalkanäle aufgebaut, und so die Funktionalität der neuen Steuerungseinheit bestätigt.



Die Steuerungs-Elektronik „FlexLink-IO V2.0“ in zusammengebautem und, zur besseren Übersicht, auseinandergeklapptem Zustand.

Einen weiteren Arbeitsschwerpunkt der Gruppe bildet die Entwicklung von GRID-Portlets zur lokalen und verteilten Vernetzung von Trainingsstationen und Simulatoren. Mehrere Konsolen werden im GRID miteinander vernetzt, wobei ein sicherer Datentransfer durch Einsatz von Verschlüsselungsalgorithmen stattfindet. Die Vernetzung im GRID ermöglicht:

- die Fernüberwachung aller Trainingsabläufe an den Trainingsstationen (Teleobservation), wobei die Trainingsdaten unter den Stationen ausgetauscht und gegenseitig zur Verfügung gestellt werden. Eine Archivierung der Trainingsdaten erfolgt in einer Statistik- und Expertendatenbank, die für eine spätere Beurteilung des Trainingserfolgs herangezogen werden kann.
- die Unterstützung und Betreuung von Auszubildenden über Netzwerke (Teletutoring)
- Anfragen der Auszubildenden für Expertenmeinungen und Durchführung von Fallbesprechungen (Telekonsultation)
- Paralleles oder kooperatives Training durch Synchronisation von Benutzereingaben bzw. Instrumentenbewegungen (Telekooperation) an verteilten Trainingsstationen. Hierdurch kann der korrekte Übungsablauf vorgeführt und das Trainieren von Teams über Netze realisiert werden.

Über alle im GRID vernetzte Simulatoren können Übungsmodelle aus einer zentralen Modelldatenbank abgerufen und dem Trainierenden zur Verfügung gestellt werden.

Bereits realisiert ist das GRID-Portlet ViCom, das die notwendigen SW-Module für Capturing, Encoding (Komprimierung und Verschlüsselung) und Übertragung (Streaming) von Bild- und Audiodaten zwischen den Knotenpunkten des Training-GRIDs erlaubt.



## Literaturverzeichnis

### Publikationen in begutachteten Zeitschriften

Cakmak, H.; Maass, H.; Kühnapfel, U.

VSONe, a virtual reality simulator for laparoscopic surgery.

Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies, 14(2005) S.134-44

DOI:10.1080/13645700510033958

Gröll, L.; Jäkel, J.

A new convergence proof of fuzzy c-means.

IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 13(2005) S.717-20

DOI:10.1109/TFUZZ.2005.856560

Lehmann, K.S.; Ritz, J.P.; Maass, H.; Cakmak, H.K.; Kuehnappel, U.G.; Germer,

C.T.; Bretthauer, G.; Buhr, H.J.

A prospective randomized study to test the transfer of basic psychomotor skills from virtual reality to physical reality in a comparable training setting.

Annals of Surgery, 241(2005) S.443-49

Matthes, J.; Gröll, L.; Keller, H.B.

Source localization by spatially distributed electronic noses for advection and diffusion.

IEEE Transactions on Signal Processing, 53(2005) S.1711-19

DOI:10.1109/TSP.2005.845423

Mikut, R.; Jäkel, J.; Gröll, L.

Interpretability issues in data-based learning of fuzzy systems.

Fuzzy Sets and Systems, 150(2005) S.179-97

DOI:10.1016/j.fss.2004.06.006

Mounier, S.; Bretthauer, G.

Mathematische Modellierung des Aktors eines Krafrückkopplungssystems.

BMT 2004 : Beiträge zur 38.Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik, Ilmenau, 22.-24.September 2004

Biomedizinische Technik, 49(2004) Ergänzungsbd. 2, Teil 2, S.554-55

Pylatiuk, C.; Kargov, A.; Schulz, S.; Bretthauer, G.

A sensory feedback system for prosthetic hands.

Biomedizinische Technik - Biomedical Engineering, 50(2005) Suppl.1, Part 2, S.1521-22

Reischl, M.; Burmeister, O.; Mikut, R.

Robust design of man machine interfaces for time-variant biosignals.

Biomedizinische Technik - Biomedical Engineering, 50(2005) Suppl.1, Part 1, S.774-75

Schulz, S.; Pylatiuk, C.; Reischl, M.; Martin, J.; Mikut, R.; Bretthauer, G.

A hydraulically driven multifunctional prosthetic hand.

Robotica, 23(2005) S.293-99

DOI:10.1017/S0263574704001316

Strauss, G.; Trantakis, C.; Nowatius, E.; Falk, V.; Maass, K.; Cakmak, K.;

Strauss, E.; Dietz, A.; Meixensberger, J.; Bootz, F.; Kuehnappel, U.

Virtual training in head- and neurosurgery.

Laryngo-Rhino-Otologie, 84(2005) S.335-44

## Sonstige Publikationen

Beck, S.; Mikut, R.; Jäkel, J.

A cost-sensitive learning algorithm for fuzzy rule-based classifiers.  
Mathware and Soft Computing, 11(2004) S.179-95

Becker, F.; Keller, H.; Seifert, R.; Jerger, A.; Kohler, H.

Gasanalysegerät und Verfahren.

DE-OS 19 856 414 (21.6.2000)

DE-PS 19 856 414 (29.3.2001)

EP-OS 1 447 664 (18.8.2004)

EP-PS 1 447 664 (27.7.2005)

Benner, J.; Krause, K.U.; Müller, U.

Elektronische Planzeichenverordnung - Modellierung, Datenaustausch und Visualisierung von Bauleitplänen mit OGC-Standards.

Schrenk, M. [Hrsg.]

CORP 2005 : 10.Internat.Symp.zur Rolle der Informationstechnologie in der Stadt- und Regionalplanung sowie zu den Wechselwirkungen zwischen realem und virtuellem Raum, Wien, A, 22.-25.Februar 2005

Proc. S.487-96

ISBN 3-901673-12-1 (Hardcopy)

ISBN 3-901673-13-X (CD)

Benner, J.; Geiger, A.; Leinemann, K.

Flexible generation of semantic 3-D building models.

Gröger, G. [Hrsg.]

Proc.of the 1st Internat.Workshop on Next Generation 3-D City Models, Bonn, June 21-22, 2005

Bonn : Universität Bonn, Inst.f.Kartographie u.Geoinformation, 2005 S.17-22

Binnig, C.

MikroWebFab, Prozessdatenerfassungssystem ProWiDa.

Forschung aktuell

Karlsruhe : Fachhochschule Karlsruhe, 2005 S.66-67

Breitwieser, H.; Becker, H.M.; Weber, W.

Erfahrungen zur Verbesserung der Kraftreflexion am Beispiel des bedienergeführten Nadeleinstichs.

Automed 2004 : Automatisierungstechnische Methoden und Systeme in der Medizin ;

5.Workshop, Saarbrücken, 15.-16.Oktober 2004

Tagungsbd. S.73-74

Homburg/Saar : Universitätsklinikum des Saarlandes, 2005

ISBN 3-00-013509-X

Bretthauer, G.

Automatisierungstechnik - Quo vadis? Neun Thesen zur zukünftigen Entwicklung.

Automatisierungstechnik, 53(2005) S.155-57

DOI:10.1524/auto.53.4.155.62238

Burghart, C.; Mikut, R.; Stiefelhagen, R.; Asfour, T.; Holzapfel, H.; Steinhaus, P.; Dillmann, R.

A cognitive architecture for a humanoid robot: a first approach.

Humanoids 2005 : IEEE-RAS Internat.Conf.on Humanoid Robots, Tsukuba, J, December 5-7, 2005

Proc.on CD-ROM S.357-62

Piscataway, N.J. : IEEE, 2005

ISBN 0-7803-9321-X

Burmeister, O.; Reischl, M.; Mikut, R.  
Zeitvariante Klassifikatoren für Brain Machine Interfaces und Neuroprothesen.  
Mikut, R. [Hrsg.]  
Proc.15.Workshop Computational Intelligence, Dortmund, 16.-18.November 2005  
Karlsruhe : Universitätsverl.Karlsruhe, 2005 S.129-43  
(Schriftenreihe des Instituts für Angewandte Informatik/Automatisierungstechnik  
Universität Karlsruhe (TH) ; Bd.9)  
ISBN 3-937300-77-5

Dickerhof, M.  
Ablauforganisation der MikroWeFab.  
MikroWebFab Abschlußseminar, Ettlingen, 28.Oktober 2004  
Tagungsbd. S.16-26

Dickerhof, M.; Gengenbach, U.  
Cooperation in a micro system development and production network. A field report.  
Commercialization of Micro and Nano Systems (COMS 2005) : 10th Internat.Conf.,  
Baden-Baden, August 21-25, 2005  
Albuquerque, N.M. : MANCEF, 2005 S.123-26  
Auch auf CD-ROM

Dickerhof, M.  
Mittelständische Unternehmenskooperationen im Hochdrucktechnologiebereich.  
Mikrosystemtechnik Kongress 2005, Freiburg, 10.-12.Oktober 2005  
Berlin [u.a.] : VDE Verl., 2005 S.637-40  
Inkl.CD-ROM  
ISBN 3-8007-2926-1

Düpmeier, C.; Geiger, W.; Ebel, R.; Schmid, E.; Linnenbach, M.  
Theme park soil-geology-nature: a case study for the evaluation of new concepts of environmental  
information systems for the general public.  
Hrebicek, J. [Hrsg.]  
EnviroInfo : Networking Environmental Information ; Proc.of the 19th  
Internat.Conf.Informatics for Environmental Protection, Brno, September 7-9, 2005  
Part 2 S.799-803  
Brno : Masaryk University, 2005  
ISBN 80-210-3780-6

Fouda Manga, C.; Keller, H.B.  
Kopplung verteilter Feldbus-Segmente über Ethernet.  
Simulation einer zeit- und sicherheitskritischen Kopplung.  
Elektronik, (2004) Nr.23

Frank, K.; Hetznecker, A.; Kohler, H.; Schindler, V.; Schönauer, U.; Arnanthigo,  
Y.; Falk, D.; Keller, H.B.; Seifert, R.  
Metal oxide gas sensors for field analysis: Novel SnO<sub>2</sub>/La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sensor element  
for analysis of dissolved toluene/ethanol binary mixtures.  
Sensor 2005 : 12th Internat.Conf., Nürnberg, May 10-12, 2005  
Proc.Vol.2 S.207-209  
Wunstorf : AMA Service GmbH, 2005

Geiger, A.; Häfele, K.H.; Hohnerlein, F.  
Intelligente Daten.  
IndustrieBAU, 51(2005) Nr.1, S.52-54

Geiger, W.; Döpmeier, C.; Ruchter, M.; Schlachter, T.; Weidemann, R.; Ebel, R.; Schmid, E.  
Examples of public environmental information systems and portals in Baden-Württemberg.  
Environmental Software Systems : Proc.of the 6th Internat.Symp., Sesimbra, P, May 24-27, 2005  
Vol.6: Environmental Risk Assessment Systems. - CD ROM  
Laxenburg : International Federation for Information Processing, 2005 (IFIP Conference Series)  
ISBN 3-901882-21-9

Gengenbach, U.; Bretthauer, G.; Guthoff, R.  
Künstliches Akkommodationssystem auf der Basis von Mikro- und Nanotechnologie.  
Mikrosystemtechnik Kongress 2005, Freiburg, 10.-12.Oktober 2005  
Berlin [u.a.] : VDE Verl., 2005 S.411-14  
Inkl.CD-ROM  
ISBN 3-8007-2926-1

Gengenbach, U.  
Standards for hybrid microsystems production equipment.  
Commercialization of Micro and Nano Systems (COMS 2005) : 10th Internat.Conf.,  
Baden-Baden, August 21-25, 2005  
Albuquerque, N.M. : MANCEF, 2005 S.291-94  
Auch auf CD-ROM

Gröger, G.; Benner, J.; Dörschlag, D.; Drees, R.; Gruber, U.; Leinemann, K.; Löwner, M.O.  
Das interoperable 3-D-Stadtmodell der SIG 3-D.  
ZfV : Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 130(2005) S.343-54

Gröll, L.; Matthes, J.  
Quellenlokalisierung mit räumlich verteilten, punktwisen Konzentrationsmessungen.  
GMA-Fachausschuss 1.30 : Modellbildung, Identifikation und Simulation in der  
Automatisierungstechnik ; Workshop, Bosen, 28.-30.September 2005  
Tagungsband S.89-104  
Saarbrücken : Universität des Saarlandes, Lehrstuhl f.Systemtheorie und Regelungstechnik, 2005  
ISBN 3-9810664-1-3

Heintz, R.; Schäfer, G.; Bretthauer, G.  
Local invariant object localization based on Gabor feature space.  
Villanueva, J.J. [Hrsg.]  
Visualization, Imaging, and Image Processing : Proc.of the 5th IASTED  
Internat.Conf., Benidorm, E, September 7-9, 2005  
Anaheim, Calif. [u.a.] : Acta Press, 2005 S.575-80  
auch auf CD-ROM  
ISBN 0-88986-528-0

Hofmann, A.; Gengenbach, U.; Scharnowell, R.; Skupin, H.; Bär, M.  
MikroFEMOS - Kleine Maschine für kleine Teile.  
Mikrosystemtechnik Kongress 2005, Freiburg, 10.-12.Oktober 2005  
Berlin [u.a.] : VDE Verl., 2005 S.361-64  
Inkl.CD-ROM  
ISBN 3-8007-2926-1

Hunsinger, H.; Keller, H.; Zipser, S.; Frey, H.H.  
Vorrichtung und Verfahren zur Optimierung des Abgasausbrandes in Verbrennungsanlagen.  
DE-OS 10 347 340 (19.5.2005)



Isele, J.

KARO, AROBIS, MAKRO - 10 Jahre Kanalrobotertechnik beim BMBF.  
Innovationsforum Kommunale Wasserwirtschaft, Bonn, 15.-16.November 2005  
Hennef : DWA, 2005

Jakob, W.

Auf dem Weg zum industrietauglichen Evolutionären Algorithmus.

Mikut, R. [Hrsg.]

Proc.15.Workshop Computational Intelligence, Dortmund, 16.-18.November 2005

Karlsruhe : Universitätsverl.Karlsruhe, 2005 S.212-26

(Schriftenreihe des Instituts für Angewandte Informatik/Automatisierungstechnik

Universität Karlsruhe (TH) ; Bd.9)

ISBN 3-937300-77-5

Jakob, W.

HyGLEAM - eine neue Methode zur Leistungssteigerung Evolutionärer Algorithmen.

Automatisierungstechnik, 53(2005) S.251-60

DOI:10.1524/auto.53.6.251.65602

Kapp, A.; Gröll, L.

Modellierung eines Laserscanners für Fahrerassistenzsysteme.

GMA-Fachausschuss 1.30 : Modellbildung, Identifikation und Simulation in der

Automatisierungstechnik ; Workshop, Bosen, 28.-30.September 2005

Tagungsband S.14-23

Saarbrücken : Universität des Saarlandes, Lehrstuhl f.Systemtheorie und Regelungstechnik, 2005

ISBN 3-9810664-1-3

Kargov, A.; Asfour, T.; Pylatiuk, C.; Oberle, R.; Klosek, H.; Schulz, S.; Regenstein, K.; Bretthauer, G.

Development of an anthropomorphic hand for a mobile assistive robot.

Proc.of the 9th Internat.Conf.on Rehabilitation Robotics (ICORR 2005), Chicago, Ill., June 28 - July 1, 2005

Piscataway, N.J. : IEEE, 2005 S.182-86

ISBN 0-7803-9003-2

Kautt, M.; Dickerhof, M.; Walsh, S.T.; Bittner, K.; Hocke-Bergler, P.

Global distribution of micro-nano technology and fabrication centers: a portfolio analysis approach.

Commercialization of Micro and Nano Systems (COMS 2005) : 10th Internat.Conf.,

Baden-Baden, August 21-25, 2005

Albuquerque, N.M. : MANCEF, 2005 S.165-74

Auch auf CD-ROM

Keller, H.; Zipser, S.

Verfahren zur Erkennung und Identifikation von Brennzonen.

DE-OS 10 302 175 (12.8.2004)

DE-PS 10 302 175 (15.7.2005)

EP-OS 1 441 177 (28.7.2004)

Keller, H.B.

Model driven architecture im SW Engineering. Ausgangssituation, Umsetzung und Benefits.

Workshop Model Driven Architecture (Development) im Automotive-Sektor, München, 16.September 2005

Proc.on CD-ROM

München : Siemens, 2005

Keller, H.B.

Model driven architecture. Wo stehen wir und welche Kosteneffekte können erzielt werden?

Motor Mittelstand : COMMON IT-Konf., Leipzig, 17-19.November 2005

Proc.on CD-ROM

Leinfelden-Echterdingen : COMMON Deutschland, 2005

Keller, H.B.; Matthes, J.; Heker, W.D.; Schönecker, H.

Reliable and efficient software development by model driven architecture.

Grote, C. [Hrsg.]

Embedded World 2005 : Proc.of the Conf., Nürnberg, February 22-24, 2005

Poing : Design & Elektronik, 2005 S.823-31

Keller, H.B.; Dencker, P.; Plödereder, E.; Klenk, H.; Tonndorf, M.; [Hrsg.]

Zuverlässigkeit in eingebetteten Systemen.

Ada Deutschland Tagung, 2005, Aachen, 13.-14.Oktober 2005

Aachen : Shaker Verl., 2005

(Reihe Softwaretechnik)

ISBN 3-8322-4522-7

Kohlhepp, P.; Walther, M.

Elastic view graphs : a new framework for sequential 3-D-SLAM.

19.Fachgespräch Autonome Mobile Systeme (AMS 2005), Stuttgart, 8.-9.Dezember 2005

Koker, T.; Gengenbach, U.

Concept and realization of a novel carbon nanotube actuator.

Reichl, H. [Hrsg.]

Micro System Technologies 2005 : Internat.Conf.and Exhibition on Micro-,

Electro-Mechanical, Opto and Nano Systems, München, October 5-6, 2005

Poing : Franzis Verl., 2005 S.227-34

Inkl.CD-ROM

ISBN 3-7723-7040-3

Krippner, P.; Ruzzu, A.; Gengenbach, U.; Hofmann, A.; Schmidt, C.; Vogel, A.; Wetzko, M.; König, S.

Baueinheit für die Mikrotechnik.

DE-OS 10 321 568 (2.12.2004)

Krueger, T.B.; Stieglitz, T.; Mikut, R.; Reischl, M.; Burmeister, O.; Lago, N.; Navarro, X.; Ruff, R.;

Hoffmann, K.P.

Analysis of microelectrode-signals in the peripheral nervous system, in-vivo and post-processing.

Mikrosystemtechnik Kongress 2005, Freiburg, 10.-12.Oktober 2005

Berlin [u.a.] : VDE Verl., 2005 S.69-72

Inkl.CD-ROM

ISBN 3-8007-2926-1

Kusche, O.

XML-Datenbank für Lebenszyklusdaten.

Forschung aktuell

Karlsruhe : Fachhochschule Karlsruhe, 2005 S.63-65

Lehmann, A.; Mikut, R.; Osswald, D.

Low-level finger coordination for compliant anthropomorphic robot grippers.

CDC-ECC'05 : 44th IEEE Conf.on Decision and Control and European Control Conf.,

Sevilla, E, December 12-15, 2005

Proc.on CD-ROM S.8319-24

Piscataway, N.J. : IEEE, 2005

ISBN 0-7803-9568-9

Lehmann, A.; Mikut, R.; Asfour, T.  
Petri-Netze zur Aufgabenüberwachung in humanoiden Robotern.  
Mikut, R. [Hrsg.]  
Proc.15.Workshop Computational Intelligence, Dortmund, 16.-18.November 2005  
Karlsruhe : Universitätsverl.Karlsruhe, 2005 S.157-71  
(Schriftenreihe des Instituts für Angewandte Informatik/Automatisierungstechnik  
Universität Karlsruhe (TH) ; Bd.9)  
ISBN 3-937300-77-5

Maass, H.; Cakmak, H.K.; Kühnapfel, U.G.; Trantakis, C.; Strauss, G.  
Providing more possibilities for haptic devices in surgery simulation.  
Lemke, H.U. [Hrsg.]  
CARS 2005 : Computer Assisted Radiology and Surgery ; Proc.of the 19th  
Internat.Congress and Exhibition, Berlin, June 22-25, 2005  
Amsterdam [u.a.] : Elsevier, 2005 S.725-29 (International Congress Series ; 1281)  
ISBN 0-444-51872-X

Matthes, J.  
Das INSPECT-System.  
Inspect zur Optimierung der thermischen Abfallbehandlung : Workshop, Karlsruhe, 24.Juni 2005  
Proc.on CD-ROM

Matthes, J.; Gröll, L.; Keller, H.B.  
Optimal weighting of networked electronic noses for the source localization.  
Dini, P. [Hrsg.]  
Systems Communications 2005 : Proc.of the Conf., Montreal, CDN, August 14-17, 2005  
Los Alamitos, Calif. : IEEE Computer Society, 2005 S.455-60  
ISBN 0-7695-2422-2

Matthes, J.; Gröll, L.; Keller, H.B.  
Source localization with a network of electronic noses.  
Rocha, D. [Hrsg.]  
IEEE Sensors 2004 : Proc.of the 3rd Internat.Conf., Wien, A, October 24-27, 2004  
Piscataway, N.J. : IEEE, 2004 CD-ROM S.987-90  
ISBN 0-7803-8693-0

Matthes, J.; Gröll, L.; Keller, H.  
Verfahren zur Bestimmung des Ortes  $x_0$ , der Instensität  $q_0$  und des  
Wirkungsbeginns to der Emission einer Emissionsquelle EQ.  
DE-OS 10 327 675 (20.1.2005)

Mikut, R.; Reischl, M.; [Hrsg.]  
Proceedings 15.workshop computational intelligence, Dortmund, 16.-18.November 2005.  
Karlsruhe : Universitätsverl.Karlsruhe, 2005  
(Schriftenreihe des Instituts für Angewandte Informatik/Automatisierungstechnik  
Universität Karlsruhe (TH) ; Bd.9)  
ISBN 3-937300-77-5

Patalaviciute, V.; Freckmann, P.; Döpmeier, C.  
SVG basierte Karten für mobile Guidesysteme: Erstellung, Gestaltung und Interaktionsmechanismen  
unter besonderer Berücksichtigung von Karten für den Naturtourismus.  
Wissenschaftliche Berichte, FZKA-7063 (Oktober 2005)  
Diplomarbeit (V.Patalaviciute), Fachhochschule Karlsruhe 2005

- Patalaviciute, V.; Döpmeier, C.; Freckmann, P.; Ruchter, M.  
Using SVG-based maps for mobile guide systems. A case study for the design, adaptation, and usage of SVG-based maps for mobile nature guide applications.  
4th Annual Conf.on Scalable Vector Graphics (SVGOpen 2005), Enschede, NL, August 15-18, 2005  
Proc.on CD-ROM
- Pöbneck, A.; Nowatius, E.; Trantakis, C.; Cakmak, H.; Maass, H.; Kühnapfel, U.; Dietz, A.; Strauß, G.  
A virtual training system in endoscopic sinus surgery.  
Lemke, H.U. [Hrsg.]  
CARS 2005 : Computer Assisted Radiology and Surgery ; Proc.of the 19th Internat.Congress and Exhibition, Berlin, June 22-25, 2005  
Amsterdam [u.a.] : Elsevier, 2005 S.527-30 (International Congress Series ; 1281)  
ISBN 0-444-51872-X
- Pylatiuk, C.; Kargov, A.; Schulz, S.; Bretthauer, G.  
A sensory feedback system for prosthetic hands.  
14th Internat.Conf.on Medical Physics, 39th Annual Congress of the German Society for Biomedical Engineering, Nürnberg, September 14-17, 2005
- Pylatiuk, C.; Kargov, A.; Oberle, R.; Klosek, H.; Schulz, S.  
Preliminary experience with hydraulically driven hand prostheses.  
MEC'05 : Integrating Prosthetics and Medicine ; MyoElectric Controls/Powered Prosthetics Symp., Fredericton, CDN, August 17-19, 2005  
Fredericton : Inst.of Biomedical Engineering, Univ.of New Brunswick, 2005 S.143-146  
ISBN 1-55131-100-3
- Pylatiuk, C.; Schulz, S.  
Using the internet for an anonymous survey of myoelectrical prosthesis wearers.  
MEC'05 : Integrating Prosthetics and Medicine ; MyoElectric Controls/Powered Prosthetics Symp., Fredericton, CDN, August 17-19, 2005  
Fredericton : Inst.of Biomedical Engineering, Univ.of New Brunswick, 2005 S.255-257  
ISBN 1-55131-100-3
- Real, P.; Döpmeier, C.; Ruchter, M.  
Konzeption eines Emotionalen Pädagogischen Agenten und Realisierung von ausgewählten Komponenten.  
Wissenschaftliche Berichte, FZKA-7176 (November 2005)  
Diplomarbeit (P.Real), Universität Karlsruhe 2005
- Reischl, M.; Pylatiuk, C.; Mikut, R.  
Individual control concepts for multifunctional hand prostheses.  
Orthopädie-Technik Quarterly, (2005) No.1, S.12-14
- Reischl, M.; Burmeister, O.; Mikut, R.  
Robust design of man machine interfaces for time-variant biosignals.  
14th Internat.Conf.on Medical Physics, 39th Annual Congress of the German Society for Biomedical Engineering, Nürnberg, September 14-17, 2005
- Ruchter, M.; Real, P.; Döpmeier, C.  
Comparing a mobile nature guide and a paper guidebook in the field.  
4th Workshop on HCI in Mobile Guides, Salzburg, A, September 18-22, 2005
- Ruchter, M.; Döpmeier, C.; Geiger, W.; Sobek, R.; Weidemann, R.; Dannenmayer, H.; Hofmann, K.; Krax, J.  
MobiNaf. Erster Prototyp eines Mobilien Naturführers für das Naturschutzzentrum Karlsruhe-Rappenwört.  
UIS Baden-Württemberg. Projekt AJA. Anwendung JAVA-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung. Phase V 2004.  
Wissenschaftliche Berichte, FZKA-7077 (Dezember 2004) S.163-66

Scherer, K.P.; Guth, H.; Stiller, P.  
Biomechanical simulations with ANSYS for micro incisions in the corneal surgery.  
23rd CADFEM Users' Meeting, Internat.Congress on FEM Technology, Bonn, November 9-11, 2005  
Proc.on CD-ROM Paper 2.7.2  
Grafing bei München : CAD-FEM GmbH, 2005  
ISBN 3-937523-02-2

Scherer, K.P.; Guth, H.; Stiller, P.; Wackernagel, W.  
Comparison and effects of micro corneal incisions. Planning base for ophthalmic surgical interventions.  
Hamza, M.H. [Hrsg.]  
Applied Simulation and Modelling : Proc.of the 14th IASTED Internat.Conf.,  
Benalmadena, E, June 15-17, 2005  
Anaheim, Calif.[u.a.] : ACTA Press, 2005 CD-ROM 469-053

Scherer, K.P.; Guth, H.; Stiller, P.; Wackernagel, W.  
FEM modelling and simulation of corneal tissue behaviour, based on incisions at human eyes.  
Hamza, M.H. [Hrsg.]  
Modelling, Identification and Control : Proc.of the 24th IASTED Internat.Conf.,  
Innsbruck, A, February 16-18, 2005  
Anaheim, Calif. [u.a.] : Acta Press, 2005 CD-ROM S.367-71  
ISBN 0-88986-474-8

Schulz, S.  
Fluidischer Antrieb.  
DE-OS 10 345 587 (12.5.2005)  
EP-OS 1 519 055 (30.3.2005)

Schulz, S.  
Signalrückkopplungssystem.  
DE-PS 10 2004 020 155 (1.4.2005)

Sieber, I.  
Design for manufacturing of a microoptical distance sensor.  
Reichl, H. [Hrsg.]  
Micro System Technologies 2005 : Internat.Conf.and Exhibition on Micro-,  
Electro-Mechanical, Opto and Nano Systems, München, October 5-6, 2005  
Poing : Franzis Verl., 2005 S.508-15  
Inkl.CD-ROM  
ISBN 3-7723-7040-3

Simon, D.; Schaab, G.; Döpmeier, C.  
Ein Kartendienst für die dynamische Erzeugung von Karten für den Themenpark Boden-Geologie-Natur.  
Kartographische Nachrichten, 55(2005) S.187-93

Stadtherr, A.; Döpmeier, C.; Schebek, L.; Bauer, C.; Schmidt, A.  
www.lci-network.de - A web portal as communication platform of scientists, interested groups from politics  
and industry, and the general public in the field of life cycle inventory data.  
Sustainability in Practice : The Conditions and Requirements for a New European Level of Capacity Building  
1st European Networks Conf., Berlin, April 1-4, 2004  
Conference Reader Berlin [u.a.] : KMG, 2005 S.170-76

Süss, W.; Jakob, W.; Quinte, A.; Stucky, K.U.  
GORBA : a global optimising resource broker embedded in a grid resource management system.  
Zheng, S.Q. [Hrsg.]  
Parallel and Distributed Computing and Systems : Proc.of the 17th IASTED  
Internat.Conf., Phoenix, Ariz., November 14-16, 2005  
Anaheim [u.a.] : ACTA Press, 2005  
CD-ROM Paper 466-137

Trantakis, C.; Meixensberger, J.; Strauß, G.; Nowatius, E.; Lindner, D.; Cakmak,  
H.K.; Maaß, H.; Nagel, C.; Kühnapfel, U.  
IOMaster 7D - a new device for virtual neuroendoscopy.  
Lemke, H.U. [Hrsg.]  
CARS 2004 : Computer Assisted Radiology and Surgery ; Proc.of the 18th  
Internat.Congress and Exhibition, Chicago, Ill., June 23-26, 2004  
Amsterdam [u.a.] : Elsevier, 2004 S.707-12 (International Congress Series ; 1268)  
ISBN 0-444-51731-6

Voges, U.  
Was ist schlimmer: Mensch oder Maschine?  
MEK 2005 : 4.Medizintechnik- und Ergonomiekongress ; Vorträge des DGBMT-  
Kongresses, Münster, 17.-18.März 2005  
Berlin [u.a.] : VDE Verl., 2005  
CD-ROM

Zipser, S.; Gommlich, A.; Matthes, J.; Fouda, Ch.; Keller, H.B.  
Anwendung des INSPECT-Systems zur kamerabasierten Analyse von  
Verbrennungsprozessen am Beispiel der thermischen Abfallbehandlung.  
Wissenschaftliche Berichte, FZKA-7014 (Februar 2005)

Zipser, S.  
Bildverarbeitung zur Berechnung von Prozesskenngrößen mit IR- und Video-Kameras.  
Inspect zur Optimierung der thermischen Abfallbehandlung : Workshop, Karlsruhe, 24.Juni 2005  
Proc.on CD-ROM

## Vorträge, die nicht in gedruckter Form vorliegen

Guth, H.; Hellmann, A.; Scherer, K.P.; Stiller, P.; Wackernagel, W.

Ermittlung optischer Eigenschaften eines virtuellen Auges.

Evidenzbasierte Ophthalmologie : Anspruch und Wirklichkeit ; 102.Tagung der DOG,

Berlin, 23.-26.September 2004

Book of Abstracts S.334

Hofmann, A.

Montage von Mikrosystemen. Anforderungen an die eingesetzten mechatronischen Module.

Internat.Conf.of Mechatronics, Karlsruhe, September 26-28, 2005

Hofmann, A.

Snap-fits on micro optics - a new concept of joining of micro optical lenses.

Micro System Technologies 2005 : Internat.Conf.and Exhibition on Micro-,

Electro- Mechanical, Opto and Nano Systems, München, October 5-6, 2005

Isele, J.

Autonomous multi segment sewer robot.

9th Internat.FZK/TNO Conf.on Soil-Water Systems (CONSOIL 2005), Bordeaux, F, October 3-7, 2005

Isele, J.

MAKROplus.

Faltblatt, Hannover-Messe, Hannover, 11.-15.April 2005

IFAT 2005, 14.Internat.Fachmesse für Wasser, Abwasser, Abfall, Recycling, München, 25.-29.April 2005

Isele, J.

Sewer mapping in rapidly growing cities.

9th Internat.FZK/TNO Conf.on Soil-Water Systems (CONSOIL 2005), Bordeaux, F, October 3-7, 2005

Jakob, W.; Quinte, A.; Stucky, U.; Süß, W.

Resourcebroker GORBA: vom manuellen zum optimierten Ressourcemanagement.

PoF Topic 3 Kickoff Workshop, Karlsruhe, 1.März 2005

Kautt, M.; Dickerhof, M.; Bittner, K.

EVA\_1. Global study of nano-oriented centers based on portofolio analysis methods.

Frontiers Annual Meeting, Karlsruhe, September 19-21, 2005

Keller, H.B.

Effiziente Entwicklung zuverlässiger Software.

Votr.: Firma Bosch, Stuttgart, 25.Mai 2005

Keller, H.B.

Workshop Inspect - Einführung.

Inspect Workshop, Karlsruhe, 24.Juni 2005

Kühnapfel, U.; Cakmak, H.; Chantier, B.; Maaß, H.; Strauss, G.; Trantakis, C.; Novatius, E.;

Meixensberger, J.; Lehmann, K.; Buhr, H.J.; Lawo, M.; Bretthauer, G.

HapticIO: Haptic interface-systems for virtual-reality training in minimally- invasive surgery.

Internat.Statustagung 'Virtuelle und Erweiterte Realität', Leipzig, 19.- 20.Februar 2004

Kühnapfel, U.; Stucky, K.U.; Bretthauer, G.; Mickel, K.P.

Verteiltes Lernen mit Hilfe des Grid Computing.

35.Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Bonn, 19.-22.September 2005

Lehmann, K.S.; Ritz, J.P.; Ouail, S.; Maass, H.; Kühnapfel, U.G.; Germer, C.T.;  
Martus, P.; Bretthauer, G.; Buhr, H.J.  
Einfluß des Bereitschaftsdienstes auf die Leistungsfähigkeit von Chirurgen:  
Evaluation mit einem virtuellen OP-Simulator.  
122.Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, München, 5.-8.April 2005

Mikut, R.; Reischl, M.; Loose, T.  
Fuzzy, neural, and statistical classifiers in medical data mining. Problem formulation,  
performance and interpretability.  
From Data and Information Analysis to Knowledge Engineering : 29th Annual  
Conf.of the German Classification Society, Magdeburg, March 9-11, 2005  
Book of Abstracts S.139

Mounier, S.; Bretthauer, G.  
Entwicklung einer realitätsnahen Krafrückkopplung bei Handprothesen.  
39.Regelungstechnisches Kolloquium, Boppard, 23.-25.Februar 2005  
Kurzfassungen S.16-17

Voges, U.  
Beispiele schlechter Gebrauchstauglichkeit: Analysieren und diskutieren Sie mit Ergonomen.  
4.Medizintechnik- und Ergonomiekongress (MEK 2005), Münster, 17.-18.März 2005

Voges, U.; Bretthauer, G.  
Telemanipulation und Robotik in der Medizin. Entwicklung und Zukunft.  
Automed 2004 : Automatisierungstechnische Methoden und Systeme in der Medizin ;  
5.Workshop, Saarbrücken, 15.-16.Oktober 2004  
Tagungsbd. S.67-68  
Homburg/Saar : Universitätsklinikum des Saarlandes, 2005  
ISBN 3-00-013509-X