

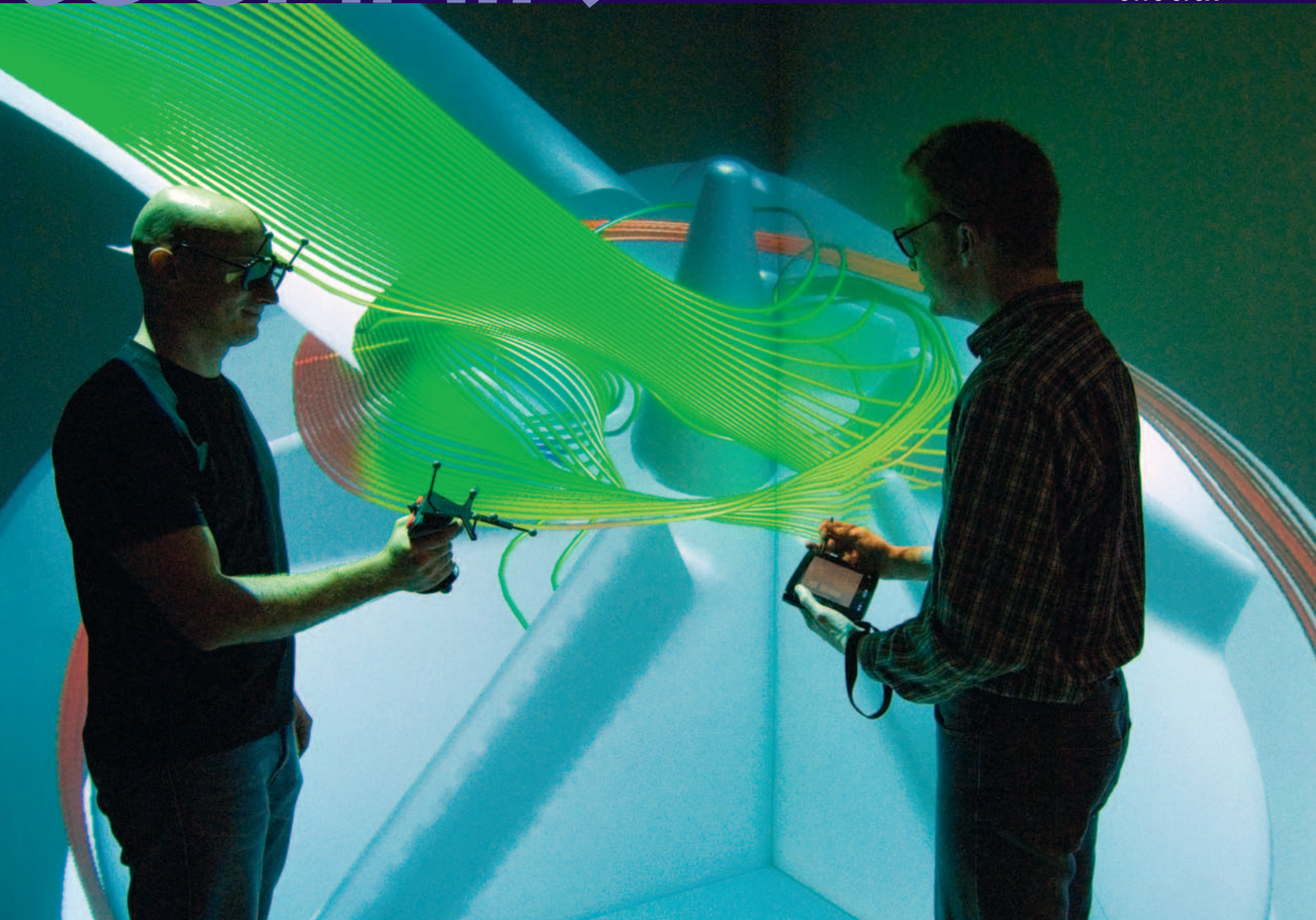
RWTH AACHEN

Informatik Informationstechnik

BERICHTE
AUS DER
RHEINISCH-
WESTFÄLISCHEN
TECHNISCHEN
HOCHSCHULE
AACHEN

AUSGABE 2/2006

ISSN-NR.
0179-079X



WABCO



WABCO ist einer der weltweit führenden Anbieter von elektronischen Brems- und Fahrzeugregelsystemen sowie von Federungs- und Antriebssystemen für Nutzfahrzeuge. WABCO gehört zur American Standard Companies Inc. Die Produkte des Unternehmens kommen außerdem zunehmend in Automobilen der Luxusklasse und in Sport Utility Vehicles zum Einsatz. Zu den Kunden zählen die bekanntesten Hersteller von Nutzfahrzeugen, Bussen und PKW. 1869 als Westinghouse Air Brake Company in den USA gegründet, wurde WABCO 1968 von American Standard übernommen. Das Unternehmen hat seinen Hauptsitz in Brüssel, Belgien und beschäftigt rund 7000 Mitarbeiter in 34 Niederlassungen und Produktionsstätten weltweit. Im Jahr 2005 trug WABCO einen Umsatz von 1,80 Milliarden US-Dollar zu American Standards Gesamtumsatz von mehr als 10,30 Milliarden US-Dollar bei.

Dieser sehr hohe Grad von innovativer Forschung, Entwicklung und Produktion – speziell auf dem Gebiet der Mikroelektronik sowie in den Bereichen Systemtechnik, Mechatronik und angewandte Regelungstechnik – braucht ständig junge, engagierte, kreative Köpfe mit interdisziplinärem Know-how, die sich bzw. ihre Ideen verwirklichen wollen, um die Welt ein Stück sicherer zu machen.

Für diese verantwortungsvollen Aufgaben haben wir Einsatzgebiete z. B. in den Teams

Konstruktion, Versuch, CAD-Betreuung (Pro/E), System-, Software- und Hardware-Entwicklung, Einkauf, Vertrieb und Produktion.

Haben Sie Lust auf Teamarbeit, Teamgeist, Gestaltungsfreiheit, eigenverantwortliches Arbeiten, auf berufliche und persönliche Entwicklungschancen? Reizen Sie flache Hierarchien, finanzielle und soziale Leistungen eines internationalen Unternehmens?

Helfen Sie mit, die Straßen der Welt ein Stück sicherer zu machen. Wir brauchen Sie als:

**Diplomingenieure Maschinenbau
Diplomingenieure Elektrotechnik
Diplomingenieure Mechatronik
Diplom-Wirtschaftsingenieure**

Fühlen Sie sich angesprochen? Schreiben Sie uns, rufen Sie uns an. Wir freuen uns, interessierte Damen und Herren kennen zu lernen.

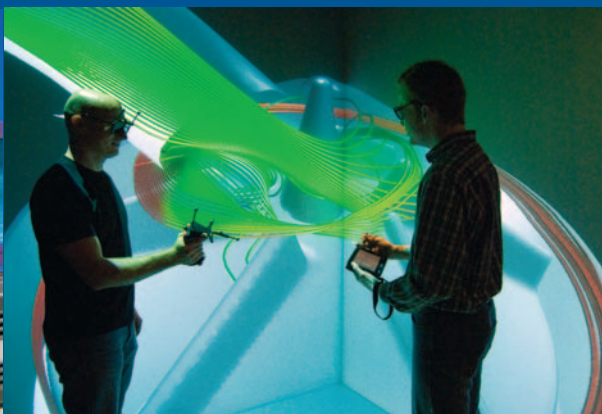
WABCO

WABCO
Human Resources
Am Lindener Hafen 21
30453 Hannover
Telefon (05 11) 9 22-17 85
www.wabco-auto.com

**DEUTSCHLANDS
BESTE
ARBEITGEBER**

2006

Capital



Aus dem Inhalt

Impressum

Herausgegeben
im Auftrag des Rektors:
Dezernat Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
der RWTH Aachen
Templergraben 55
52056 Aachen
Telefon 0241/80-94327
Telefax 0241/80-92324
Pressestelle@zhv.rwth-aachen.de
www.rwth-aachen.de

Redaktion:

Sabine Busse
Angelika Hamacher

Verantwortlich:

Toni Wimmer

Titel:

Interaktive Visualisierung
einer GYRO Blutpumpe in
der CAVE der RWTH Aachen.
Die Simulation wurde am
Lehrstuhl für Computergestützte
Analyse Technischer Systeme
durchgeführt.

Rücktitel oben:

Einsatz von Augmented Reality
zur Unterstützung eines Technikers
bei der Durchführung komplexer
Serviceeinsätze.

Rücktitel unten:

Mitarbeiter des Lehrstuhls für
Theoretische Informationstechnik
bei der Besprechung von
Seitenkanalattacken auf
eine kryptographische Chipkarte.
Durch Messung des
Stromverbrauchs wird auf
die Berechnung des Prozessors
zurückgeschlossen und der
geheime Schlüssel ermittelt.

Fotos:

Peter Winandy

Anzeigen:

print'n'press, Aachen
jh@p-n-p.de

Art direction:

Klaus Endrikat

Satz:

ZAHRENDesign,
Aachen

Druck:

printproduction,
Aachen

Gedruckt auf
chlorfrei gebleichtem
Papier.

Das Wissenschaftsmagazin
„RWTH-Themen“
erscheint einmal pro Semester.
Nachdruck einzelner Artikel,
auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung
der Redaktion.
Für den Inhalt
der Beiträge sind die
Autoren verantwortlich.

Wintersemester 2006

Informatik und Informationstechnik verändern das Leben	6
Digitale Bildanalyse ermöglicht neue Methoden der Krebsdiagnostik	8
Modellfabrik macht Automatisierungstechnik erlebbar	12
Minimalinvasiver Eingriff statt großer Herzoperation	15
Spezialisten statt Alleskönner	16
Überall mobil telefonieren	20
B-IT: Angewandte Informatik international	24
Mehr als Real	26
SFB 476: Unterstützung übergreifende Entwicklungsprozesse in der Verfahrenstechnik	28
Bild, Video, Kino – alles wird digital	30
Softwarefehler mit Hilfe von mathematisch-logischen Methoden finden	34
Roboterfußball – Wissenschaft, die Spaß macht	36
Es liegt was in der Luft	40
Studium 2010 – eLearning wird Realität	44
Was können Informatiker von Ameisen lernen?	46
DFG-Graduiertenkolleg „Algorithmische Synthese reaktiver und diskret-kontinuierlicher Systeme“	50
PELOPS macht das Fahren leichter	52
Graduiertenkolleg „Software für mobile Kommunikationssysteme“	56
Computer helfen besser durchzuatmen	58
Exzellenz der RWTH Aachen bestätigt	62
Der Masterstudiengang Software Systems Engineering	64
Clustering für Fließgewässer	66
REXplorer: Mit dem Zauberstab ins Mittelalter	70
Der Masterstudiengang „Communications Engineering“	76
Namen und Nachrichten	78

Informatik Informations- technik

Die Graduiertenschule „Aachen Institute für Advanced Study in Computational Engineering Science“ und die beiden Exzellenzcluster „Ultra High-Speed Mobile Information and Communication“ sowie „Integrative Production Technology for High-Wage Countries“ sind erfolgreich im Rahmen der Exzellenzinitiative der Bundesregierung und der Länder bewilligt worden. Mit 14 Millionen Euro pro Jahr sichert die Exzellenzinitiative für die nächsten fünf Jahre die wissenschaftliche Arbeit und Ausbildung in diesen drei Bereichen der RWTH Aachen.

Aber nicht nur finanzielle Mittel sind heute wichtige Voraussetzung – auch die Entwicklungen der Informatik und Informationstechnik sind entscheidend. Entwicklungen aus diesem Bereich prägen heute den Alltag und die Arbeitswelt aller Menschen. Was vor einigen Jahren nur in Hochschulen, Forschungsinstituten und Entwicklungsabteilungen genutzt wurde, ist heute jedermann zugänglich. Die vorliegende Ausgabe der „RWTH-Themen“ stellt aktuelle Forschungsprojekte aus dem Bereich Informatik und Informationstechnik vor, von denen einige in wenigen Jahren allgemein verfügbar sein werden. Auch die Arbeiten der erfolgreichen Anträge der Exzellenzinitiative werden die Entwicklung in diesem Bereich weiter

Informatik Informationstechnik

vorantreiben. In Aachen sind dies insbesondere die Graduiertenschule und der Cluster „Ultra High-Speed Mobile Information and Communication“. Die erfolgreichen Bewilligungen werden Ihnen in dieser Ausgabe kurz vorgestellt. Die Ausgabe 1/07 der „RWTH-Themen“ wird Sie dann ausführlich über die Projekte informieren.

Das Forum Informatik, ein interdisziplinärer Zusammenschluss von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Fakultäten der RWTH Aachen, hat die vorgestellten Projekte ausgewählt, die beispielhaft die Breite der Forschungspalette wiedergeben. Interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Fakultäten ist ein Kennzeichen herausragender Forschungsleistung der Aachener Hochschule. Nicht zufällig fanden sich daher im Forum Informatik 80 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusammen, die ihre Interessen gemeinsam wahrnehmen wollen. Eng vernetzt sind die Mitglieder insbesondere im Virtual Reality Center Aachen und der eLearning AG des Forums. Außerdem bestehen über den in Anlehnung an das Forum gegründeten Regionalen Industriecenter Informatik, REGINA, e.V. gute Kontakte zur regionalen IT-Branche.

Eine spannende Lektüre wünscht Ihnen

Univ.-Prof. Dr. Burkhard Rauhut



Global Player.



Technology Leader.



Team Spirit.



Höchstleistung fängt damit an, dass man morgens gerne reinkommt.

Rohde & Schwarz gehört zu den Schrittmachern bei den wichtigsten neuen Technologien. Dazu zählt vor allem alles, was mit moderner Kommunikation zu tun hat, z.B. Mobiltelefonie, digitales Fernsehen oder Funktechnik. In praktisch jedem unserer Geschäftsfelder sind wir einer der drei wichtigsten Player auf dem Weltmarkt.

Die Zukunft – da sind wir sicher – wird uns einiges abverlangen: Nur wenn wir weiterhin zu den Besten gehören, können wir unsere Ziele verwirklichen. Und deshalb brauchen wir Spezialisten/-innen, die genauso hohe Ansprüche haben wie wir.

Lernen Sie uns kennen!

Schon während des Studiums gibt es viele Gelegenheiten dafür: **Praktika, Abschlussarbeiten (Bachelor, Master, Diplom), Jobs als Werkstudent/-in.**

Auch als **Hochschulabsolvent/-in und zielstrebigem Professional** finden Sie das richtige Umfeld bei uns:

Top-Engineering auf höchstem Niveau, weltweite Aktivitäten in vielen High-Tech-Disziplinen – und doch eine überschaubare Unternehmensgröße, mit viel Freiraum für Ihr Engagement und Ihre Entwicklung. Unsere Hierarchien sind flach, in unseren Teams geht es ungezwungen und familiär zu – so, wie man sich das wünscht, wenn man zusammen ehrgeizige Ziele verwirklichen will. Kein Wunder, dass sich unsere Mitarbeiter wohlfühlen – und gleichzeitig zu den gesuchtesten auf dem Markt gehören. Gibt's eine bessere Ausgangsposition für ambitionierte Zukunftspläne?

Interessiert? Für unsere Standorte, v.a. München, suchen wir im Moment wieder hochqualifizierte und hochengagierte Mitarbeiter/-innen. Als Ingenieur/-in und Software-Profi finden Sie bei uns viele spannende Aufgaben: in der Entwicklung, im Produktmanagement, im Vertrieb. Auch in der Administration gibt's regelmäßig interessante Positionen. Einzelheiten finden Sie unter www.careers.rohde-schwarz.com



ROHDE & SCHWARZ

Informatik und Informationstechnik verändern das Leben

Lehre und Forschung an der RWTH Aachen

RWTH-THEMEN 2/2006

Eine Ausgabe der „RWTH-Themen“ zum Schwerpunkt „Informatik/Informationstechnik“ ist eigentlich längst überfällig. Zumindest wenn man sich vergegenwärtigt, welche Auswirkungen auf das tägliche Leben die „Produkte“ dieser beiden Disziplinen haben. Etwa der Personal Computer, die iPods, die GPS-Lokalisierung, Google oder das Mobiltelefon, um nur wenige Beispiele zu nennen. Wir erleben eine Veränderung der Lebensumstände durch Konzepte der Informatik/Informationstechnik, die mit den durch Buchdruck, Dampfmaschine oder Rundfunk/Fernsehen ausgelösten Revolutionen durchaus vergleichbar ist. In mancher Hinsicht dürfte das Ausmaß der Umwälzungen sogar größer sein. Und es ist kein Ende dieser Entwicklung erkennbar.

Allerdings: Handelt es sich bei informatisch/informationstechnischen Produkten lediglich um „Entwicklungen“, für welche die Zeit sowieso reif war oder stecken langfristige „seriöse“ wissenschaftliche Konzepte dahinter? Diese Frage wird sehr unterschiedlich beantwortet – je nach dem Blickwinkel oder auch dem (Vor?)-Urteil des Betrachters. Die Informatik bezieht ja ihre Vaterschaft in merklichem Umfang aus der Mathematik, weshalb es (wie bei echten familiären Beziehungen) nicht selten vorkommt, dass manche Väter die Kinder häufig etwas argwöhnisch und (über?)-kritisch betrachten. Die Informationstechnik wiederum begründet ihre Existenz vorwiegend auf Technik, Elektronik und so weiter. Womit bereits ein Konflikt zwischen Informatik und Informationstechnik bezüglich der Denkkulturen (eher technisch oder doch mehr mathematisch-naturwissenschaftlich geprägt?) vorprogrammiert ist. Aber trotz solcher Scharmützel – zum Beispiel die Frage, ob es „wertvoller“ ist, zum Dr.rer.nat. oder zum Dr.-Ing. zu promovieren – sind die generellen Ziele beider Disziplinen doch in vieler Hinsicht dieselben. Konvergenz oder Konflu-

enz tut also not. Aber wie das solche Zusammenflüsse nun einmal an sich haben: Beide Partner gewinnen zwar viel, aber sie verlieren auch ein Stück ihrer Identität.

An einer traditionsreichen Lehr- und Forschungsstätte wie der RWTH Aachen kommen – als hätten Informatik und Informationstechnik nicht schon genug mit sich selbst zu tun – noch die quasi übermächtigen anderen (vorwiegend technischen) Fachbereiche hinzu, die selbstverständlich das Ausmaß ebenso wie die Notwendigkeit des Einsatzes informatischer Konzepte sehr frühzeitig erkannt und umgesetzt haben – manchmal früher als die Informatik/Informationstechnik selbst! Wer oder was prägt also die Landschaft zwischen Informatik, Informationstechnik und zum Beispiel Maschinenwesen – von weiteren maßgeblichen Institutionen wie Medizin, Psychologie, Betriebswirtschaft,... einmal ganz abgesehen?

Um das vorhersehbare Chaos der Entwicklung des Bereichs „Informatik/Informationstechnik“ in Lehre und Forschung nicht beliebig ausufern zu lassen, wurde im Jahre 1988 an der RWTH das Forum Informatik gegründet, das laut seiner Satzung „der Bündelung der Aktivitäten auf den Gebieten Informatik/Informationstechnik und ihrer Anwendungen dienen, mit Forschungs- und Entwicklungsinstituten, Behörden, Verbänden und der Industrie zusammenarbeiten und zur Pflege der Außendarstellung der Informatik an der RWTH Aachen beitragen soll“. Inwiefern das nach fast zwanzig Jahren als gelungen bezeichnet werden kann, darüber gehen die Meinungen vielleicht auseinander, aber diverse Initiativen haben unzweifelhaft prägende Wirkung auch für die RWTH als Ganzes gehabt. Hierunter zählen vornehmlich die Etablierung des DFG-Sonderforschungsbereichs 476 und des anschließenden Transferbereichs TR 61 zum Thema IMPROVE – „Informatische Methoden übergreifender Ent-

wicklungsprozesse in der Verfahrenstechnik“ – sowie die Einwerbung von immerhin drei Graduiertenkollegs zu den Themen „Informatik und Technik“, „Software für mobile Kommunikationssysteme“ und „Algorithmische Synthese reaktiver und diskret-kontinuierlicher Systeme“. Ein besonders erfolgreicher Schachzug war die Gründung von REGINA e.V., kurz für Regionaler Industrie-Club Informatik Aachen. Hier wird nicht nur die Kompetenz fast aller namhaften Informatikfirmen der Region gebündelt, sondern auch die Kooperation derselben mit den IT-Forschungseinrichtungen der RWTH erleichtert und gefördert.

Die vorliegende Ausgabe der „RWTH-Themen“ will eine Leistungsschau der Informatik/Informationstechnik an der RWTH liefern. Hiermit soll das Vorwort abgeschlossen sein (bekanntlich liest sowieso niemand ein Vorwort). Trotz der vermutlich leeren Menge an Vorwortlesern wünsche ich den RWTH Themen eine gute Rezeption. Möge es gegenüber seinen Vorgängern bestehen und gleichzeitig die Messlatte für seine Nachfolger sehr hoch legen. Das ist ein Wunsch, der einen Smile verdient ;-).

Autor:
Univ.-Prof. Dr.rer.nat.
Otto Spaniol ist Inhaber
des Lehrstuhls für Informatik 4
(Kommunikation und Verteilte
Systeme) und Sprecher
des Forums Informatik.

www.informatik.rwth-aachen.de
www.rwth-aachen.de/fi

DENKEN IST HANDELN.



Wir betrachten ein Problem aus vielen Perspektiven. Ihre fehlt uns noch.



Praktikanten gesucht.

Verändern Sie für 8–12 Wochen unseren Blickwinkel. Erleben Sie als Visiting Associate, wie die weltweit führende Strategieberatung aus vielfältigem Wissen einzigartige Problemlösungen entwickelt. Während Ihres Praktikums sind Sie aktiver Teil eines Teams, in dem Ihr Fachwissen und Ihre Ideen von Anfang an zählen. Ein persönlicher Mentor steht Ihnen während Ihrer Zeit bei BCG zur Seite. Wir suchen herausragende Universitätsstudentinnen und -studenten aller Fachrichtungen mit Vor-diplom (Bachelors ab 4. Semester). Bewerben Sie sich bei:

Dr. Susanne Lebek (0 89) 23 17-42 47 oder Ute Worgull (02 11) 30 11-35 08, www.bcg.de/visitingassociate

BCG

THE BOSTON CONSULTING GROUP



Digitale Bildanalyse ermöglicht neue Methoden der Krebsdiagnostik

RNTHHEMEN 2/2006



Über 200.000 Todesfälle werden jährlich allein in Deutschland durch Krebs verursacht. Dies ist ein Appell an die Forschung, verstärkt an zuverlässigen Früherkennungsmethoden zu arbeiten. Denn die Chancen für eine langfristige Heilung sind umso höher, je früher therapeutisch eingegriffen wird. Im Frühstadium zeigt eine bösartige Tumorerkrankung jedoch selten deutlich sichtbare oder spürbare Symptome. Präventive Untersuchungsprogramme sind deshalb eine unabdingbare Voraussetzung für eine wirksame Vorsorge. Daher sind wirtschaftlich einsetzbare Diagnoseverfahren gefragt, die ohne belastende Untersuchungen auskommen und eine hohe diagnostische Treffsicherheit garantieren. Ein interdisziplinäres Team am Lehrstuhl für Bildverarbeitung verfolgt dieses Ziel in enger Zusammenarbeit mit Cytopathologen der Universität Düsseldorf.

Für eine frühe Krebsdiagnostik sind Zelle und Zellkern aufschlussreicher als eine Diagnostik an Gewebeschnitten oder Organabbildungen. Krebs entsteht in einzelnen Zellen nach

einer Reihe von Transformationen des Erbgutes, der DNS, die unter anderem zu einer pathologisch gesteigerten Zellteilungsrate sowie zur Störung des Gleichgewichtes zwischen Zellteilung und Zelltod führen. Die Zytopathologie verfügt über eine Vielzahl von Analysemethoden, um in mikroskopischen Präparaten Tumorzellen und deren Vorstufen zu entdecken und bezüglich des Tumortyps zu klassifizieren. Analysiert werden hier nicht nur die Form des Zellkerns und des ihn umgebenden Zytoplasmas, sondern auch Zellkerneigenschaften wie DNS-Gehalt, Chromatinmuster oder das Vorhandensein bestimmter Kernproteine. Hinzu kommen so genannte immunzytochemische Marker, die das Auftreten von für den Tumortyp spezifischen Proteinen signalisieren. Mit diesen Methoden können bösartige Tumore auf Zell- und Zellkernebene um Monate bis Jahre früher als mit allen anderen Methoden entdeckt und oft auch präzise bezüglich der notwendigen Therapiemaßnahmen eingeordnet werden. Die Gewinnung zytologischer Präparate ist zudem kaum mit Unannehmlichkeiten, Schmerzen oder gar den Risiken eines blutigen Eingriffs verbunden: Untersuchungsmaterial wird mittels Abstrichen von Schleimhäuten, als Sediment aus Körperflüssigkeiten oder als

Punktat mit einer sehr feinen Nadel aus den inneren Organen gewonnen.

Die zytopathologische Diagnostik stützt sich heute weitgehend auf eine visuelle Inspektion der Zellpräparate unter dem Mikroskop. Hierfür ist ein langjähriges Training erforderlich. Für breit angelegte Vorsorgeprogramme steht derart geschultes Fachpersonal jedoch nicht im ausreichenden Umfang zur Verfügung. Ziel unserer Arbeit ist es deshalb, ein maschinelles, digitales Bildauswerteverfahren zur quantitativen Zellanalyse zu entwickeln, das diese Lücke schließen kann. Ein weiterer positiver Effekt für die diagnostische Qualität ist, dass quantitative Verfahren in ihrer Interpretation weit weniger inter- und intraindividuellen Schwankungen unterworfen sind als eine rein visuelle, subjektive Bildinspektion.

Diesen Weg geht ein schon über Jahre bekanntes Verfahren, das jetzt mit moderner Bildverarbeitungstechnik und verbesserten Algorithmen – vor allem als Kernelement der unten beschriebenen Multimodalen Zellanalyse – an Bedeutung gewinnt: die DNS-Bildzytometrie, Bild 1. Als Indikator für die Transformation zu einer Krebszelle dient der DNS-Gehalt im Zellkern. Belegt wird die Kausalität zwischen Veränderungen des DNS-Gehaltes und bösarti-

ger Entartung einer Zelle durch neuere zellbiologische Forschungsarbeiten. Digitale Mikroskopbildverarbeitung macht den DNS-Gehalt messbar: Der auf den Objektträger aufgebraute Zellabstrich wird mit einem Farbstoff, der Feulgen-Färbung, eingefärbt, der sich an die DNS anlagert, Bild 2. Die Farbstoffmenge ist hierbei proportional zum DNS-Gehalt. In digitalisierten Mikroskopbildern werden nun die Zellkerne automatisch segmentiert, siehe Bild 3, und anschließend die integrale optische Dichte der Feulgen-Färbung innerhalb der so gefundenen Zellkernfläche gemessen. Sie liefert nach geeigneten Normierungs- und Korrekturschritten ein zuverlässiges Maß für den DNS-Gehalt. An die Stelle einer subjektiven Beurteilung des starken Variationen unterworfenen Erscheinungsbildes der Zellen tritt jetzt die Beurteilung einer Messkurve, die die Häufigkeitsverteilung des über mehrere hundert Zellen ermittelten DNS-Gehaltes wiedergibt. Für eine Entscheidung zwischen unauffälligem, auffälligem und positivem Befund werden standardisierte Grenzwerte vorgegeben.

Computergestützte Messverfahren lösen allerdings eine grundsätzliche Problematik der Präventivdiagnostik noch nicht, wie ein Zahlenbeispiel aus der Gebärmutterhalskrebs-Vorsorge

8

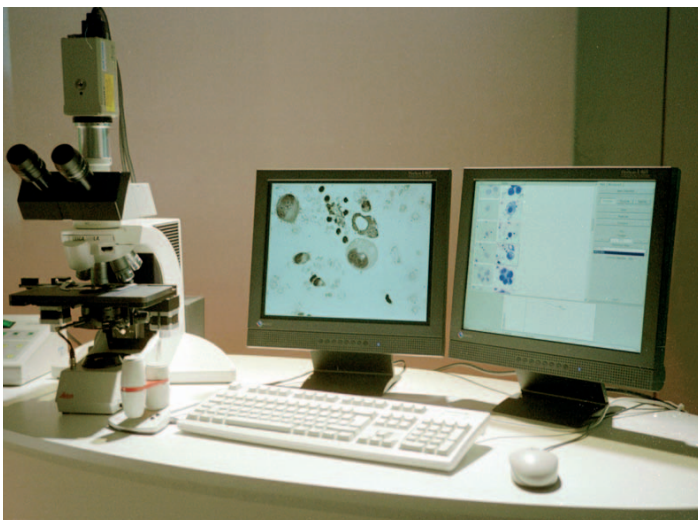


Bild 1:
Prototyp des Arbeitsplatzes zur
Multimodalen Zellanalyse im Lehrstuhl
für Bildverarbeitung.

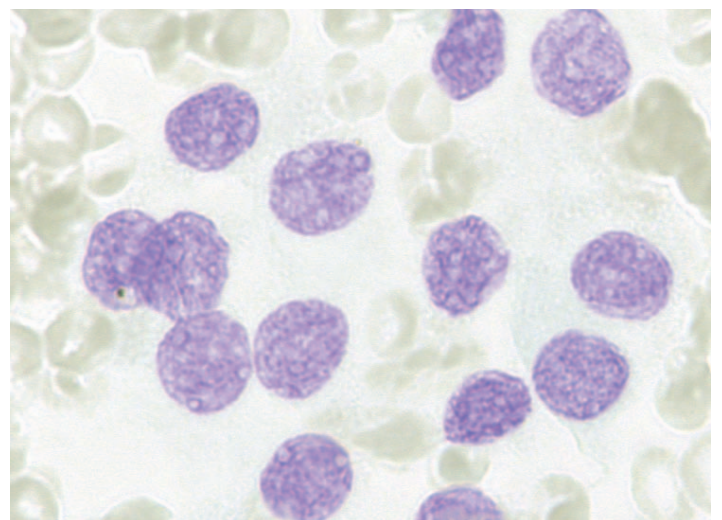
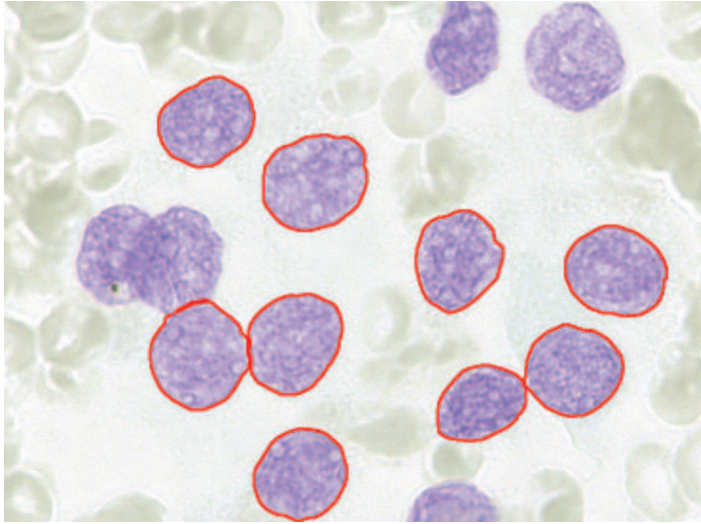
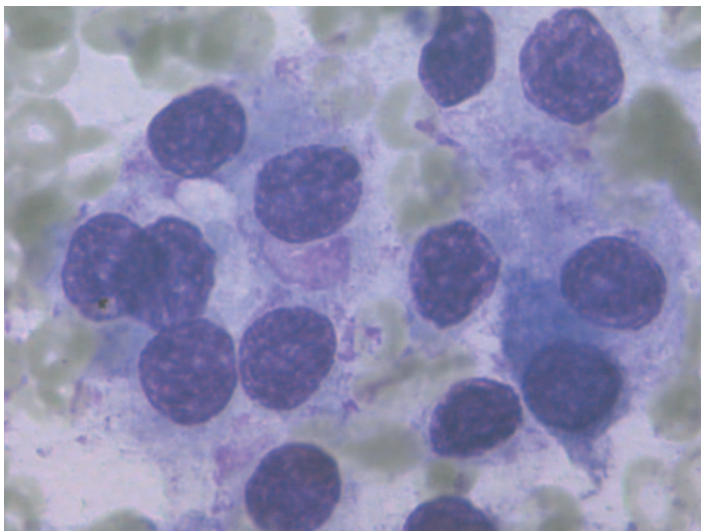


Bild 2:
Zellen aus einem follikulären Karzinom
der Schilddrüse in Feulgen-Färbung,
deren Kerne in Abhängigkeit von ihrem
DNS-Gehalt bläulich erscheinen.

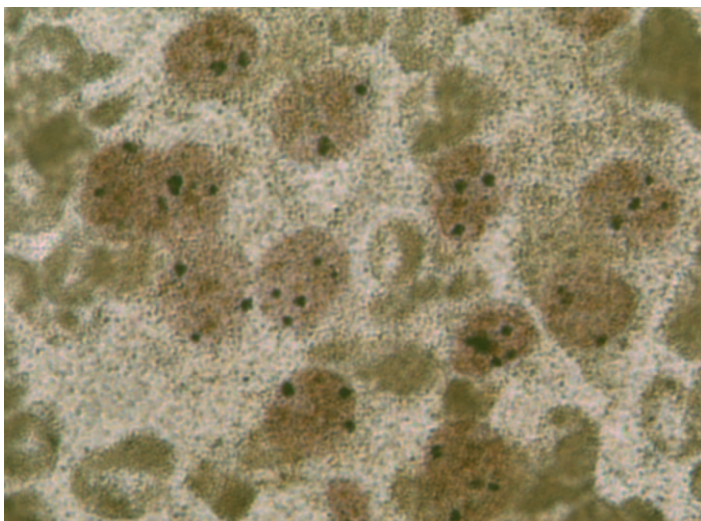
Computergestützte Zytopathologie liefert frühzeitige und treffsichere Diagnosen



*Bild 3:
Zellen aus Bild 2 mit rot ein-
gezeichneter Berandung der
automatisch segmentierten
Zellkerne.*



*Bild 4:
Zellen aus Bild 2, hier jedoch
in sogenannter MGG-Färbung,
die Farbeigenschaften dar-
stellt. Die Zellkerne erscheinen
dunkelblau, und das umgeben-
de Zytoplasma hellblau.*



*Bild 5:
Zellen aus Bild 2 in der Silber-Färbung,
die sich an spezielle Kernproteine an-
lagert. Das Zytoplasma erscheint hell-
braun und die Zellkerne dunkelbraun.*

verdeutlicht: Für die Treffsicherheit wird eine Sensitivität von maximal 80 Prozent und eine Spezifität von bis zu 98,8 Prozent angegeben. Die Sensitivität bezeichnet hierbei den Prozentsatz von den tatsächlich vorhandenen Erkrankungsfällen, die von dem Diagnoseverfahren erkannt werden. Umgekehrt steht die Spezifität für den Anteil der tatsächlich gesunden Frauen, die als solche diagnostiziert werden. Für Gebärmutterhalskrebs wird in Deutschland eine Inzidenz von jährlich 15 Neuerkrankungen pro 100.000 Frauen genannt. Bei 100.000 Untersuchungen würden bei einer 80-prozentigen Sensitivität zwölf der 15 Neuerkrankungen entdeckt, drei dagegen übersehen. Andererseits wird bei 1,2 Prozent oder rund 1.200 der untersuchten gesunden Frauen fälschlich eine Erkrankung diagnostiziert. Dadurch werden Ängste geweckt, Nachuntersuchungen mit weiteren Arztbesuchen der Patientin sind erforderlich und möglicherweise kommt es sogar zu unnötigen operativen Eingriffen. Für die Vorsorgediagnostik sind diese Folgen einer unzureichenden Spezifität ein wesentliches Hindernis.

Sensitivität und Spezifität eines Diagnoseverfahrens sind gegenläufig miteinander verknüpft. Sollen möglichst alle Er-

krankungen durch Vorgabe geeigneter, enger Grenzwerte erkannt werden, würde das Diagnoseverfahren dadurch sensibler aber gleichzeitig weniger spezifisch. Das heißt, die Anzahl der fälschlich als erkrankt diagnostizierten Personen würde steigen. Umgekehrt werden Diagnoseverfahren weniger sensitiv, wenn die Spezifität durch Vorgabe weniger enger Grenzwerte erhöht wird. Aus diesem Dilemma helfen nur zuverlässigere Diagnoseverfahren, also die Verbindung einer hohen Sensitivität mit einer annähernd 100-prozentigen Spezifität. Kein Diagnoseverfahren genügt allein für sich diesem Anspruch. Bei unsicheren Befunden werden deshalb weitere Verfahren hinzugezogen, so genannte adjuvante Verfahren, die komplementäre Informationen hinzufügen, indem das Untersuchungsmaterial mit unterschiedlichen Farbstoffen oder immunzytochemischen Markern präpariert wird. So kann beispielsweise nach einer morphologischen Färbung, Bild 4, eine Feulgen-Färbung

für die DNS-Zytometrie, Bild 2, erfolgen oder eine Silbernitrat-Färbung, Bild 5, für eine Analyse signifikanter Kernproteine, die Indikatoren für die Zellteilungsaktivität sind.

Der Schlüssel zu einer höheren diagnostischen Zuverlässigkeit liegt also in der Zusammenführung sich ergänzender Analysen. Eine bisher nicht erreichte Treffsicherheit kann erzielt werden, wenn die Analyseergebnisse jeder der eingesetzten Färbungen oder Markerbehandlungen darüber hinaus auf individuelle Zellen bezogen werden können, Bild 6, anstatt lediglich pauschal für ein Zellkollektiv oder gar für unterschiedliche Präparate erhoben zu werden. Das Forschungsprojekt Multimodale Zellanalyse (MMZA) konnte zeigen, dass dies durch Nutzung speziell entwickelter Bildverarbeitungsverfahren realisierbar ist. Dazu wird ein Präparat wiederholt entfärbt und erneut präpariert. Da die Zellen gut am Objektträger fixiert sind, können bereits in einer ersten Färbung analysierte Zellen

bei der Folgeanalyse in anderer Färbung durch das computergesteuerte Mikroskop, Bild 1, wieder angefahren werden. Ein komplexer automatisierter Rechenprozess bringt die umgefärbten Zellkerne, deren Durchmesser bei acht bis zehn Mikrometer liegt, bildpunktgenau zur Deckung. Es zeigte sich, dass beispielsweise bei Schilddrüsenzellpräparaten Tumorzellen durch zwei aufeinander folgende Analysen in verschiedenen Färbungen sicher entdeckt werden. Ein dritter Analyseschritt erlaubt erstmalig, diese Tumorzellen vor einem invasiven Eingriff in gutartige und bösartige Tumore zu differenzieren. Das ist ein unschätzbare Vorteil, denn im ersten Fall ist auf diese Weise eine operative Entfernung der Schilddrüse vermeidbar.

Dieses Verfahren erscheint zunächst aufwändig. Jedoch sorgt die schrittweise Einarbeitung des Unsicherheitsbereiches für die nötige Effizienz. Die Grenzwerte für den Abbruch der Analyse werden auf jeder Stufe so gesetzt, dass die

Sensitivität ausreichend hoch ist. Zwischen „sicher-krebsnegativ“ und „sicher-krebspositiv“ verbleibt eine Zone von Präparaten mit verdächtigen Zellen. Nur diese müssen weiteren Färbungen und Bildanalyse-schritten unterzogen werden, Bild 7. Der Aufwand für Folgeanalysen hält sich so in Grenzen, auch wenn im ersten Schritt die Sensitivität zu Lasten der Spezifität hoch getrieben werden muss, um das Restrisiko eines übersehenen Befundes zu minimieren. Im Verband ebnen diese Maßnahmen den Weg für eine verantwortbare und bezahlbare bildverarbeitungs-gestützte Krebsfrühdagnostik. Das Forschungsprojekt Multimodale Zellanalyse (MMZA) wird durch den Viktor-und-Mirka-Pollak-Fond für biomedizinische Technik gefördert.

Autoren:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Til Aach ist Inhaber des Lehrstuhls für Bildverarbeitung. Dipl.-Ing. André Bell ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Bildverarbeitung. Prof. Dr. med. Alfred Böcking ist Direktor des Instituts für Cytopathologie an der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf. Univ.-Prof. i.R. Dr.-Ing. Dietrich Meyer-Ebrecht war Leiter des Lehrstuhls für Bildverarbeitung. Dipl.-Inf. Timna Schneider und Dipl.-Inf. Thomas Würflinger sind Wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl für Bildverarbeitung.

<http://www.lfb.rwth-aachen.de/mmza>

10

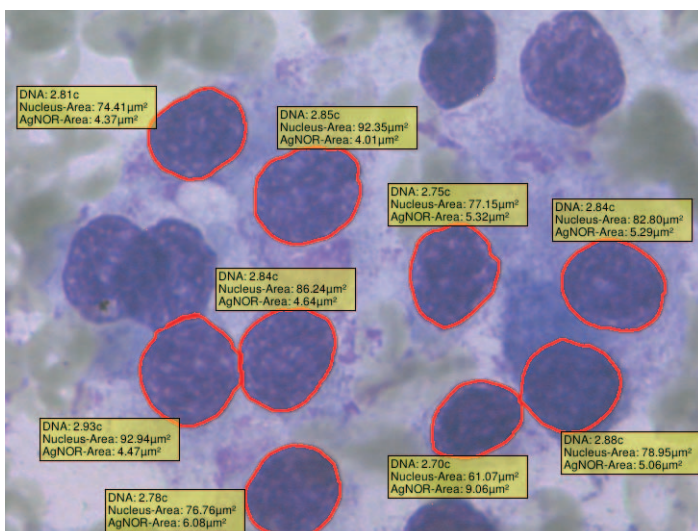


Bild 6:
Ergebnisse der DNS-Messung aus Bild 3 und der Kernprotein-Analyse aus Bild 5, zusammengefasst an identischen Zellen.

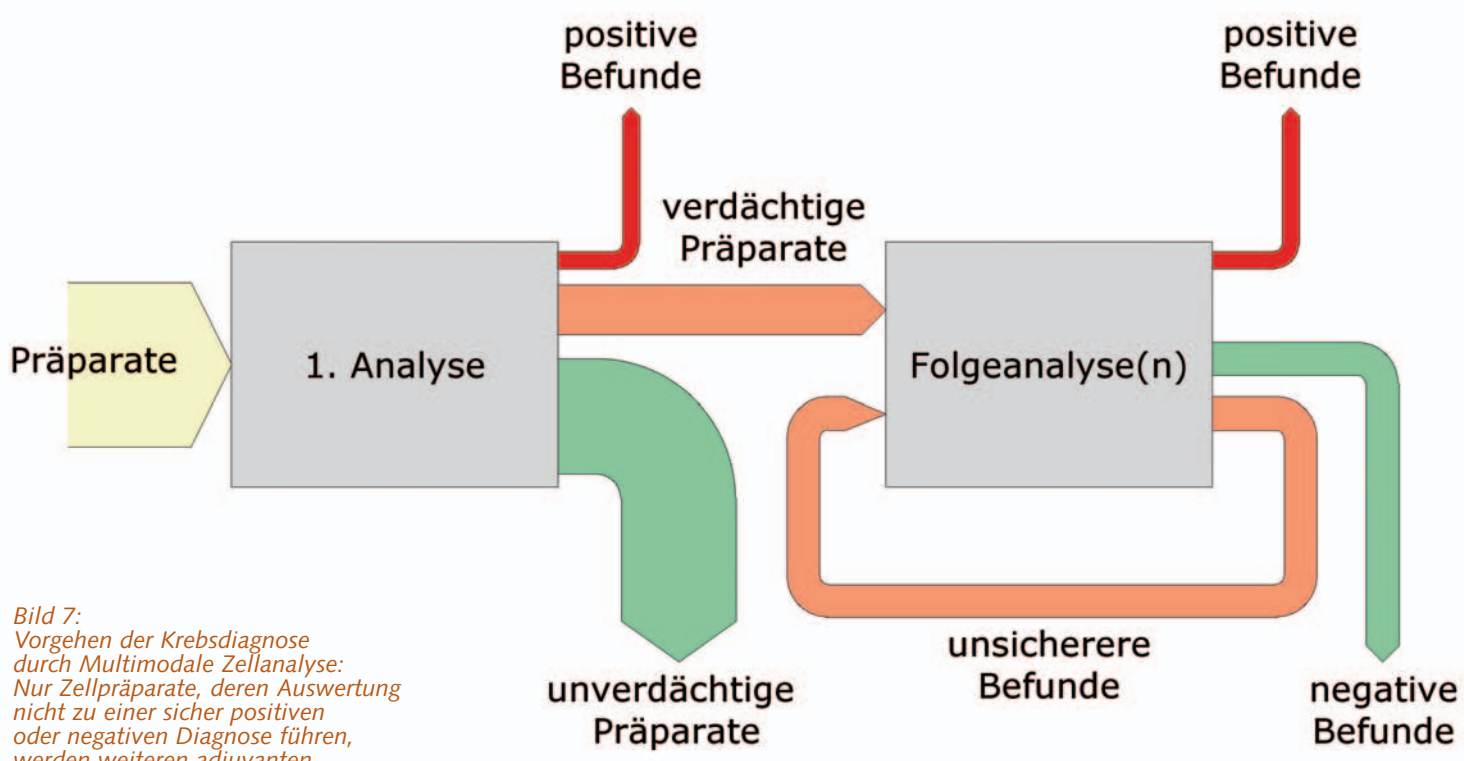


Bild 7:
Vorgehen der Krebsdiagnose durch Multimodale Zellanalyse:
Nur Zellpräparate, deren Auswertung nicht zu einer sicher positiven oder negativen Diagnose führen, werden weiteren adjunktiven Analyseschritten unterzogen.

Anzeige



DER EIGENE WEG

GRÜNENTHAL ist ein unabhängiges, forschendes und international tätiges Pharmaunternehmen. Die Zukunftssicherung durch innovative Forschung ist ein wesentlicher Bestandteil unserer Unternehmensphilosophie. Mit hohem Engagement konzentrieren wir uns auf unseren eigenen Weg: das Schmerz-Management in relevanten Indikationen.

GRÜNENTHAL GMBH
52099 Aachen, Deutschland

Sie sind
Mediziner, promovierte Naturwissenschaftler oder Diplom-Kaufleute (m/w)
und **Sie suchen** breite Aufgaben- und Verantwortungsbereiche in einem internationalen Umfeld und möchten dabei Ihre eigenen Ideen einbringen und verwirklichen können? Außerdem arbeiten Sie gerne in interdisziplinären Teams, sind begeisterungsfähig, Neuem gegenüber aufgeschlossen und wollen Dinge bewegen?

Dann sind Sie bei uns genau richtig!
Wir bieten Ihnen in unterschiedlichen Unternehmensbereichen die Chancen und Möglichkeiten, die Sie suchen.

Nähere Informationen erhalten Sie unter www.grunenthal.de

Kontakt: Andrea Lenzen, Unternehmensbereich Personal,
E-Mail: andrea.lenzen@grunenthal.com



Modellfabrik macht Automatisierungs

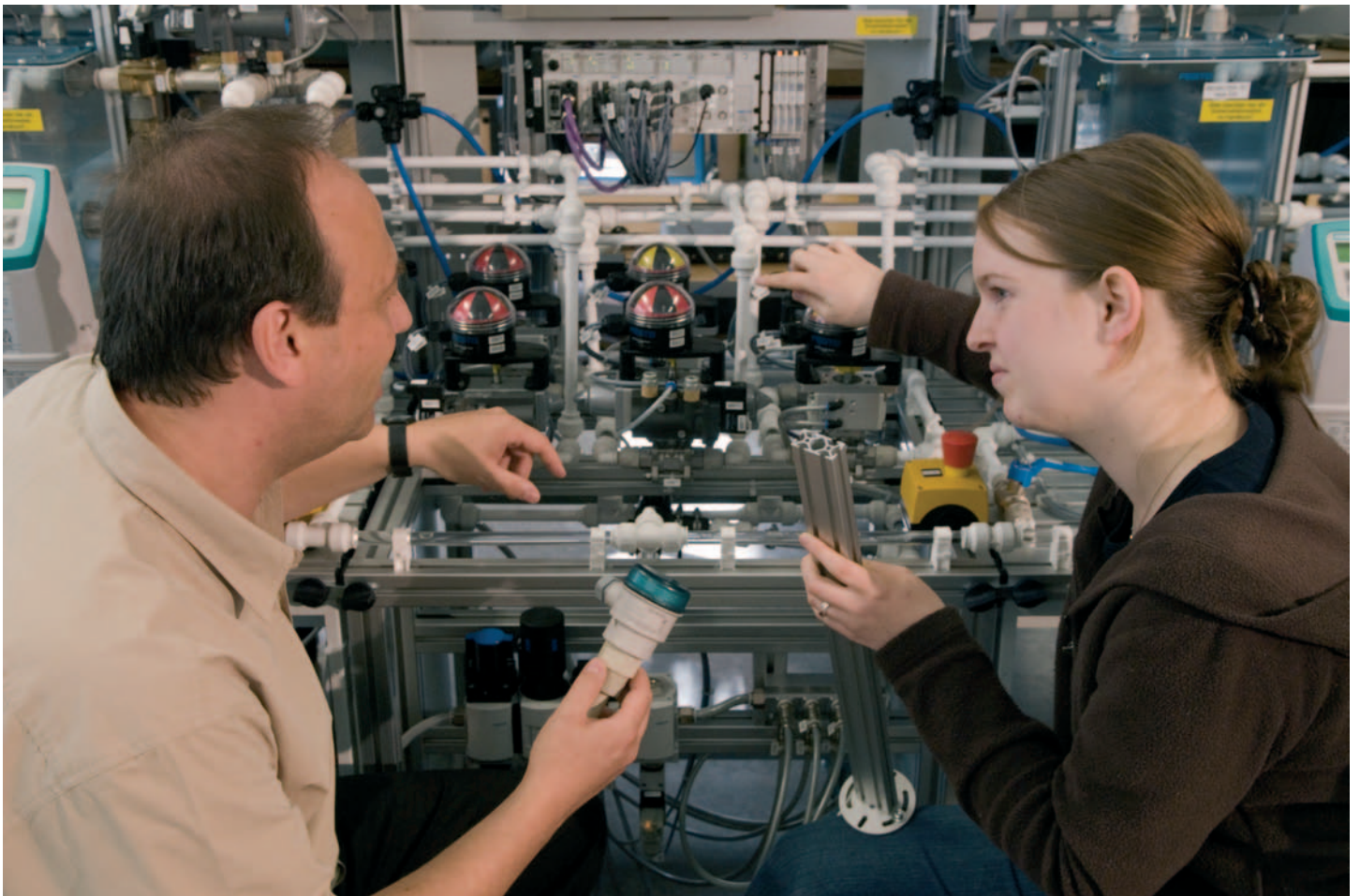
RWTHTHEMEN 2/2006

Die Automatisierungstechnik ist zu einem unverzichtbaren Bestandteil einer effizienten Führung von Prozessen aller Art geworden. Das Spektrum der Automatisierungstechnik beginnt beim schlichten Heizkörperthermostat, der die Funktion der Regelung gerätetechnisch umsetzt, geht über die vielfältigen Steu-

Produktion von Gütern in Hochlohnländern unmöglich. In vielen Technologiebereichen ist Europa von Fortschritten in anderen Teilen der Welt abhängig, da dort ein großer Teil der Wertschöpfung stattfindet. Die Automatisierungstechnik ist hingegen eine Disziplin, in der deutsche und europäische Unternehmen

weltweit eine führende Rolle einnehmen und beachtliche Betriebsergebnisse erzielen. Um diese Stellung zu erhalten und auszubauen, muss massiv in die wertvollste Ressource investiert werden, nämlich in die Köpfe der Menschen, die die Automatisierungstechnik anwenden und beständig fortentwickeln. Der

dungsrelevanter Informationen für den Anlagenfahrer und das effiziente Umsetzen seiner Vorgaben bis auf die Ebene des letzten Stellventils oder Antriebs. Man unterscheidet kontinuierliche und diskrete Prozesse. Ein Beispiel für einen diskreten Prozess ist das Handling leerer Flaschen in einer Getränkefabrik,



ergeräte, zum Beispiel im Automobilbereich, bis hin zum Prozessleitsystem, welches die Herstellung von High-Tech-Produkten der chemischen und pharmazeutischen Industrie aus einer Vielzahl unterschiedlicher Rohstoffe steuert.

Motivation der Modellfabrik
Ohne Automatisierung wäre die

Bild 1:
*Ausbildung im
kontinuierlichen Anlagenteil.*

Foto: Peter Winandy

Aufbau einer Modellfabrik im Institut für Regelungstechnik ist in diesem Umfeld als bedeutender Beitrag zur Stärkung von Lehre und Forschung in diesem wichtigen Technikfeld zu verstehen. Eine wesentliche Aufgabe der Automatisierungstechnik ist heute das Leiten hochgradig vernetzter Produktionsprozesse, also das Aufbereiten entschei-

die verschiedene Spül- und Inspektionsstationen durchlaufen und je nach Ergebnis mal hierhin, mal dorthin geleitet werden. Gerätetechnische Merkmale diskreter Prozesse sind zum Beispiel Transportbänder, schaltbare Weichen, Greifer und Handhabungsvorrichtungen. Das in diesem Bereich klassische Automatisierungsmittel ist die Spei-

technik erlebbar

Lehre und Forschung profitieren von praktischer Erprobung

cherprogrammierbare Steuerung, kurz SPS genannt. Im Gegensatz dazu sind kontinuierliche Prozesse etwa in der Verfahrenstechnik meist durch ein Gewirr von Rohrleitungen gekennzeichnet. Beispiele für Aufgaben der Automatisierungstechnik in diesem Bereich sind das Konstanthalten von Durch-

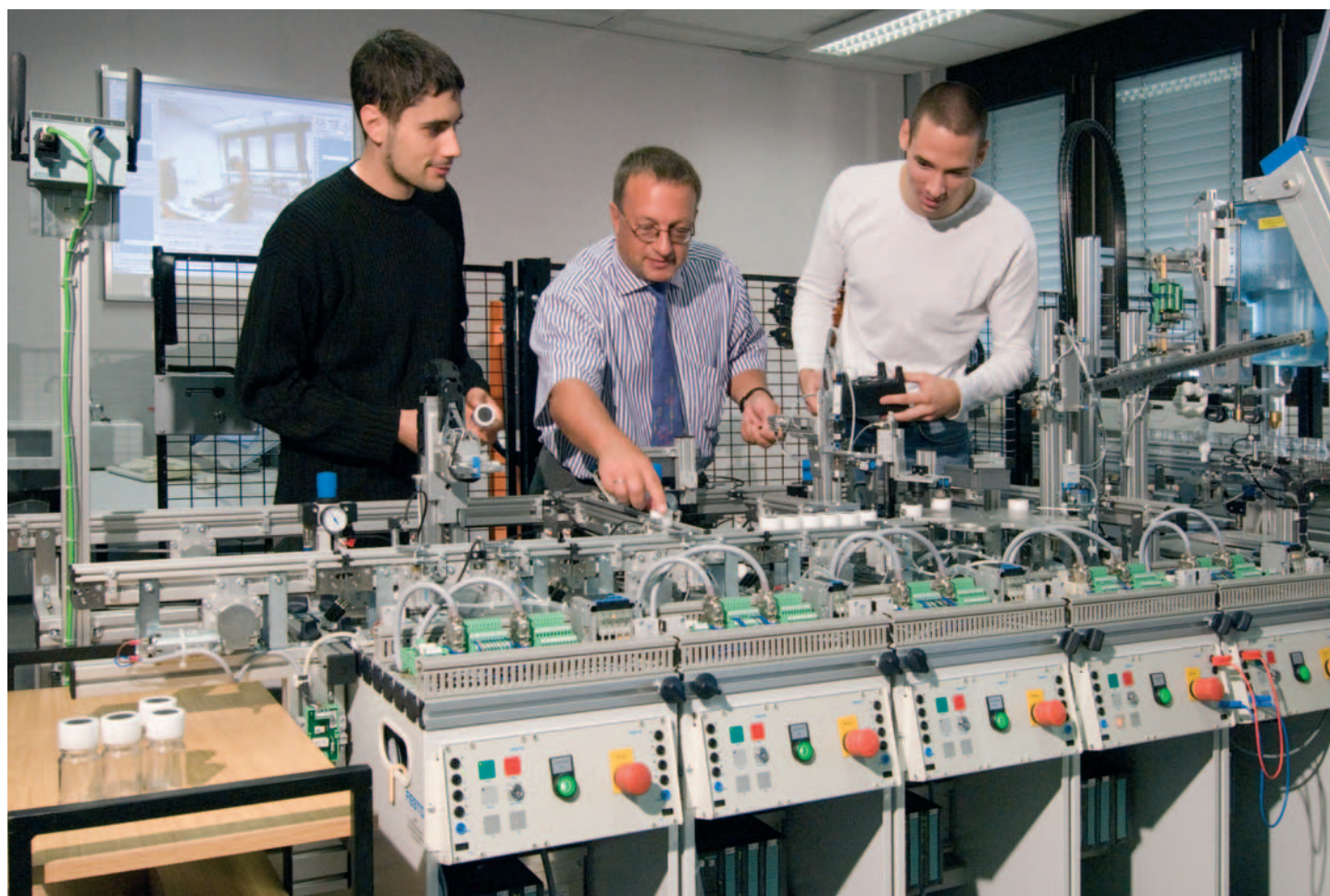
der Maus veranlasst werden.

Prozessstory und Anlagenkonzept

Ziel der auf rund 80 Quadratmeter Laborfläche aufgestellten Modellfabrik ist es, an einer realitätsnahen Modellanlage möglichst vollständig Konzepte und Komponenten der modernen

Automatisierungstechnik zu zeigen. In Gesprächen mit dem Lieferanten der zentralen Anlagenkomponenten, der Firma Festo didactic, wurde zunächst die „Prozessstory“ geschrieben, die das Drehbuch für die Prozess- und Automatisierungstechnik vorgibt: Eine Kombination mehrerer verfahrenstechnischer

sich täglich tausendfach in all den Unternehmen ab, die uns mit Gütern des täglichen Bedarfs versorgen. In der Modellfabrik ist das Produkt gewöhnliches Wasser, welches zur Veranschaulichung der Prozesse in Behälter befüllt, wieder abgelassen, unter Druck gesetzt, chemisch verändert, erwärmt, ab-



flüssen, Füllständen, Drücken und Temperaturen. Daneben sind Informationen aus einer Vielzahl von Prozessteilen zu verdichten und dem Anlagenfahrer übersichtlich zu präsentieren. Die Schnittstelle ist die Leitwarte, in der animierte Fließbilder per Beamer auf Großleinwänden dargestellt werden und Stelleingriffe in den Prozess mit

Bild 2:
*Professor Dirk Abel
diskutiert mit Mitarbeitern.*

Foto: Peter Winandy

Anlagen produziert flüssige Produkte, zum Beispiel Fruchtsäfte, aus unterschiedlichen Zutaten in unterschiedlichen Herstellungsstufen. Diese werden in Gläser abgefüllt, verdeckelt, zu Gebinden zusammengestellt und nach Zwischenlagerung zum Versand fertig gemacht. Die Deckel werden mit einem Produktcode versehen. Ähnliche Stories spielen

gekühlt und gemischt wird.

Der kontinuierliche verfahrenstechnische Teil der Modellanlage wird aus Modulen realisiert, welche die für den jeweiligen Prozessschritt notwendigen Apparate und Anschlussgeräte an das Prozessleitsystem, so genannte Remote-I/O-Komponenten, enthalten. Als Automatisierungsplattform wurde das

Prozessleitsystem PCS 7 der Firma Siemens ausgewählt. Es bietet eine maximale Durchgängigkeit bei der Integration des diskreten und des kontinuierlichen Anlagenteils. Die Kommunikation aller Remote-I/O-Stationen mit dem PCS 7 Automations-Server erfolgt über das bewährte Profibus DP-Netzwerk, dessen Architektur und Bedienung in diesem Umfeld ebenfalls gelehrt werden kann. Gegenstand des diskreten Prozesses ist die Herstellung der Deckel für die Gläser, in die das Produkt abgefüllt wird. Kunststoffdeckelrohlinge werden zu diesem Zweck unsortiert und in verschiedenen Orientierungen herangeführt, inspiziert und in eine einheitliche Orientierung gebracht. Der wesentliche Prozessschritt ist das Anbringen eines RFID-Mikrochips, in welchen eine individuelle Kennung eingeschrieben wird, die das Produkt eindeutig identifiziert und Auskunft zum Beispiel über die Rezeptur, Herstellungsdatum und Qualitätskontrolle abgeben kann. Das Automatisierungskonzept für den diskreten Anlagenteil ist eine verteilte Struktur mehrerer SPS der S7-Serie von Siemens. Jede Einheit ist dadurch prinzipiell als SPS-Lernstation unabhängig von den anderen verwendbar. Der notwendige Informationsfluss zwischen den Stationen und die Kommunikation mit dem kontinuierlichen Teil ist mit ProfiNet realisiert, einem auf Ethernet basierenden Kommunikationssystem für die Automatisierungstechnik, welches neben Kostenvorteilen vor allem einen Quantensprung in der Durchgängigkeit bringen wird. Als eine der ersten universitären Einrichtungen wird das Institut für Regelungstechnik in dieser Zukunftstechnologie ausbilden können. Die Verbindung zwischen dem kontinuierlichen und dem diskreten Teil der Modellfabrik bildet die Abfüll- und Palettierstation. Zufgeführte leere Gläser werden mit dem flüssigen Produkt gefüllt und mit den produzierten Deckeln verschlossen. In einer unmittelbar nachgelagerten Station werden jeweils sechs Gläser in eine Gebindehalterung gestellt und in dieser Form

durch ein Palettenumlaufsystem entweder in ein Hochregallager transportiert oder unmittelbar einer Roboterstation übergeben, die eine weitere Hauptkomponente der Modellfabrik darstellt. Wie in realen Produktionsanlagen kommt dem hier eingesetzten Industrieroboter KUKA KR16 die Aufgabe zu, die fertigen Produktgebäude auf einer Palette zu stapeln und damit versandfertig zu machen. Außerdem wird der Roboter das Handling des Leerguts einschließlich des Ausleerens der Gläser übernehmen, so dass die Anlage im geschlossenen Kreislauf betrieben werden kann. Damit endet die Prozessstory, aber bei weitem nicht die Möglichkeiten, die der Industrieroboter im Rahmen der Modellfabrik und seiner eigenen Schulungszelle bietet.

Lehre und Forschung

Automatisierungstechnische Inhalte sind seit langem Gegenstand verschiedener Lehrveranstaltungen des Instituts für Regelungstechnik. Wegen veralteter und inhomogener Gerätetechnik war es bislang schwierig und in der Wirkung suboptimal, praktische Übungen mit echter Automatisierungstechnik zu gestalten. Diese Situation hat sich mit der Einführung der Modellfabrik grundlegend geändert. Schritt für Schritt werden Lehrveranstaltungen so umgestaltet, dass die Modellfabrik mit maximalen Nutzen integriert werden kann. Um insbesondere Programmierung und Bedienung mit Studierendengruppen erarbeiten zu können, wurde eine Lerninsel integriert, die PC-Arbeitsplätze und Projektionsmöglichkeiten bietet. Eine zentrale Rolle nimmt die Modellfabrik innerhalb des demnächst startenden fakultätsübergreifenden Masterstudiengangs Automatisierungstechnik ein, der auf den Bachelor-Abschlüssen von vier Fakultäten aufsetzt und diese zusammenführt. Zusammen mit anderen Experimentier- und Forschungseinrichtungen in anderen Instituten wird hier eine optimale Umgebung für praxisorientiertes Lernen bereitgestellt.

Viele Forschungsprojekte im Institut für Regelungstechnik nutzen die Möglichkeiten des bestehenden regelungstechnischen Labors, um Ergebnisse der theoretischen Arbeit praktisch zu erproben. Die vielen neuen Einzelprozesse sowohl im kontinuierlichen als auch im diskreten Bereich erleichtern den Zugang zur praktischen Erprobung erheblich. Andere Projekte, die sich spezifisch mit Prozessleitsystemen beziehungsweise mit der Steuerung diskreter Prozesse befassen, finden ebenfalls in der Modellfabrik ein ideales Umfeld. Im Sommer 2006 wurde das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft bewilligte Graduiertenkolleg „Algorithmische Synthese reaktiver und diskret kontinuierlicher Systeme“ an der RWTH Aachen neu eingerichtet. In einer interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Informatikern und Ingenieuren werden wissenschaftliche Grundlagen des Entwurfs von Steuerungen erarbeitet. Auch für diese Arbeiten wird die Modellfabrik ein wertvolles Erprobungsfeld abgeben.

Die Einrichtung der Modellfabrik wurde durch eine gemeinsame Kraftanstrengung der öffentlichen Hand und privater Förderer ermöglicht. Eine hohe Zuwendung von Bund, Land und Hochschule im Rahmen des Hochschulbauförderungsgesetzes wurde ergänzt um Sachspenden und massives Entgegenkommen der an der Modellanlage beteiligten Unternehmen Festo didactic, Kuka, und Siemens. Im Namen all derer, die aufgrund dieser Investition die Lehre und Forschung der Automatisierungstechnik in einem exzellent ausgestatteten Umfeld vorfinden und nutzen, bedanken sich die Autoren sehr herzlich bei den Unterstützern.

Autoren:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Abel ist Direktor des Instituts und Inhaber des Lehrstuhls für Regelungstechnik. Dr.-Ing. Alexander Bolling war bis Juni 2006 Oberingenieur am Institut für Regelungstechnik. Dr.-Ing. Manfred Enning ist Oberingenieur am Institut für Regelungstechnik.

www.irt.rwth-aachen.de

Minimalinvasiver Eingriff statt großer Herzoperation



Statt schwerer Herzklappen-Operation lediglich ein kathetergestützter Eingriff: Was bisher für Menschen mit einer Mitralklappenerkrankung völlig undenkbar klingt, könnte dank Aachener Wissenschaftlern in einigen Jahren Therapieoption Nummer eins sein. Herz-Thorax-Chirurgen am Universitätsklinikum Aachen entwickeln in Zusammenarbeit mit dem Institut für Textiltechnik (ITA) und dem Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik eine neuartige Verbundprothese, welche eine Herzklappe enthält. Das Faszinierende daran: Die Herzklappe baut sich nach ihrem Transport durch einen Katheter am Bestimmungsort im Herzen selbst auf. Dort übernimmt sie sofort ihre Aufgabe, nämlich das Blut vom Vorhof in die linke Herzkammer, aber nicht zurück, fließen zu lassen.

Der Mensch hat vier Herzklappen, die für einen zielgerichteten Blutfluss im Herzen verantwortlich sind. Hiervon sind am häufigsten die Aorten- und die Mitralklappe erkrankt. Bei den Therapieoptionen herrscht – wie in der gesamten Chirurgie – im letzten Jahrzehnt der Trend hin zu weniger invasiven, das heißt weniger traumatisierenden Operationsverfahren vor. Auch in der invasiven Kardiologie kam es zu rasanten Entwicklungen der Behandlungsmethoden. Während aber der Aortenklappenersatz mit Hilfe invasiver kardiologischer Verfahren bereits etabliert ist, erweist sich dieses „Reparatur-Verfahren“ bei der Mitralklappe aufgrund des schwächer ausgeprägten Halteapparates am Herzen als schwierig.

Rund 4.000 Mitralklappen-Operationen am offenen Herzen werden derzeit jährlich im Bundesgebiet durchgeführt. Ein großer Eingriff, der für fünf bis sieben Prozent der Patienten mit schwerwiegenden Komplikationen verbunden ist. Der Plan der Aachener Herz-Thorax-Chirurgen sieht dagegen lediglich einen minimalinvasiven Eingriff vor. Dabei soll nicht nur eine zusätzliche Herzklappe, sondern vielmehr eine Prothese

des gesamten linken Vorhofs implantiert werden. „Wir planen an der Leiste zu punktieren und von dort aus einen etwa ein Zentimeter dicken Katheter zum Herzen hinaufzulegen“, erläutert Dr. med. Andreas Goetzenich. Durch diesen Schlauch wird die Prothese geführt, die unter anderem aus einem so genannten Formgedächtnismetall besteht. Nitinol baut sich in entsprechender Wärmeumgebung wieder in die vorher „gespeicherte“ Form auf. Im Herzen angekommen, soll das zwischen vier und sechs Zentimeter Durchmesser große Nitinolgerüst für die Stabilität der gesamten Vorhofprothese und vor allem für einen sicheren Sitz der integrierten Ersatz-Mitralklappe auf dem patienteneigenen, geschädigten Klappenapparat sorgen.

Nitinol – eine Legierung aus Nickel und Titan – wurde 1962 in den Naval Ordnance Laboratories in White Oak, Maryland, entwickelt. Wie auch andere Gedächtnismetalle und -legierungen kann es unter Hitzeeinwirkung in eine vorher festgelegte, harte Form gebracht werden. Nach dem Abkühlen lässt es sich dann wieder leicht umformen, kehrt aber bei erneutem Erhitzen in die eingeprägte Form zurück. Weitere Formgedächtnislegierungen sind beispielsweise Kupfer-Zink-Aluminium, Gold-Cadmium und neuerdings auch Legierungen auf Eisenbasis wie Eisen-Mangan-Silizium.

Mitralklappenerkrankungen treten meist altersbedingt auf. Hierbei ist die Undichtigkeit der häufigste Klappenfehler. In Folge entsteht ein Pendelfluss zwischen Vorhof und Herzkammer, wobei das Blut immer wieder in den Vorhof zurückfließt. Aber auch bei jüngeren Menschen kann es zu einer Beeinträchtigung der Mitralklappenfunktion kommen, etwa im Verlauf eines akuten Herzinfarkts. Die Vorteile der katheterbasierten Methode liegen auf der Hand: Große Operationen am offenen Herzen entfallen. Neben dem minimierten Operationsrisiko bietet das kathetergestützte Verfahren zudem in Notfällen eine schnell-

lere Erstversorgungsmöglichkeit, da minimal-invasive kardiologische Behandlungsmethoden in vielen Krankenhäusern etabliert sind.

Bis die neuartigen Mitralklappenprothesen klinischen Einsatz finden, wird allerdings noch einige Zeit vergehen. Problematisch erweist sich momentan noch die Halterung, da sich die Herzumgebung durch die regelmäßigen Kontraktionen stetig verändert. Im Rahmen einer Studie, die von der Holste-Stiftung mit 20.000 Euro unterstützt wird, sollen nun die Prototypen weiterentwickelt und sowohl in vitro als auch in vivo getestet werden. Zunächst ist geplant, weitere Prototypen der Prothese im Institut für Textiltechnik zu entwickeln, in die biologische Herzklappen integriert werden. Diese sollen danach im Rahmen einer Ver-

suchsreihe im Herz-Kreislaufsimulator des Helmholtz-Instituts getestet werden. Dabei wird die Prothese in den simulierten Vorhof gebracht. Im Anschluss können zunächst visuell Sitz und Halt der Prothese unter regulären Druckverhältnissen beobachtet werden. Zudem sind verschiedene Druckmessungen möglich, mit deren Hilfe die Klappenfunktion beurteilt werden kann. Außerdem werden die Wissenschaftler ihr Augenmerk auf den Prothesensitz im Bereich der Lungenvenen-Einmündungen und auf den Halt der Mitralklappe legen. Um das Verhalten der Prothese im lebendigen Organismus zu analysieren, planen die Wissenschaftler zu einem späteren Zeitpunkt, die optimierten Prothesen im Tierversuch am Schwein zu untersuchen.

Eurogress Aachen
Begegnung ohne Grenzen

Der Veranstaltungsort der Region.

Ob Kongress, Tagung, Konzert, Ballettaufführung, Ball oder Ausstellung: hier finden Sie stets den richtigen Rahmen.

Top-Technik, variables Raumangebot, Spitzen-gastronomie, Kongress-Service etc. sind hier selbstverständlich!

Das gewisse "Mehr" bei uns: Individueller Service.

Wir informieren Sie!

Eurogress Aachen
Monheimsallee 48
52062 Aachen
Telefon 0241/9131-230
Telefax 0241/9131-200
info@Eurogress-Aachen.de

Spezialisten statt Alleskönner

Energiesparende Prozessoren für Handy, Kamera & Co

In Zeiten steigender Öl- und Gaspreise hat das Thema Energiesparen Konjunktur. Ebenso wie in Haushalt, Straßenverkehr und Fabriken gibt es auch erhebliche Einsparpotenziale im „mikroskopischen Maßstab“: Viele elektronische Annehmlichkeiten des Alltags wie Handys, PDAs und Gameboys sind portabel und daher auf eine Stromversorgung aus Batterien angewiesen. Auch wenn der Betrieb solcher Geräte nicht sehr stark zum Gesamtenergiekonsum beiträgt, ist effiziente Energienutzung auch hier ein äußerst wichtiges Thema. Die begrenzte Lebensdauer von Batterien und Akkus bei ständig steigenden Anforderungen an die Rechenleistung ist heute eine der größten Herausforderungen beim Entwurf mikroelektronischer Systeme – man denke zum Beispiel an die verzögerte Einführung der UMTS-Endgeräte. Am Lehrstuhl für Integrierte Systeme der Signalverarbeitung, kurz ISS, und dem Lehr- und Forschungsgebiet Software für Systeme auf Silizium, kurz SSS, werden Schaltungsarchitekturen und Entwurfswerkzeuge entwickelt, um auch zukünftige Anwendungsfelder mobiler Geräte mit beschränktem Energiebedarf beherrschen zu können.

Hierzu ist ein radikales Umdenken im Chipentwurf erforderlich. Früher richteten sich die Anstrengungen der großen Prozessorschmieden vorwiegend darauf, „Alleskönner“ wie Pentium-Prozessoren zu immer höheren Gigahertz-Taktraten zu treiben. Hierdurch steigt aber die elektrische Leistungsaufnahme auf Dauer zu stark an. Besser als einem „großen“ Prozessor die gesamte Arbeit zu übertragen ist es, mehrere kleinere Prozessoreinheiten parallel arbeiten zu lassen. Ein Weg, den Intel mit den so genannten Multicore-Architekturen bereits heute konsequent beschreitet. Diese verbrauchen in der Summe weniger Energie für die gleiche Aufgabe. Daneben gibt es weniger Probleme mit der Wärmeentwicklung im Chip,

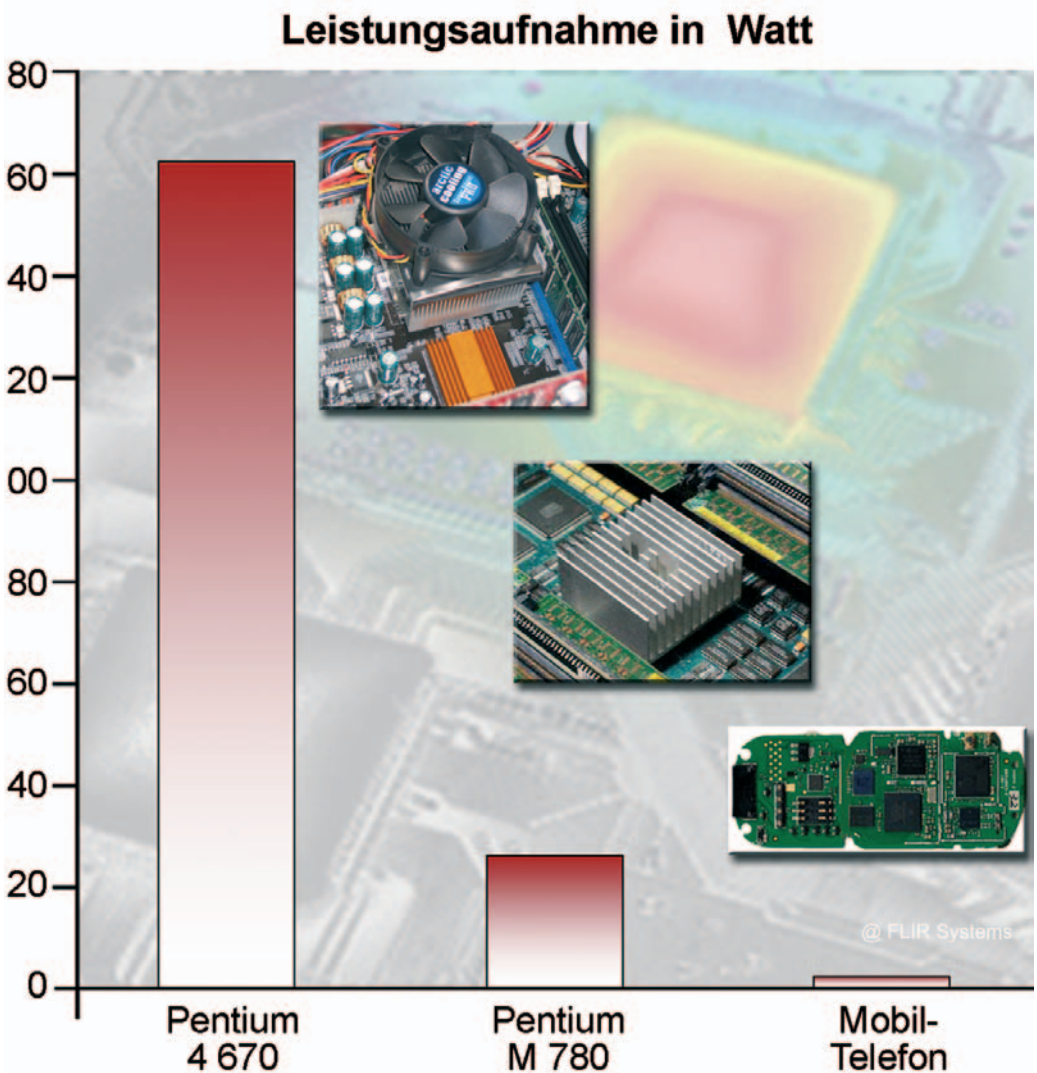


Bild 1: Ein Pentium 4 hat die acht-fache Leistungsaufnahme eines Pentium M für Notebooks und die mehr als 160fache Leistungsaufnahme im Vergleich zum Mobiltelefon. Entsprechend aufwändig ist die Kühlung.

was eine aufwändige Kühlung überflüssig macht, siehe Bild 1.

Ein zweiter Ansatz zur Energieeinsparung besteht darin, die genaue Kenntnis über die Anwendung beim Prozessor-entwurf auszunutzen. „Alles-köner“-Prozessoren, wie sie im PC Verwendung finden, sind für viele feste Anwendungen ineffizient und oft sogar überdimensioniert. Digicams und MP3-Player benötigen „Spezialisten“ – Prozessoren, die möglichst nicht mehr aber auch nicht weniger können als von der konkreten Anwendung gefordert. Nur so lassen sich stundenlange Betriebszeiten gewährleisten bevor wieder zum Ladegerät gegriffen werden muss.

Die Forschungsprojekte am ISS und SSS greifen beide Ansätze auf. Zum Entwurf von Spezialprozessoren wurde das LISATek-System entwickelt, welches ein Industriepartner weiterentwickelt und vertreibt und das heute bereits bei zahlreichen Chipherstellern im Einsatz ist. Mittels der LISATek-Software kann ein Prozessorarchitekt bereits lange vor der Fertigung bestimmen, wie gut ein Prozessor für eine gegebene Anwendung geeignet sein wird. Die wichtigsten Parameter wie Rechenleistung, Kosten und Energieverbrauch lassen sich per Simulation genau abschätzen, siehe Bild 2. In der Regel nimmt der Prozessorarchitekt dann anwendungsspezifische Optimie-



*Bild 2:
Messungen am
Prototypen eines
Spezialprozessors
für die Bildver-
arbeitung, beispiels-
weise für zukünftige
Digitalkameras.*

Foto: Peter Winandy

rungen vor. Zum Beispiel kann der Einbau spezieller Recheneinheiten die Effizienz weiter steigern, während einige vorhandene Prozessorkomponenten sich für die gegebene Anwendung womöglich als überflüssig erweisen. Schließlich wird eine genaue Spezifikation der optimierten Prozessorarchitektur erzeugt und zur Fertigung weitergegeben.

Für rechenintensive Anwendungen wie die digitale Signalverarbeitung in Handys wurden bereits vor der Entwicklung von LISATek Spezialprozessoren gebaut, was jedoch mit einem erheblichen Personaleinsatz verbunden war. LISATek automatisiert viele Teilaufgaben des Prozessorentwurfs: Zur Programmierung notwendige Software-Werkzeuge wie C-Compiler, Simulatoren und Assembler werden aus einem Prozessormodell in der Beschreibungssprache LISA automatisch generiert. Somit können auch kleinere Ingenieurteams in vertretbarer Zeit einen energiesparenden Prozessor entwerfen.

Aktuelle Projekte am ISS und SSS beschäftigen sich mit einer noch weiter gehenden Automatisierung des Entwurfs. Im Idealfall würde ein entsprechendes Werkzeug eine Beschreibung der Anwendung einlesen und eine optimale Prozessorarchitektur ausgeben. Dies ist jedoch theoretisch unmöglich und würde in der Praxis auch kaum akzeptiert, denn der Anwender erwartet einen transparenten Entwurfsprozess. Mühselige Teilaufgaben, wie beispielsweise die genaue Analyse der Anwendung und die dafür notwendige Bestimmung des besten Satzes von Spezialbefehlen aus Millionen von Möglichkeiten, lassen sich jedoch durchaus automatisieren. Der Prozessoringenieur kann so seine Kreativität auf die wesentlichen Entwurfsaufgaben konzentrieren.

Die nächste Generation von Spezialprozessoren steht bereits in den Startlöchern. Rekonfigurierbare Prozessorarchitekturen lassen sich teilweise sogar erst nach der Fertigung für modifi-

zierte oder neue Anwendungen optimieren. Dies ermöglicht eine erheblich höhere Flexibilität. Nimmt ein Handybenutzer erst an einer Videokonferenz teil und möchte anschließend mobil fernsehen oder spielen, so kann der jeweils optimale Befehlssatz in den Prozessor geladen werden. Man benötigt keine gesonderte Hardware für jede einzelne Anwendung und spart Energie. Auch für solche „Spezialisten“ werden natürlich besondere Entwurfswerkzeuge benötigt.

Wenn aber verschiedene Funktionen gleichzeitig bearbeitet werden müssen, kann man nicht umhin, mehrere Prozessoren zur Verfügung zu stellen. Wegen des gleichzeitig höheren Rechenaufwands neuer Funktionen wie der erwähnten Videokonferenz werden zukünftige Chips für diese Geräte eine große Zahl von Prozessoren enthalten. Für besonders rechenintensive Aufgaben wie die Verarbeitung der Funksignale oder die Multimedia-Funktionen verwendet man aus den angesprochenen Gründen Spezialprozessoren. Für andere An-

forderungen benötigt man aber auch flexiblere „Alleskönner“. Die Chips werden daher beide Arten von Prozessoren enthalten. Man spricht dann von „Heterogenen Multiprozessor-Systemen auf einem Chip“.

Dieser Weg bringt mehrere Probleme mit sich. Ein wesentliches ist die optimale Verbindung der Prozessoren. Einerseits müssen sie Daten untereinander austauschen. Ein Foto wird zum Beispiel zuerst in einem Spezialprozessor für die Bildbearbeitung aufbereitet und dann über den Funkanschluss verschickt. Andererseits wird gewünscht, die Prozessoren optimal auszunutzen. Eine Aufgabe sollte deshalb nicht unbedingt immer einem festen Prozessor zugewiesen werden, sondern einem gerade freien und geeigneten. Bei einer Vielzahl von Prozessoren gibt es auch eine Vielzahl von Verbindungsmöglichkeiten. Wie bei den entsprechenden Architekturen muss auch hier mehr Flexibilität mit größeren Chips und höherem Energiebedarf bezahlt werden. Bei jeweils direkten Verbindungen zwischen den

Bild 3:
„Feldtests“ sind ein wichtiger Bestandteil der Forschung. Mitarbeiter des Instituts für Integrierte Systeme der Signalverarbeitung mit einer Entwicklungsplattform zum Test zukünftiger Mobilfunksysteme.

Foto: Peter Winandy



Prozessoren wächst die Zahl annähernd quadratisch: bei fünf Prozessoren sind dies zehn und bei zehn Prozessoren schon 45 Verbindungen! Das andere Extrem wäre, alle Prozessoren an einen einzigen „Bus“ anzuschließen. Ein Bus funktioniert wie eine Telefonkonferenz: Es darf immer nur einer sprechen, alle anderen müssen zuhören – im Gegensatz zum Menschen halten Chips sich immer streng an diese Regel. Dadurch wird aber der Datenaustausch zum Engpass. Statt zu arbeiten, müssten die Prozessoren ständig auf Daten warten – und Zeit und Energie verschwenden. Die Suche nach optimalen Verbindungsstrukturen, die unter dem Stichwort „Netzwerke auf einem Chip“ laufen, ist ein hochaktuelles Thema. Beispielsweise verbindet eine kürzlich von ST-Microelectronics entwickelte Topologie, das Spidergon, Regularität und Effizienz, siehe Bild 3.

Die Integration auf einem Chip ist mit sehr hohen Kosten und langen Entwicklungszeiten verbunden. Deshalb sollte man die optimale Prozessorkonfiguration und das geeignete Netzwerk vorher durch umfangreiche Untersuchungen bestimmen. Auch die Software, die auf den Prozessoren abläuft, muss dabei einbezogen werden. Man benötigt ein leicht konfigurierbares Simulationsmodell des späteren Chips, so dass verschiedene Architekturen schnell und effizient miteinander verglichen werden können. Das Modell muss sowohl die Funktion der Prozessoren als auch die der Verbindungsnetzwerke möglichst genau nachbilden. Je detaillierter diese Darstellung ausfällt, desto langsamer läuft sie aber auf einem Rechner. Daher benötigt man eine Folge von Modellen mit steigendem Detailgrad. Eine Änderung muss dann aber auf die ganze Folge von Modellen fehlerfrei übertragen werden – eine schwierige Aufgabe, besonders unter dem während der Produktentwicklung üblichen hohen Zeitdruck. Effizien-

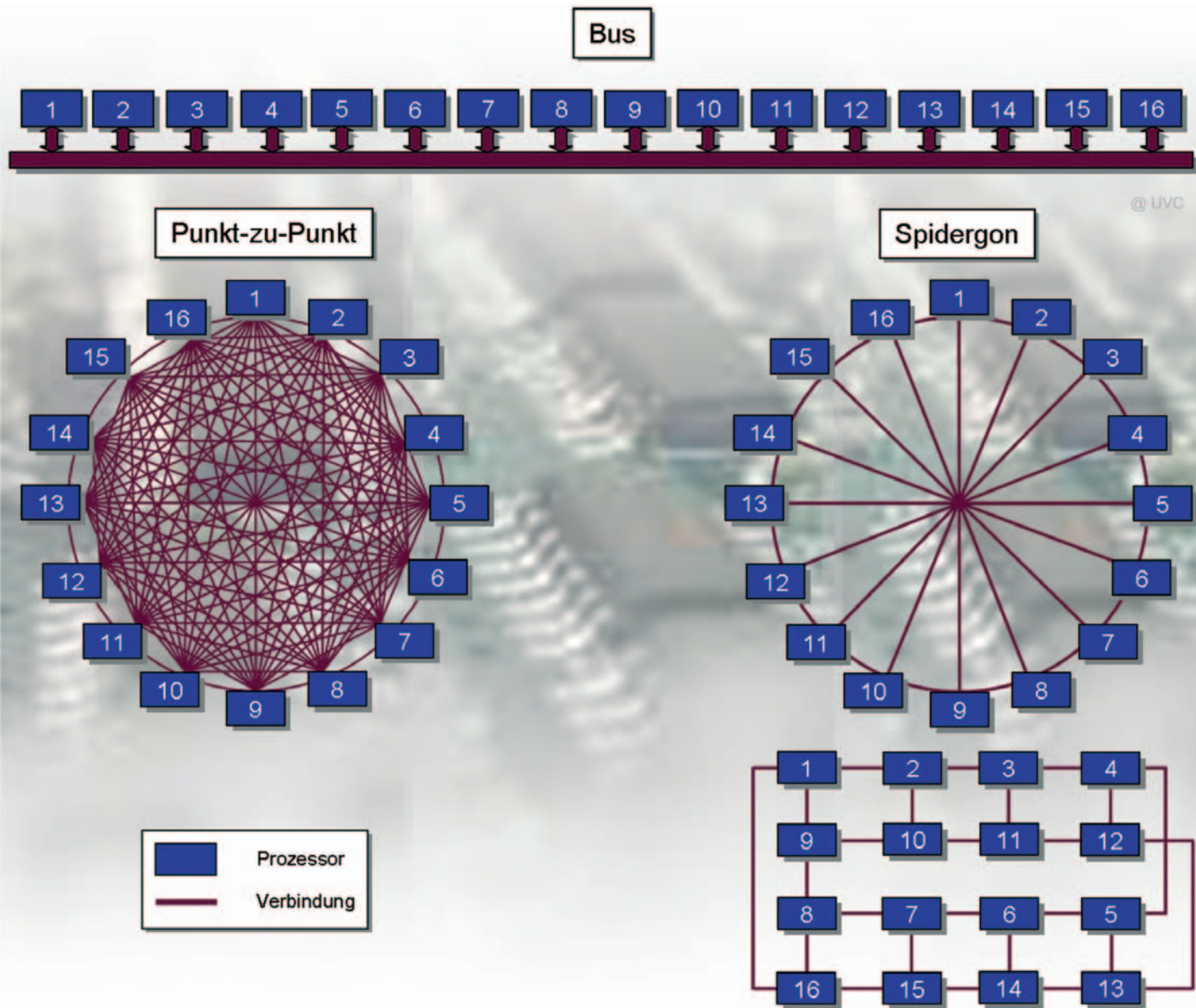


Bild 4:
Beispiele für Verbindungsmöglichkeiten von Prozessoren.

te Entwurfswerkzeuge für solche Multiprozessor-Systeme auf einem Chip und den zugehörigen Netzwerken zu entwickeln, sind ein weiteres Forschungsgebiet von ISS und SSS. Besondere Schwerpunkte der Arbeit sind dabei die Möglichkeit, effizient verschiedene Alternativen untersuchen zu können, sowie die automatische Erzeugung von Modellen mit unterschiedlichem Detailgrad möglichst aus einer Datenbasis. Ein erster Prototyp eines Entwurfssystems wurde bereits von einem Industriepartner übernommen und

zu einem kommerziellen Produkt weiterentwickelt. Modernste Prozessoren enthalten mehr als 100 Millionen Komponenten oder Transistoren. Energiesparen im „kleinen Maßstab“, der Welt der Chips, ist also ein sehr komplexes Problem. Gleichzeitig ist für den Entwurf ein zunehmend breites und interdisziplinäres Basiswissen, das die Hardware, Soft-

ware und die Netzwerke einschließt, erforderlich. Nur so können immer neue Generationen von mobilen Geräten entstehen, die unser Leben angenehmer und sicherer machen. Die Resultate der hier erwähnten Forschungsarbeiten sparen zwar nur relativ wenige Kilowattstunden Energie ein, doch es macht eben einen großen Unterschied, ob diese direkt aus der Steckdose oder aus Batterien bezogen werden. Ein Umstand, den man bedenken sollte – vielleicht beim nächsten Aufladen des Handys.

Autoren:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Ascheid ist Inhaber des Lehrstuhls für Integrierte Systeme der Signalverarbeitung. Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Rainer Leupers betreut das Lehr- und Forschungsgebiet Software für Systeme auf Silizium.

www.iss.rwth-aachen.de

Überall optimal mobil telefonieren

Höchste Kapazität für moderne Mobilfunknetze

RWTHTHEMEN 2/2006

Mobiles Telefonieren ist zu einem selbstverständlichen Teil unseres Alltags geworden. Darüber hinaus unterstützen die Netze der so genannten zweiten Generation nach dem GSM-Standard, kurz für Global System for Mobile Communications, Text- und Bildnachrichten sowie reine Datenübertragung. GSM wurde in Deutschland 1992 eingeführt. Ende 2005 gab es hier mehr als 76 Millionen Teilnehmer und Anfang 2006 nutzten weltweit bereits circa 1,7 Milliarden Menschen das GSM-Netz. Derzeit werden Mobilkommunikationsnetze der dritten Generation nach dem neuen UMTS-Standard, kurz für Universal Mobile Telecommunications System, rapide ausgebaut. Durch die flexiblere Übertragungstechnik lassen sich höhere Datenraten übermitteln. Damit können neben der Telefonie auch multimediale Dienste, insbesondere der Zugang zum Internet mit seinen vielfältigen Angeboten, realisiert werden. Rechnet man alle derzeit existierenden Standards zusammen, so sind weltweit circa zwei Milliarden Teilnehmer bei

Mobilfunkanbietern registriert. Die Kapazität der für die Mobilkommunikation zur Verfügung stehenden Frequenzbänder ist begrenzt. Um trotz der großen Teilnehmerzahlen hohe Datenraten, gute Übertragungsqualität und gleichzeitiges Telefonieren vieler Nutzer zu ermöglichen, müssen die Mobilfunknetze sorgfältig geplant und ausgebaut werden, insbesondere in Städten mit ihren komplexen Gebäudestrukturen und den vielen, auf engem Raum eingehenden Verbindungsanforderungen. Dies gilt sowohl für die gut ausgebauten GSM-als auch für die im rasanten Aufbau begriffenen UMTS-Netze. Bei beiden Systemen wird durch eine Vielzahl von Basisstationen sichergestellt, dass Mobiltelefone im gesamten Gebiet des Betreibers eine Funkverbindung herstellen können. Das Verbindungsgebiet jeder Basisstation heißt Zelle, daher kommt auch der Name „Zellnetze“.

Die Mobilkommunikation der zweiten und dritten Generation basiert auf grundsätzlich verschiedenen Übertragungs-

techniken. Bei GSM werden gleichzeitige Telefonate auf verschiedene Frequenzen verteilt. Zusätzlich können sich bis zu acht Teilnehmer eine Frequenz teilen, indem der Kanal in kurze Zeitfenster aufgeteilt wird. Ein Teilnehmer erhält periodisch jedes achte Fenster und kann in diesem seine aktuellen Daten übertragen. Im Gegensatz dazu benutzen bei UMTS alle Teilnehmer das zur Verfügung stehende Radiospektrum gleichzeitig. Die Trennung wird hierbei durch Code-Spreizung vorgenommen. Für jede Verbindung wird ein eigener, zu allen anderen orthogonaler, also frei kombinierbarer, Code verwendet. Hierdurch erscheint die Sendeleistung der anderen Teilnehmer für die eigene Verbindung als Hintergrundrauschen. Natürlich darf das Verhältnis von Sendesignal zur Rauschleistung nicht zu klein sein.

Aus der kurzen Beschreibung der verschiedenen Technologien ergeben sich die typischen Planungsproblematiken. Bei GSM müssen Kanäle räumlich so auf die Basisstationen verteilt werden, dass sie sich

möglichst wenig stören. UMTS verlangt eine Konfiguration der Antennen, die möglichst wenig Rauschleistung, also Interferenz bei den anderen erzeugt. Bevor man an die Lösung beider Probleme herangehen kann, muss zunächst ein genaues Bild des Ausbreitungsverhaltens der Radiowellen gewonnen werden. Es ist zu bestimmen, welche Leistung einer Basisstation an beliebigen Orten des zu versorgenden Gebiets ankommt. Dies ist wichtig für die Bestimmung der Güte des Nutzsignals und gleichzeitig der von anderen Stationen erzeugten Interferenz.

Die Berechnung der Feldstärke wird im Computer mit Hilfe schneller Algorithmen durchgeführt, die das Ausbreitungsverhalten der Radiowellen durch Strahlverfolgung simulieren. Natürlich spielen die Umgebung, die Geländehöhen und die Gebäude wegen der Beugung und Reflexion der Radiowellen eine entscheidende Rolle. Auch diese Umgebungsdaten müssen in das Rechnermodell integriert werden. Am Lehrstuhl für Theoretische In-

20

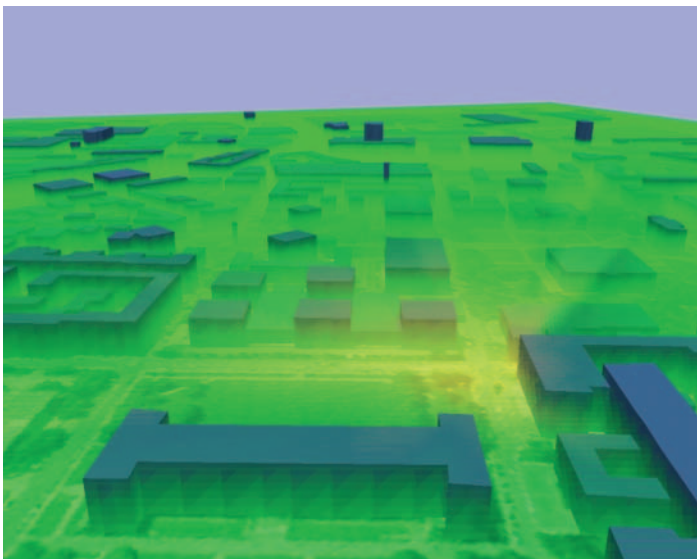
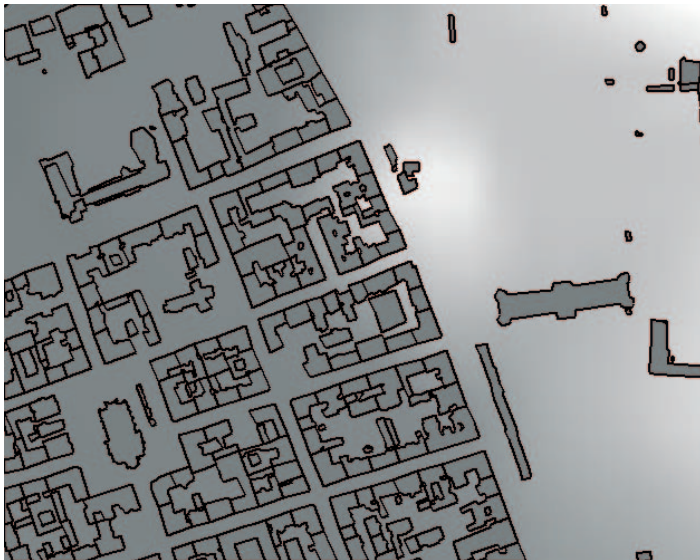


Bild 1:
München in gelb und grün. Die Feldstärkeprädiktion in einem Gebiet von München. Gelb bedeutet hohe, grün geringe Feldstärke des Senders.



Bild 2:
Das Antennendiagramm der verwendeten Antenne.



a)



b)



c)

Bild 3:
Der Planungsprozess für UMTS: a) Höhen- und Gebäudedaten; b) Mögliche Senderpositionen mit ihrer Wellenausbreitung; c) Das unterliegende Verkehrsmodell.

formationstechnik ist ein Algorithmus entwickelt worden, der Strahlverfolgung in einem rein diskreten Grundmodell durchführt und damit höchst genaue Feldstärkevorhersagen ermöglicht. Sein hervorstechendes Merkmal ist die Geschwindigkeit. Mehrere Quadratkilometer städtischer Umgebung können im Bereich weniger Minuten abgearbeitet werden. Derzeit wird an einer Parallelisierung des Algorithmus gearbeitet, die Ergebnisse im Bereich von Sekunden ermöglichen wird. Bild 1 zeigt ein Beispiel der dreidimensional berechneten Feldstärke in einem Gebiet um die Alte Pinakothek in München. Gelb bedeutet hohe, grün geringe Feldstärke. Von großem Einfluss ist das Antennendiagramm, also die Ausrichtung und Sektorisierung der Antennen. Zudem wird die Leistung, durch die Bauart der Antenne bedingt, nicht gleichmäßig in alle Richtungen abgestrahlt. In welchem Maße dies in die verschiedenen Richtungen geschieht, zeigt das Beispiel eines dreidimensionalen Antennendiagramms in Bild 2. Die weit herausragenden Spitzen bedeuten Verstärkung und die nach innen gezogenen Gebiete Abschwächung der Abstrahlrichtung. Diese Effekte macht man sich gezielt zur Unterdrückung von Interferenz zu Nutze.

Mit Hilfe der Feldstärkeprädiktion kann nun für jede vorgeschlagene Konfiguration des Netzes die aktuelle Versorgungs- und Interferenzsituation berechnet werden. Bei der Kanalaufteilung in GSM-Netzen stellt sich das Problem für den Netzbetreiber nun wie folgt dar: Er muss die verfügbaren Frequenzen so auf die Basisstationen verteilen, dass in jeder Zelle genügend viele Kanäle zur Verfügung stehen, die Interferenz auf allen Kanälen eine zulässige Höchstschranke nicht überschreitet und die Gesamtinterferenz im Netz möglichst klein wird. Die Frequenzzuweisung wird als

mathematisches Optimierungsproblem mit Nebenbedingungen formuliert. Leider gehört dies zur Klasse der extrem schwierigen Probleme und selbst moderne Computer würden wegen der riesigen Variablenzahlen tausende von Jahren benötigen, um eine exakte Lösung zu finden. Am Lehrstuhl für Theoretische Informationstechnik werden Verfahren entwickelt, die das große Gesamtproblem in kleine Teilprobleme zerschneiden, die exakt optimiert werden können. Die Teillösungen werden wiederholt zu einer Gesamtlösung zusammengesetzt. Diese Methode liefert hervorragende Ergebnisse, die von Netzbetreibern bei der Planung und Steuerung der GSM-Netze eingesetzt werden. Auf diese Weise können mehr Frequenzen zugewiesen werden, die Qualität der Übertragung steigt und es finden weniger Blockierungen und Gesprächsabbrüche statt.

Bei den neuen UMTS-Netzen ist der Planungsprozess noch komplizierter. Nach Berechnung der Funküberdeckung kann die Interferenz nicht nachträglich durch Kanaluweisung minimiert werden. Da alle Teilnehmer im gleichen Band übertragen, muss die gegenseitige Störung der Benutzer von vornherein durch die Auslegung des gesamten Netzes gering gehalten werden. Dies geschieht durch Wahl geeigneter Standorte für die Basisstationen, durch Sektorisierung der Zellen, die Wahl der Abstrahlrichtung der Antennen und die Größe der Sendeleistung. Wieder entsteht ein Problem mit ungeheuer vielen Variablen, das extrem schwierig zu lösen ist. Ein Grundschritt der Optimierung ist in Bild 3 graphisch dargestellt. Ausgangspunkt sind Informationen über Geländehöhen, dabei bedeutet weiß hoch, dunkelgrau niedrig. Die Gebäudedaten, als Umrisse eingezeichnet, stehen hier für ein Gebiet von Wien mit dem Schloss Belvedere. Als nächstes

wird eine Konfiguration von möglichen Antennenstandorten und Ausrichtungen mit blauen Pfeilen eingetragen und deren jeweiliges Wellenausbreitungsverhalten berechnet. Dem wird ein Verkehrsmodell in Form von Positionen von Mobilstationen hinzugefügt, die eine bestimmte Übertragungsrate zum Beispiel für Sprachübertragung oder Datendienste, siehe blaue Punkte, anfordern. Insgesamt wird berechnet, wie hoch die übertragbare Datenrate im gesamten Szenario ist und ob alle geforderten Verbindungen auch bedient werden können. Diese Schritte werden iterativ, also wiederholt, durchgeführt bis sich eine optimale Konfiguration des Netzes ergibt.

Es lässt sich leicht vorstellen, welch großer Berechnungsaufwand hinter jedem dieser Schritte steckt und wie viele hiervon durchgeführt werden müssen bis ein optimales Netz gefunden ist. Insbesondere kommt es hierbei auf die Schnelligkeit der Wellenausbreitungsrechnung an. Ein schneller Branch- and-Bound Algorithmus mit zufallsgesteuerten Komponenten, der das große Ausgangsproblem iterativ in kleinere Teilprobleme zerlegt und solche ausschließt, die zu keiner Lösung führen, wurde am Lehrstuhl für Theoretische Informationstechnik entwickelt, um die Optimierung durchzuführen. Dieser ist erfolgreich bei einem Netzwerkbetreiber im Einsatz.

Für die Zukunft bleibt viel zu tun. Die heutigen Computermodelle sind noch nicht perfekt. Je genauer man aber modelliert, desto umfangreicher werden die Optimierungsrechnungen. Also müssen die Algorithmen effizienter gemacht und insbesondere auch parallelisiert werden. Zukünftig werden komplexere Übertragungsverfahren mit Mehrantennensystemen zum Einsatz kommen. Die Kapazität und die Übertragungsgeschwindigkeit werden wachsen, das heißt für die optimale Konfiguration gibt es wieder mehr Kontrollvariablen. Überall optimal mobil zu telefonieren birgt eine Menge von Herausforderungen sowohl auf praktischer als auch auf theoretischer Seite.

Autor:
Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Rudolf Mathar ist Inhaber des Lehrstuhls für Theoretische Informationstechnik.

www.ti.rwth-aachen.de



*Bild 4:
Mitarbeiter des
Lehrstuhls für Theoretische
Informationstechnik beim
Algorithmenentwurf und der
graphischen Gestaltung der
Feldstärkeprädiktion für die
optimale Planung zellulärer
Mobilfunknetze.*

Foto: Peter Winandy



B-IT: Angewandte Informatik International

RWTHTHEMEN 2/2006

Wer im „Bonn-Aachen International Center for Information Technology“, kurz B-IT, einen der englischsprachigen Master-Studiengänge „Media Informatics“ oder „Life Science Informatics“ studiert, findet sich in einer wahrhaft international ausgerichteten Umgebung wieder. Nicht nur kommen die derzeit knapp 160 Studierenden aus nicht weniger als 34 Ländern, sondern das attraktive B-IT-Gebäude am Godesberger Rheinufer grenzt auch direkt an das entstehende UN-Konferenzzentrum an, als „B-IT-Mensa“ wird die Kantine des Auslandsenders „Deutsche Welle“ mit genutzt.

Die Master-Studiengänge sind im Grenzbereich zwischen Informatik zu Kommunikation und Medien beziehungsweise zu den Lebenswissenschaften angesiedelt – beides Gebiete, in denen die Region hohes Forschungspotenzial und attraktive industrielle Arbeitgeber aufweist. Zulassungsvoraussetzung ist ein überdurchschnittlicher Bachelor-Abschluss in Informatik oder dem Anwendungsgebiet. Bereits 2004 wurden die Master-Studiengänge als jeweils erste Studiengänge der RWTH Aachen und der Universität Bonn erfolgreich akkreditiert.

Der Charakter der Studiengänge wird durch Forschungspraktika in den am B-IT beteiligten Fraunhofer-Instituten für Angewandte Informationstechnik, FIT, für Medienkommunikation, IMK, und für Wissenschaftliches Rechnen, SCAL, geprägt. So verwundert es nicht, dass viele der ersten Absolventen der 2003 begonnenen Studiengänge Doktorandenstellen oder attraktive F&E-nahe Tätigkeiten in der Wirtschaft weltweit angenommen haben. Im Rahmen der Exzellenzinitiative bemüht sich das B-IT derzeit, auch selbst eine Graduiertenschule für eine innovative Doktorandenausbildung einzurichten.

Das B-IT - erste gemeinsame wissenschaftliche Einrichtung zweier NRW-Universitäten - wird aus Stiftungsmitteln und ergänzenden Haushaltsmitteln finanziert. Insgesamt neun Stiftungsprofessuren wurden eingerichtet, davon an der RWTH Aachen die Professuren für Media Computing (Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Jan Oliver Borchers, vormals Stanford University und ETH Zürich), Eingebettete Systeme (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Kowalewski, vormals Universität Dortmund und Bosch Research) und Medienprozesse (Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Thomas Rose, vormals University of Toronto und FAW Ulm).

Autor:
Univ.-Prof. Dr.rer.pol. Matthias Jarke ist Inhaber des Lehrstuhls für Informatik 5 (Informationssysteme) und leitet das Fraunhofer-Institut für angewandte Informatik in St. Augustin.

www.b-it-center.de

Der Sicherste
seiner Klasse



www.euroncap.com



S-MAX your life



Erleben Sie den Sportvan, der Ihnen jede Menge Platz für bis zu sechs Freunde oder all Ihre Hobbys bietet: Sein einzigartiges FoldFlatSystem (FFS) erlaubt es Ihnen, den Innenraum mit seinen umklappbaren Rücksitzen beliebig zu variieren – das Ende der Kompromisse. Entdecken Sie den neuen Ford S-MAX auf www.ford.de oder steigen Sie direkt ein – mit unserem attraktiven Leasingangebot: der neue Ford S-MAX ab **€ 179,-** monatlich.*

Abb. zeigt Wunschausstattung

Der neue **Ford**S-MAX

Feel the difference



Mehr als Real

Augmented Reality in der Produktionstechnik

RWTHTHEMEN 2/2006



Die Aufgaben von Technikern im Maschinenservice werden zunehmend schwieriger. Erhöhte Komplexität und Variantenvielfalt von Produktionsanlagen verlangen umfassende Kenntnisse im Umgang mit den verschiedenen Maschinen, um anfallende Wartungs- und Instandsetzungsaufgaben schnell und fehlerfrei durchführen zu können. Dies ist unbedingt erforderlich, da jede Stillstandszeit Produktionsausfall bedeutet und somit hohe Kosten verursacht. Die Zuhilfenahme herkömmlicher Bedienungsanleitungen in gedruckter oder digitaler Form kann hier zwar Abhilfe leisten, kostet aber ebenfalls wertvolle Zeit, in der die Produktion stillsteht. Daher erforscht der Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen am Werkzeugmaschinenlabor, kurz WZL, gemeinsam mit namhaften Partnern aus der Industrie seit 1999 in den vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekten ARVIKA und ARTESAS neue Methoden, die eine bessere Unterstützung für den Servicetechniker durch den Einsatz von „Augmented Reality“, kurz AR, ermöglichen.

Augmented Reality steht für „Erweiterte Realität“. Ähnlich wie bei der „Virtuellen Realität“, kurz VR, werden dabei virtuelle, also computergenerierte Objekte visualisiert. Aber anders als bei VR werden die Objekte bei AR nicht in einer vollständig virtuellen Umgebung betrachtet. Stattdessen werden sie der realen Wahrnehmung des Benutzers hinzugefügt; diese wird also um Zusatzinformationen „erweitert“. Während die Einblendung des Spielstands bei einer Fußballübertragung eine feste Bildschirmposition beibehält, verschmelzen Objekte der Augmented Reality mit der Wirklichkeit. So könnte als situationsgerechte Reaktion eine Abseitslinie eingeblendet werden, die trotz Kamerabewegung eine feste Position relativ zum Spielfeld beibehält und auch von Spielern überlaufen werden kann. Bei dreidimensionaler Darstel-

lung bietet diese Technologie wesentlich weiter reichende Möglichkeiten der Interaktivität: Virtuelle Objekte können beispielsweise auch aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Ebenso können reale Objekte im Raum mit virtuellen Beschriftungen versehen werden oder ihre Oberflächen zur Darstellung dahinter verborgener Beziehungsweise verdeckter Objekte transparent erscheinen.

Zur dreidimensionalen Augmentierung der realen Benutzerumgebung kommt spezielle Hardware zum Einsatz. So genannte „head-worn displays“, kurz HWD, je nach Ausführung auch Datenhelme oder Datenbrillen genannt, kombinieren die reale Wahrnehmung des Benutzers mit computergenerierten Zusatzinhalten. Sie bestehen meist aus einer oder zwei Kameras, einem Anzeigegerät und weiteren Sensoren und sind mit einem Computer verbunden. Kameras und Sensoren ermöglichen dem Computer, Position und Blickrichtung des Benutzers zu ermitteln. Exakt darauf abgestimmt wird dann die entsprechende dreidimensionale Darstellung der virtuellen Bildinhalte errechnet. Schließlich liefert das Anzeigegerät dem Benutzer das Gesamtbild, das sowohl sein reales Blickfeld als auch die darauf abgestimmten virtuellen Inhalte enthält.

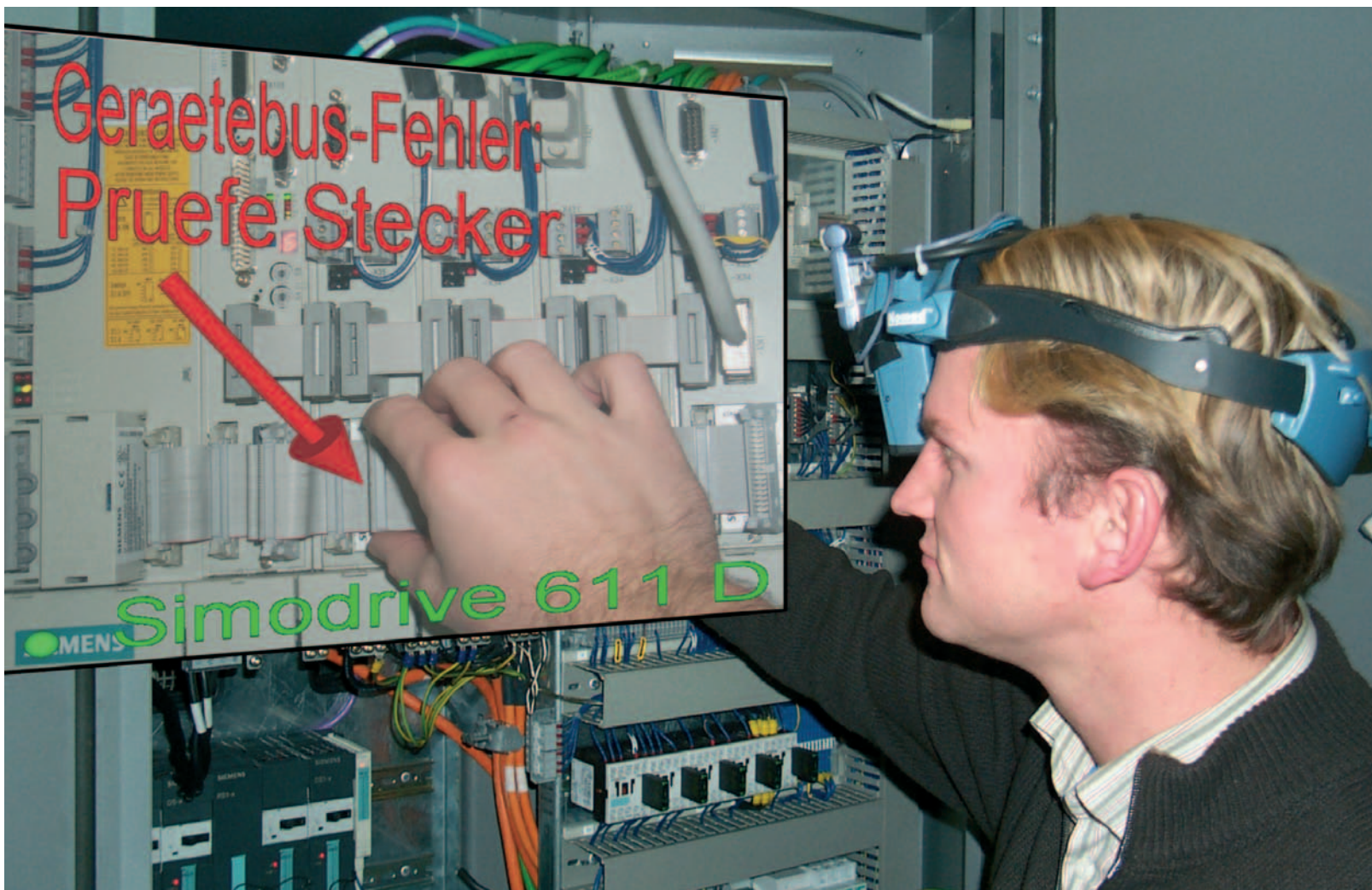
In der Produktionstechnik könnte diese Technologie in Zukunft genutzt werden, um dem Benutzer die Durchführung schwieriger und ständig wechselnder Tätigkeiten nachhaltig zu erleichtern. Bisher gilt bei Problemen folgendes Szenario: Ein Servicetechniker muss wegen eines unerwarteten Defekts an einer Produktionsmaschine ein bestimmtes Bauteil auswechseln. Eine Aufgabe, die er zuvor noch nicht oder nur an anderen Maschinentypen ausgeführt hat, er benötigt daher eine Anleitung. Diese erhält er in schriftlicher Form auf Papier oder einem Bildschirm. Die angeleitete

Durchführung der Aufgabe muss er zwischendurch immer wieder unterbrechen, um sich die folgenden Arbeitsschritte einzuprägen oder Details zu überprüfen. Zusätzliche Zeitverluste entstehen dadurch, dass er immer wieder den Bezug zwischen der Anleitung und der realen Maschine vor ihm herstellen muss. Um eine Anweisung wie: „Entfernen sie den Sicherungstift am Bauteilsockel“ auszuführen, muss er zunächst den Bauteilsockel identifizieren, dann die Position des Sicherungstiftes und schließlich den benötigten Handgriff, um den Stift zu entfernen. Bebilderte Anleitungen können diese Bezüge verdeutlichen, die Abbildungen stimmen aber selten exakt mit der Realität überein. Farb- und Formabweichungen können den Benutzer irritieren, Skizzen müssen vom Benutzer auf die Realität übertragen werden – all das sorgt für Verunsicherung, die letztlich in Zeitverlusten resultiert oder gar Fehler provozieren kann.

Folgendes Szenario wäre hingegen mit Hilfe der neuen Technik denkbar: Ein Servicetechniker, der mit einer Datenbrille ausgestattet ist, könnte sich die Anleitung zum Austausch eines Maschinenbauteils mittels AR direkt in sein Blickfeld einblenden lassen. Eine solche Anleitung könnte weit mehr Möglichkeiten bieten als herkömmliche Dokumentationen, indem sie mit den Objekten im Sichtbereich interagiert. Neben einem Anweisungstext könnte ein Pfeil direkt auf den Bauteilsockel zeigen, der Sicherungstift könnte zur Markierung eingefärbt werden und eine animierte Hand könnte dem Techniker zeigen, welcher Handgriff benötigt wird, um den Stift zu entfernen. Die hilfreichen, virtuellen Informationen wirken für den Techniker, als nähmen sie feste räumliche Positionen ein. Dreht er den Kopf nach links, wandert der Pfeil synchron mit dem markierten Bauteilsockel nach rechts. Beugt er sich vor, um den Sicherungstift zu erreichen, richtet sich die

angezeigte Handbewegung ebenfalls nach seinem Blickwinkel. Der anleitende Text bleibt dabei jederzeit sichtbar. Ist der Sicherungstift entfernt, wird dem Techniker der nächste Arbeitsschritt angezeigt, ohne dass er die Augen von der Maschine lösen muss oder eine Hand zum Festhalten der Anleitung benötigt. Auf diese Weise kann der Techniker seine Aufgabe schneller und sicherer bewältigen als bisher. Prinzipiell bietet sich daher der Einsatz von Augmented Reality bei allen zeit- und sicherheitskritischen Anwendungen an, insbesondere dann, wenn für einen Großteil der Arbeit beide Hände benötigt werden oder wenn der Arbeitsraum schwer zugänglich ist. Gerade bei komplexen Aufgaben wie der Diagnose kann die Durchführung gezielter Tests zur Identifizierung der Fehlerursache erleichtert und beschleunigt werden.

Um diese Vision verwirklichen zu können, müssen einige technische Herausforderungen gelöst werden. Die verwendete Hardware muss für einen Praxiseinsatz nicht nur leistungsfähig sondern auch ergonomisch sein, da der Benutzer sie während des gesamten Vorgangs tragen muss. Sind Kamera und Anzeigegerät zu schwer, so ist die Befestigung am Kopf nicht praktikabel. Auch die Bildqualität muss optimiert werden, um eine vorzeitige Ermüdung des Benutzers zu verhindern. Dies erfordert insbesondere eine extrem schnelle Anpassung des Bildes an Benutzerposition und Blickrichtung, da zu träge oder perspektivisch falsche Darstellungen der virtuellen Bildelemente den Gleichgewichtssinn des Benutzers irritieren und dadurch einen Effekt ähnlich der Seerkrankheit hervorrufen können. Im Projekt ARVIKA wurden markante Punkte mit Hilfe von Markierungsetiketten präpariert, um leichter von der mitgeführten Kamera erkannt zu werden. Dies ist jedoch in einigen Szenarien mit hohem Aufwand verbunden oder gar nicht möglich, beispielsweise wenn



hochpräzise Kleinteile erfasst oder die markierten Objekte in Einzelteile zerlegt werden sollen. In ARTESAS werden daher Algorithmen entwickelt, die durch den Vergleich von dreidimensionalen geometrischen Modellen der betrachteten Anlage mit den aus dem Kamerabild extrahierten, charakteristischen Kanten die Objekte im Blickfeld des Benutzers erkennen.

Eine weitere Hürde vor dem Ziel, AR im Praxisalltag einzusetzen, stellt der bislang sehr hohe Erstellungsaufwand für AR-Inhalte dar. Die einzublen- denden Objekte und Informationen sind nicht eigenständig anwendbar wie eine gedruckte Anleitung. Sie müssen mit dem Zielobjekt in Bezug gebracht werden, um damit zu interagieren. Die hohe Vielfalt von Maschinenvarianten erfordert dabei einen effizienten Umgang mit den zur Verfügung stehenden Informationen, um die Erstellung einzelner Arbeitsanweisungen nicht für jede Variante

einer Maschinenbaureihe wiederholen zu müssen. Auch dieser Aspekt wird am WZL intensiv erforscht. Für verschiedene Anwendungsszenarien werden Informationsmodelle entwickelt, die auf der einen Seite grundlegende Konzepte enthalten und auf der anderen Seite Detailinformationen, die sich je nach betrachtetem Objekt stark unterscheiden können. Bei der Erstellung von Arbeitsanleitungen werden nun nicht mehr statische Dokumente erzeugt, die nur für jeweils eine konkrete Maschinenvariante gültig sind. Stattdessen werden schematische Vorlagen aus einem Vorrat definierter Konzepte erstellt. Wird eine Arbeitsanleitung angefordert, wird diese Vorlage dann als Grundgerüst verwendet und mit Inhalten aus den Detailinformationen gefüllt. Diese werden dabei so ausgewählt, dass sie dem Zielobjekt der auszuführenden Aktion entsprechen. Das Ergebnis ist eine Schritt-für-Schritt-Anlei-

tung, die genau auf den aktuellen Anwendungsfall zugeschnitten ist. Dasselbe Grundgerüst kann so in vielen Fällen für verschiedene Varianten einer Maschine oder sogar für völlig verschiedene Baureihen verwendet werden. Ebenso können die Detailinformationen als Baustein für verschiedene Anleitungen eingesetzt werden, was den Aufwand zur Realisierung von Augmented-Reality-Anwendungen deutlich reduziert.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher ist Inhaber des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen und Mitglied im Direktorium des WZL. M.Sc. Simon Draht und Dipl.-Ing. Ulrich Haberland sind Wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen.

www.start-automation.de

*Bild 1:
Augmented Reality
im Serviceeinsatz.*

Sonderforschungsbereich 476: „Informatische Unterstützung übergreifender Entwicklungsprozesse in der Verfahrenstechnik“

Die Arbeiten im Sonderforschungsbereich haben zum Ziel, Qualität und Effizienz von Entwicklungsprozessen in der chemischen Verfahrenstechnik zu verbessern. Durch neuartige Werkzeuge sollen zum einen weniger Fehler gemacht und zum anderen mehrere Design-Alternativen durchgeprüft werden, um ein besseres Ergebnis zu erzielen. Die Entwickler sollen ferner von Routinetätigkeiten entlastet werden.

Schwerpunkt ist dabei der vordere Teil des Entwicklungsprozesses, „Konzeptueller Entwurf und Basic Engineering“ genannt, nach dem die Entscheidung über den Bau einer chemischen Anlage getroffen wird. Aus Aufwandsgründen kann nur ein Teil des Entwicklungsprozesses betrachtet werden. Der vordere Teil ist dabei besonders interessant, da er die kreativsten Entscheidungen des gesamten Prozesses enthält. Bereits hier arbeiten verschiedene Fachdisziplinen bei der Lösungsfindung eng zusammen. Die Grenzen verschiedener Disziplinen sind derzeit Problemzonen von Entwicklungsprozessen.

Die neuen Ideen des SFB bestehen darin, formale Modelle für Entwicklungsergebnisse heranzuziehen, derzeitige Arbeitsprozesse zu analysieren, Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten sowie neuartige Konzepte der Werkzeugunterstüt-

zung anzuwenden. Letztere bestehen unter anderem aus der Einbeziehung der Erfahrung von Entwicklern, der Konsistenzsicherung zwischen den Ergebnissen verschiedener Entwickler, dem Management sich dauernd ändernder Entwicklungsprozesse sowie der direkten Kommunikation der Beteiligten und deren Verbindung mit geregelter Arbeit. Für alle diese Konzepte wurde neue Werkzeugfunktionalität realisiert; der SFB kann somit auch als Werkzeugintegrations-Projekt betrachtet werden. Die resultierenden neuartigen Werkzeuge wurden mit Industriefirmen abgeklärt, die Werkzeuge aus arbeitswissenschaftlicher Sicht bewertet und bei der Entwicklung dieser Werkzeuge wurden – auch aus Aufwandsgründen – exzessiv Wiederverwendungs-Ideen genutzt.

Der SFB hat seit 1997 neun Jahre Finanzierung erhalten. In seiner vierten Förderperiode wurde er in einen Transferbereich überführt, den die DFG Mitte 2006 genehmigt hat.

Autor:

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Manfred Nagl ist Inhaber des
Lehrstuhls für Informatik 3
(Softwaretechnik).

www-i3.informatik.rwth-aachen.de/research/sfb476/



Hier erfahren Sie mehr – Porsche Online: Telefon 01805 356 - 911, Fax - 912 (EUR 0,12/min) oder www.porsche.de.

Die reine Lehre.

Der neue 911 GT3 RS.



PORSCHE

Bild, Video, Kino – alles wird digital

RWTHTHEMEN 2/2006

D

Digitale Verfahren zur Bildaufzeichnung, -speicherung und -übertragung haben in den letzten Jahren einen hohen Entwicklungsstand erreicht. Dies hat in vielen Bereichen bereits zur Ablösung der traditionellen photochemischen oder elektromagnetischen Medien geführt: Die Digitalphotographie ersetzt den Film und die DVD das Videoband. Treibende Faktoren sind die Entwicklung immer leistungsfähigerer und billigerer Schaltkreise zur Signalverarbeitung neuer Bildschirme und Darstellungsgeräte sowie die Möglichkeit, Computer und mobile Kommunikationsgeräte für universelle Multimediaanwendungen zu benutzen. Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik trug in den letzten Jahren zur Entwicklung immer leistungsfähigerer Methoden der digitalen Repräsentation und Kompression von Videodaten bei, durch welche die qualitativen Unzulänglichkeiten der ersten digitalen Videogeneration weitgehend beseitigt werden konnten. Ein zusätzlicher Mehrwert ist in der Zukunft durch Einführung inhaltsbasierter Funktionalitäten zu erwarten, an denen ebenfalls gearbeitet wird.

Videokompression und verbesserte Qualität digitaler Videosignale

Der Umgang mit digital aufzeichneten Bild- und Videosignalen ist innerhalb des letzten Jahrzehnts alltäglich geworden. Die rasante Entwicklung der Mikroelektronik mit Speicher-, Aufnahme- und Signalverarbeitungschips ermöglichte den Übergang zur Digitaltechnik in den Bereichen Photographie, Video und Fernsehen/Heimki-

no. Eine ähnliche Entwicklung zeichnet sich derzeit für den gesamten Kinobereich ab. Vollkommen neue Möglichkeiten ergeben sich durch die unmittelbare Verbindung digitaler Bildtechniken mit Anwendungen auf Computern und Mobiltelefonen. Standardformate wie „JPEG“ und „MPEG“, die zum Datenaustausch zwischen den Geräten verwendet werden, sind heute im alltäglichen Gebrauch. Generell werden dabei die digitalen Geräte immer kostengünstiger und bieten zusätzliche Funktionalität. So beobachtet man eine immer höhere Qualität in Form von mehr „Megapixel“ pro Photo und hochauflösende Videodarstellung. Dazu kommt die Möglichkeit des Zugriffs auf vielfältigen Wegen, Mobilfunk, Internet, Kabel-, Satelliten- und terrestrische Fernsehkanäle, sowie die Darstellbarkeit und Übertragung auf Geräten mit unterschiedlichsten Auflösungen.

Bild- und Videosignale benötigen extrem hohe Datenmengen von vielen Milliarden Bit pro Sekunde beispielsweise für digitale Kinofilme. Das technologische Herzstück bei der digitalen Übertragung und Speicherung bildbasierter Medien bilden daher Datenkompressionsverfahren, mit denen sich Übertragungs- und Speicherressourcen ökonomisch ausnutzen lassen. Ein Beispiel hierfür sind die vielfach genutzten „Bewegungskompensationsverfahren“, bei denen die Bewegungen zwischen den Bildern einer Filmsequenz berechnet werden, um nur die wirklich neuen Inhalte übertragen zu müssen. Jedoch sind die digitalen Videoübertragungsverfahren der ersten Generation

a)

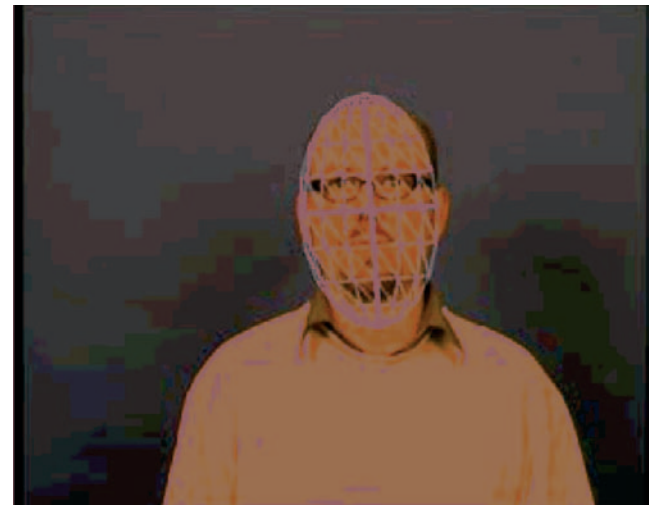


Bild 1:
Qualität skalierbarer
Videokompressionsverfahren:
a) vor drei Jahren, b) heute.



Bild 2:
Beispiel zur automatischen
Gesichtserkennung.

mit einer Reihe von Mängeln behaftet: Zum einen wird die Qualität teilweise selbst gegenüber dem gewohnten analogen Fernsehen in einer Weise reduziert, dass es für den Betrachter unakzeptabel ist. Zweitens wird für jedes Gerät wie Fernseher, mobiler Empfänger, PC mit Internetanschluss oder Videokamera ein anderes Digitalformat verwendet. Zum dritten sind die Kompressionsverfahren teilweise sehr anfällig gegen Übertragungsstörungen.

Um diese Probleme zu lösen, forschen die Mitarbeiter des Instituts für Nachrichtentechnik seit langer Zeit an verbesserten Videokompressionsverfahren und machten bereits zahlreiche Vorschläge für die internationale Standardisierung. Der Autor dieses Beitrags leitet derzeit das Video-Standardisierungskomitee bei ISO-MPEG, der International Standardization Organization - Moving Pictures Experts Group. Die Fortschritte, die in den letzten Jahren gemeinsam mit vielen anderen Wissenschaftlern gemacht wurden sind so gut, dass es heute möglich ist, im Vergleich mit dem Stand von vor fünf Jahren, die Datenrate bei gleicher Qualität mehr als zu halbieren. Glücklicherweise zeichnet sich ab, dass diese Eigenschaft weniger eingesetzt wird, um noch mehr Programme zu versenden, sondern eher zur Erhöhung der Qualität dient. Somit wird das oben genannte erste Problem gelöst. In diesem Jahr wird erstmals digitales Satellitenfernsehen mit hoher Bildauflösung, so genanntes HDTV, angeboten. In dem dabei verwendeten Kompressionsstandard „Advanced

Video Coding“, kurz AVC, sind auch Ideen realisiert, die am Institut für Nachrichtentechnik entwickelt wurden. Derselbe Standard wird übrigens auch zur Speicherung hoch aufgelöster Filme in der DVD-Nachfolgeneration sowie zur Übertragung von Fernsehprogrammen auf Mobilgeräte, den handhelds, verwendet.

Leider ist es so, dass trotz der deutlichen Qualitätsverbesserung mit dem AVC-Standard immer noch verschiedene digitale Daten für Darstellungsgeschichten unterschiedlicher Auflösungen bereitgehalten werden müssen. Außerdem besteht nach wie vor eine relativ hohe Anfälligkeit gegen Übertragungsstörungen. Um diese Situation zu verbessern, haben sich die Mitarbeiter des Instituts für Nachrichtentechnik vor einigen Jahren die Aufgabe gesetzt, ein so genanntes skalierbares Videokompressionsverfahren zu entwickeln, bei dem man aus ein und demselben digitalen Datenstrom sehr einfach unterschiedliche Teildaten extrahieren kann. Diese dienen dann zur Darstellung auf einem bestimmten Gerät oder zur Übertragung über eine Verbindung mit bestimmten Eigenschaften. Dabei ist die Skalierbarkeit noch zusätzlich attraktiv, weil sie es erlaubt bestimmte Teile der Daten besonders geschützt zu übertragen, um die genannten Übertragungsfehler zu vermeiden oder auch unberechtigte Zugriffe zu verhindern. Das klingt einfach, scheiterte aber in der Vergangenheit daran, dass bei gleicher Datenrate die skalierbaren Videokompressionsverfahren hinsichtlich des ersten genannten

Problems, der Qualität, noch deutlich schlechter dastanden als die herkömmlichen. Durch systematische Untersuchungen konnten die Aachener Wissenschaftler wesentlich dazu beitragen, dieses Problem zu lösen. Der wichtigste Ansatz besteht darin, den Bildern der Videosequenz vor der Kompression eine unterschiedliche Relevanz zuzuweisen, und sie dann in entsprechender Reihenfolge zu bearbeiten; dies wird hierarchische Codierung genannt. Nicht zuletzt auf Grund dieser Beiträge wurde bei dem Format für den Datenaustausch MPEG ein neuer Standardisierungsprozess eingeleitet. Diese zukünftige Generation skalierbarer Videoverfahren wird praktisch dieselbe Bildqualität liefern wie AVC, und sogar in vielen Teilen mit AVC kompatibel sein. Bild 1 zeigt in einem Vergleich, welche Verbesserungen in den letzten drei Jahren erzielt wurden.

Zukünftige Entwicklungen

Die oben beschriebenen Bild- und Videokompressionsverfahren stellen im Grunde nur den ersten Schritt der Digitalisierung, den Ersatz der alten Analogtechnik durch eine neue, vielfach kostengünstigere und universeller verwendbare Technik dar. Unter Experten wird erwartet, dass weitere Fortschritte in der Videokompression möglich sind, mittels derer innerhalb der nächsten Dekade die Datenrate bei gleicher Qualität sich nochmals um einen Faktor von zwei reduzieren lassen könnte. Da gleichzeitig die Übertragungskosten voraussichtlich sinken werden, ist allerdings zu erwarten, dass die so gewonnene Flexibilität für eine erneute Erhöhung der Auflösung und Qualität, oder bei-

spielsweise auch zur gleichzeitigen Aufzeichnung mit mehreren Kameras, verwendet wird. Letzteres würde unter anderem die Bedienung neuer räumlicher, also stereoskopischer oder holographischer Displays erlauben.

Jenseits davon zeichnen sich auf Grund der Digitalisierung und den hiermit einhergehenden vorhandenen Optionen der digitalen, computerbasierten Signalanalyse Möglichkeiten ab, die mit der früheren analogen Photo- und Videotechnik undenkbar waren. Hierzu gehören insbesondere Inhaltsanalyse-Verfahren. Als Beispiel zeigt Bild 2 eine automatische Erkennung von Gesichtern in Videoszenen, die am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik entwickelt wurde. In kommenden Generationen von Digitalkameras wird es auf Basis solcher Werkzeuge nicht mehr notwendig sein, selbst Programme für Landschafts- oder Portraitaufnahmen zu wählen, sondern die Kamera wird die entsprechenden Motive erkennen und ihren Aufnahmemodus anpassen. Man wird seine digitalen Photo- und Videodatenbanken nach bestimmten Motiven, Szenen oder Personen durchsuchen können oder Ereignisse, die mit einer Webkamera aufgezeichnet werden, automatisch gemeldet bekommen. Den Videorecorder wird man nicht mehr programmieren müssen, er wird vielmehr selbstständig lernen, welche Inhalte für seinen Benutzer regelmäßig interessant sind und diese von sich aus aufzeichnen. Die in ein universelles Mobilkommunikationsgerät integrierte Kamera wird erkennen, vor welchem Denkmal oder Gebäude man in einer fremden Stadt steht und für die Bereitstellung der entsprechenden touristi-

schen Informationen sorgen. Gegebenfalls können dann - sofern gewünscht - sogar Bildveränderungen vorgenommen werden, wie etwa die Beseitigung eines Baugerüsts von einer Aufnahme des Aachener Doms.

Erst mit Einführung derartiger Funktionalitäten vollzieht sich auch qualitativ der Sprung ins digitale Zeitalter der Photo- und Videotechnik. Bildbasierte und andere Medien, Computer und Telekommunikation verwachsen in diesem Zusammenhang zu einer untrennbaren Einheit. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf Beruf und Freizeit, auf Kommunikation und Unterhaltung sowie auf gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen.

Autor:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jens-Rainer Ohm ist Inhaber des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik.

www.ient.rwth-aachen.de



Karriere bei uns. Damit Sie nach
dem Studium hinten sitzen können.



Für Hochschulabsolventen gibt es bei uns interessante Karrieremöglichkeiten. Zum Beispiel Traineeprogramme für Studenten aus den Bereichen Wirtschaftswissenschaften, Jura und Informatik. Nutzen Sie Ihre Chancen bei Sparkassen, Landesbanken, LBS, DekaBank, Deutsche Leasing oder den Versicherungen der Sparkassen. www.sparkasse.de.
Wenn's um Geld geht – Sparkasse.

Softwarefehler mit Hilfe von Programmierungsfehler können zu gefährlichen Situationen führen

F

Fast unbemerkt von den meisten von uns hat sich in den letzten Jahren eine neue Spezies in unseren Alltag eingeschlichen und ausgebreitet - die so genannten „eingebetteten Systeme“. Dem einen oder anderen mögen diese „scheuen Kreaturen“ schon einmal begegnet sein, zum Beispiel beim Autofahren, beim Telefonieren, beim Betreten eines Gebäudes oder bei der Hausarbeit. Die meisten von uns werden ihre Existenz aber noch gar nicht bemerkt haben, denn es gehört zu ihrem Wesen, dass sie im Verborgenen wirken. Unter eingebetteten Systemen versteht man die mittlerweile zahllosen, kleinen Computer, die dafür sorgen, dass unsere Autos überhaupt noch anspringen, Zugtüren sich öffnen, die Waschmaschine schleudert oder die Heizung in unserem Haus funktioniert. Beschränkte sich der Lebensraum von Computern vor 20 Jahren noch auf Büros oder die Keller von Banken und Rechenzentren, so findet man heute kaum noch einen Bereich des alltäglichen Lebens, in dem sich kein eingebettetes System versteckt. Der letzte Schrei sind Wasserhähne, die die Temperatur des Wassers durch eine entsprechende farbliche Beleuchtung anzeigen, natürlich mit Hilfe eines eingebetteten Systems.

Aber wir bemerken die eigenwilligen Kleinen erst dann, wenn sie, das heißt vor allem ihre Software, nicht mehr so wollen, wie wir uns das wünschen. Und das passiert nicht so selten: Im Sommer 2003 musste zum Beispiel der thailändische Finanzminister mit einem Vorschlaghammer aus seiner deutschen Luxuskarosse befreit werden, nachdem deren eingebettete Systeme bei 40 Grad Celsius nicht nur alle Türen verschlossen, und zusätzlich auch noch die Klimaanlage abgeschaltet hatten. Und es gibt zahllose Beispiele für Artgenossen, die sich ähnlich renitent benommen haben. Dabei geht es nicht immer so glimpflich aus wie für den thailändischen

Finanzminister. Der Einsatz eingebetteter Systeme, wie zum Beispiel in medizinischen Geräten oder in Airbagsystemen im PKW, ist teilweise mit hohen finanziellen und gesundheitlichen Risiken verbunden. Softwarefehler in der Steuerungssoftware solcher Systeme können katastrophale Konsequenzen haben und müssen so weit wie möglich vermieden werden. Spektakuläre Beispiele für folgenschwere Fehler sind der Tod beziehungsweise die schweren Verletzungen von sechs Krebspatienten infolge einer durch ein fehlerhaft programmiertes Bestrahlungsgerät verabreichten Überdosis. Auch der Verlust mehrerer Orbiter im Wert mehrerer hundert Millionen US-Dollar pro Stück bei der NASA geht auf Fehler in der Programmierung zurück.

Aus den genannten Gründen ist klar, dass die Suche nach Fehlern, die im Englischen einfach „Bugs“, Käfer, genannt werden, in eingebetteter Software von großer Bedeutung ist. Es gilt der Leitsatz: Je früher im Entwicklungsprozess der Fehler verursacht und je später er entdeckt wird, umso aufwändiger ist es, ihn zu beheben. Empirische Studien in Deutschland haben gezeigt, dass die Korrektur eines Softwarefehlers in den ersten Entwicklungsphasen die Kosten – im Vergleich zu einer Entdeckung des Fehlers im Produkt – um einen Faktor von etwa 500 reduziert. Softwarefirmen wie Microsoft investieren daher intensiv in Forschungslabore, die sich mit der Entwicklung effektiver, meist software-unterstützter „Bug-hunting“ Techniken beschäftigen. Laut Tony Hoare, einem Experten im Bereich der Programmverifikation und Träger des Turing-Preises, dem „Nobelpreis“ in der Informatik, werden etwa 75 Prozent der Gehälter von Softwareentwicklern in den USA in einer Gesamthöhe von etwa 400 Milliarden Dollar für die Suche und Behebung von Fehlern aufgewendet.

Durch den Einsatz systematischer Testverfahren, „Peer Re-

views“ und strukturierter Software-Entwicklungsmethoden hat sich die Qualität der Software deutlich verbessert. Jedoch reichen diese – meist manuell ohne Computerhilfe eingesetzten – Techniken häufig nicht aus: In der Regel befinden sich anschließend immer noch etwa zwei bis drei Fehler pro 1.000 Zeilen Programmcode in der Software. Zur Bedeutung dieser Zahl: Die Kernsoftware des Betriebssystems Windows 2000 umfasst etwa 29 Millionen Codezeilen!

Ein Erfolg versprechender Ansatz, um auch diesen restlichen Fehlern auf die Spur zu kommen, sind so genannte „Formale Methoden“. Hiermit bezeichnet man Techniken aus der Angewandten Mathematik, die auf die Modellierung und Analyse von Softwaresystemen zugeschnitten sind. Mittels solcher Methoden wird die Korrektheit einer Software formal - das heißt durch mathematische Beweise – nachgewiesen. Dank intensiver Forschung in den letzten 20 Jahren, auch an der RWTH Aachen, sind einige viel versprechende softwareunterstützte Techniken entwickelt worden, die es ermöglichen, frühzeitig – und auf eine nahezu völlig automatisierte Weise – Fehler zu entdecken.

Dabei werden die zwei Hauptrichtungen deduktive und modellbasierte Verfahren unterschieden. Bei deduktiven Verfahren überlegt der Mensch sich einen Beweis für die Korrektheit der Software. Das geht natürlich nicht ohne Mathematik: Die Anforderungsspezifikation muss in Form einer mathematischen Theorie vorhanden, oder zumindest in eine solche transformierbar, sein. Die Korrektheit der Software wird dann als Satz dieser Theorie formuliert – „Die erwünschte Eigenschaft folgt aus der Programmbeschreibung.“ – und mit größter Sorgfalt nachgewiesen. Da solche Beweise meist sehr aufwändig und umfangreich sind, werden hierbei so genannte Theorembeweiser eingesetzt, das sind Softwarewerkzeuge,

die den Menschen beim Beweisen unterstützen und die automatisierbaren Beweisschritte übernehmen. Theorembeweiser sind gut anwendbar in speziellen Bereichen, wie zum Beispiel der Vermeidung von Sicherheitslücken bei Smartcards, oder der Überprüfung der Terminierungseigenschaften von Programmen. Einer der beeindruckendsten erfolgreichen Einsätze deduktiver Verifikationsmethoden ist ein Korrektheitsbeweis für die Steuerungssoftware des METEORs, der ersten fahrerlosen Metrolinie in Paris; dieser gliedert sich in etwa 28.000 (!) einzelne Teilbeweise.

Bei den modellbasierten Verifikationsverfahren beschreibt der Mensch zunächst das Verhalten der Software in einer mathematisch-logischen Weise. Dazu werden typischerweise so genannte endliche Automaten verwendet. Das sind Modelle, in denen alle möglichen Zustände einer ablaufenden Software dargestellt werden und die Wechsel zwischen diesen Zuständen, die durch Ausführung der Programmanweisungen bewirkt werden. Zur systematischen Überprüfung aller Zustände existieren verschiedene Algorithmen. Dank signifikanter Verbesserung dieser Algorithmen und der zugehörigen Datenstrukturen, einhergehend mit der Verfügbarkeit schnellerer Computer und größerer Datenspeicher, sind diese Techniken, die vor zehn Jahren nur für sehr einfache Programme geeignet waren, inzwischen auf realistische Softwaresysteme anwendbar.

Insbesondere die Methode des so genannten „Model Checking“ findet bei der Fehlersuche in Programmen zunehmenden Einsatz. Ähnlich einem Schachprogramm überprüft ein Model Checker, also das Softwarewerkzeug, welches den Model-Checking-Prozess implementiert - systematisch alle möglichen Szenarien. Hierbei besteht die Herausforderung darin, die größtmögliche Anzahl von Szenarien durchrech-

mathematisch-logischen Methoden finden

nen zu können. Mit Standard-techniken ist es heutzutage durchaus möglich, auf einem üblichen Laptopsystem hundert Millionen von Zuständen zu durchsuchen. Durch die Anwendung dedizierter Algorithmen können für spezifische Programme noch viel größere Zustandsräume überprüft werden; so sind zum Beispiel eingebettete Systeme mit 10^{476} Zuständen¹ mit Hilfe von Zerlegungstechniken analysiert worden.

Typische Systemeigenschaften, die sich auf diese Weise feststellen lassen, sind von qualitativer Art: Ist das berechnete Endergebnis des Programms in Ordnung? Oder: Kann die nebenläufige Software in eine Verklemmungssituation geraten, bei der zwei Programme gegenseitig aufeinander warten und dadurch das ganze System lahm legen? Darüber hinaus ist es auch möglich, Echtzeiteigenschaften zu überprüfen: Wird der Airbag rechtzeitig gezündet, nachdem das Airbag-Steuerungssystem einen Zusammenstoß erkannt hat, oder: Kann eine Verklemmung innerhalb einer Stunde auftreten? Wenn der Model Checker irgendwann feststellt, dass eine gewünschte Eigenschaft nicht erfüllt ist, wird automatisch ein Beispiel-Ablauf des Systems generiert, der zu dem unsicheren Zustand führt. Diese nützliche „Debugging“-Information kann dazu benutzt werden, den Fehler nachzuvollziehen und das Programm entsprechend zu korrigieren.

Model Checker sind in Anwendungen verschiedener Art erfolgreich eingesetzt worden. So wurden beispielsweise Verklemmungssituationen in Online-Software zur Flugticketservierung festgestellt, führten mehrere Studien zu signifikanten Änderungen in international eingesetzten Kommunikationsprotokollen, und man fand wesentliche Fehler in der Steuerungssoftware des flexiblen Damms, der den Seehafen von Rotterdam, einen der größten Häfen Europas, vor Über-

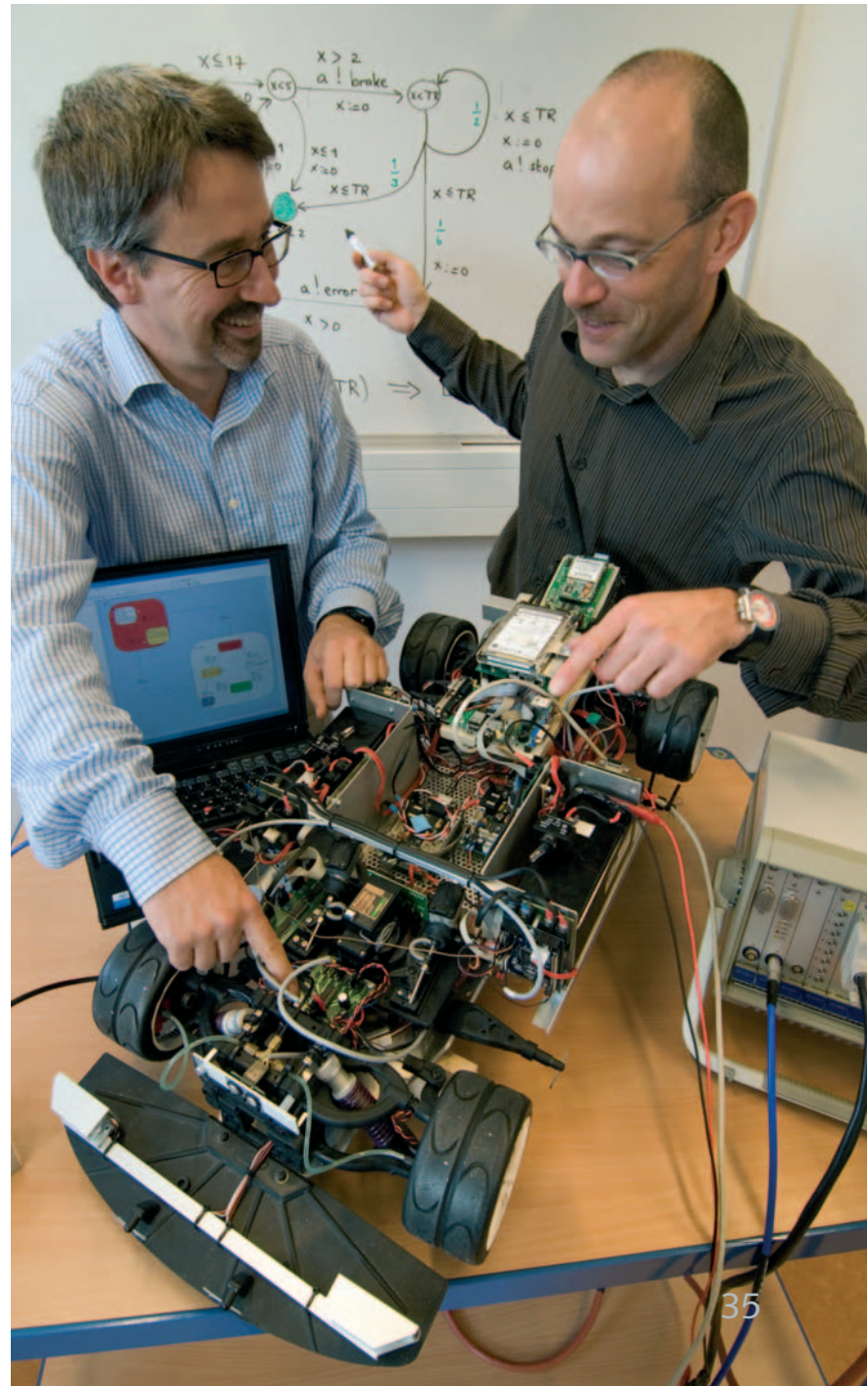
schwemmungen durch die Nordsee schützt. Aktuelle Forschungsthemen, an denen auch an der RWTH Aachen intensiv gearbeitet wird, sind unter anderem das Model Checking dynamischer Aspekte von Datenstrukturen, so genannte Zeigeranalyse, die Analyse stochastischer und hybrider Aspekte („Die Wahrscheinlichkeit, dass das System innerhalb von vier Stunden in einen Verklemmungszustand gerät, beträgt 0,01 Prozent“), und die Kombination von deduktiven Beweistechniken und Model Checking.

Autoren:
Univ.-Prof. Dr.ir. Joost-Peter Katoen ist Inhaber des Lehrstuhls für Informatik 2 (Softwaremodellierung und Verifikation). Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Kowalewski ist Inhaber des Lehrstuhls für Informatik 11 (Software für eingebettete Systeme).

www-i11.informatik.rwth-aachen.de

www-i2.informatik.rwth-aachen.de

¹Zum Vergleich: Die Anzahl der Elementarteilchen im Universum wird auf etwa 10^{79} geschätzt.



*Bild 1:
Professor Kowalewski und
Professor Katoen besprechen an
einem Automodell das sicher-
heitskritische Verhalten eines
eingebetteten Systems zum
automatischen Notbremsen.*

Foto: Peter Winandy

Roboterfußball –

Seit fast zehn Jahren werden unter dem Dach der internationalen RoboCup Föderation regelmäßig Wettkämpfe im Roboterfußball ausgetragen. So fanden in diesem Jahr die RoboCup-Weltmeisterschaften in Bremen statt, an denen auch die RWTH mit dem Team „AllemaniACs“ teilnahm. Die Vision dieser Initiative ist es, im Jahr 2050 mit einem Team humanoider Roboter gegen den amtierenden FIFA-Weltmeister anzutreten und zu gewinnen. Dabei geht es allerdings nur vordergründig um Fußball. Vielmehr soll die Forschung auf Gebieten wie Mechatronik, Robotik und künstlicher Intelligenz zur Entwicklung autonomer, intelligenter Roboter langfristig unterstützt werden. Die Veranstaltungen des RoboCup dienen dazu, neue Methoden von der Bildverarbeitung bis zur Handlungsplanung im spielerischen Wettstreit zu vergleichen und praktisch zu evaluieren. Die Idee dabei ist, dass diese Methoden auch für die Entwicklung von Robotern für „ernsthafte“ Anwendungen wie im Haushalt, in der Krankenpflege oder bei der Erforschung des Mars von Nutzen sind. Im Folgenden werden nach einem kurzen Überblick über die verschiedenen Robocup-Szenarien die wesentlichen Komponenten der AllemaniACs-Roboter vorgestellt, die es ihnen erlauben, sich auf einem Spielfeld zurecht zu finden, Ball und Gegner zu erkennen und koordiniert zu handeln.

Der RoboCup ist in verschiedenen Ligen mit unterschiedlichen Herausforderungen organisiert. So gibt es Ligen, die ganz ohne Hardware auskommen. Hier spielen pro Team elf Computerprogramme in einer simulierten Umgebung Fußball gegeneinander. Andere Ligen nutzen als Hardware die Roboterhunde von Sony, wieder andere befassen sich mit der Entwicklung von humanoiden Laufmaschinen. Neben Fußball existieren noch andere Anwendungsszenarien mit direkterem Praxisbezug. In der so

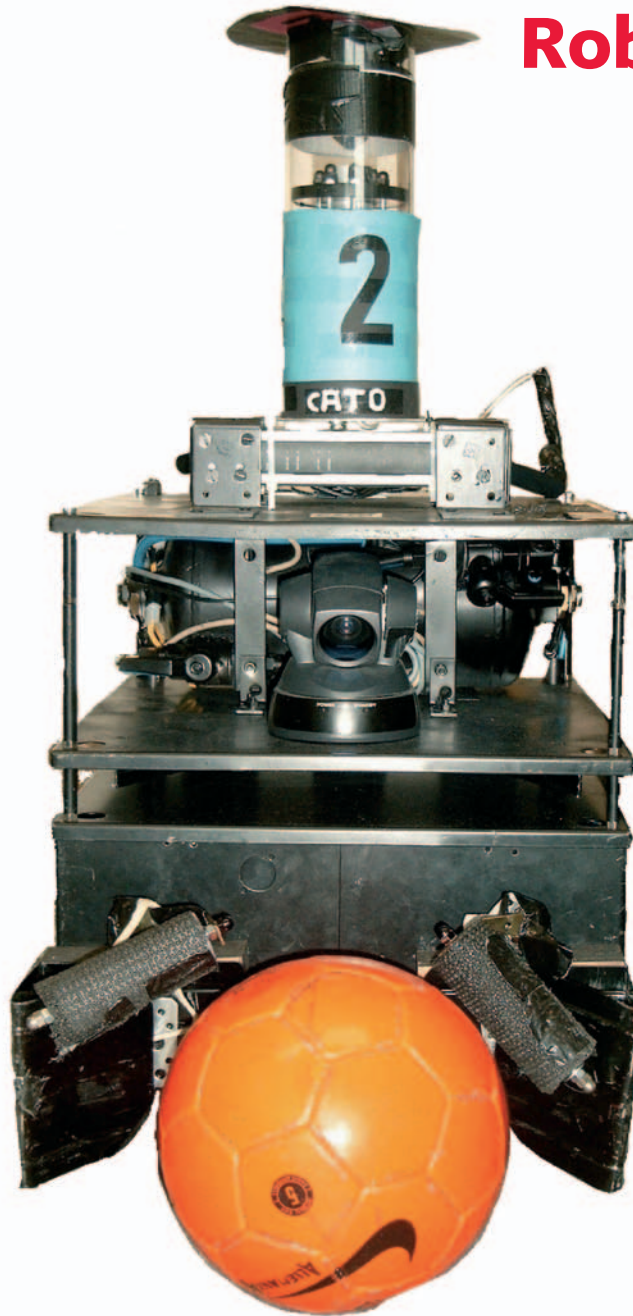


Bild 1:
Ein Fußballroboter der „AllemaniACs“. Hinter dem Ball befindet sich der Kolben für den pneumatischen Kicker. Die gerichtete Kamera ist im mittleren Aufbau vor dem Tank für die Druckluft zu sehen. Auf der oberen Ebene befindet sich die Omnivision-Kamera.

genannten Rescue-Liga geht es darum, Verschüttete in Katastrophengebieten mit Hilfe von Robotern zu bergen, und die RoboCup@Home-Liga befasst sich mit dem Einsatz von Maschinen in der häuslichen Umgebung zur Verrichtung alltäglicher Arbeiten, was unter anderem für die Altenpflege wichtig werden könnte.

Das Aachener Team AllemaniACs nimmt mit seinen Robotern in der Middle-Size-Liga teil. Hier spielen bis zu fünf Roboter mit einer maximalen Größe von jeweils 50 Zentimetern Breite und Tiefe sowie 80 Zentimetern Höhe auf einem Hallenspielfeld mit den Maßen zwölf mal acht Meter. Die Roboter spielen vollautonom, das heißt nach Anpfiff ist kein menschliches Eingreifen erlaubt.

Ein Fußballroboter muss zunächst über einen geeigneten Antrieb zur Fortbewegung verfügen. Da die Entwicklung von Laufmaschinen noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass man humanoide Roboter für ein schnelles Spiel einsetzen kann, sind die Roboter in der Middle-Size-Liga radgetrieben. Das Aachener Team benutzt



hier einen so genannten Differentialantrieb, bei dem zwei Räder einzeln angesteuert werden können. Dies erlaubt es dem Roboter, auf der Stelle zu drehen. Die AllemaniACs-Roboter, die zusammen mit dem Lehrstuhl für Technische Informatik entwickelt wurden, benutzen Motoren aus Elektrorollstühlen. Zusammen verfügen beide Motoren über eine Leistung von circa sechs PS und beschleunigen den 70 Kilogramm schweren Roboter auf annähernd zehn Stundenkilometer.

Neben den Motoren besitzen die AllemaniACs-Roboter als weiteren Aktuator einen pneumatisch betriebenen Kicker. Druckluft wird in einen Kolben eingelassen, der ein Pleul beschleunigt, das dann gegen den Ball stößt. Mit ei-

Wissenschaft, die Spaß macht

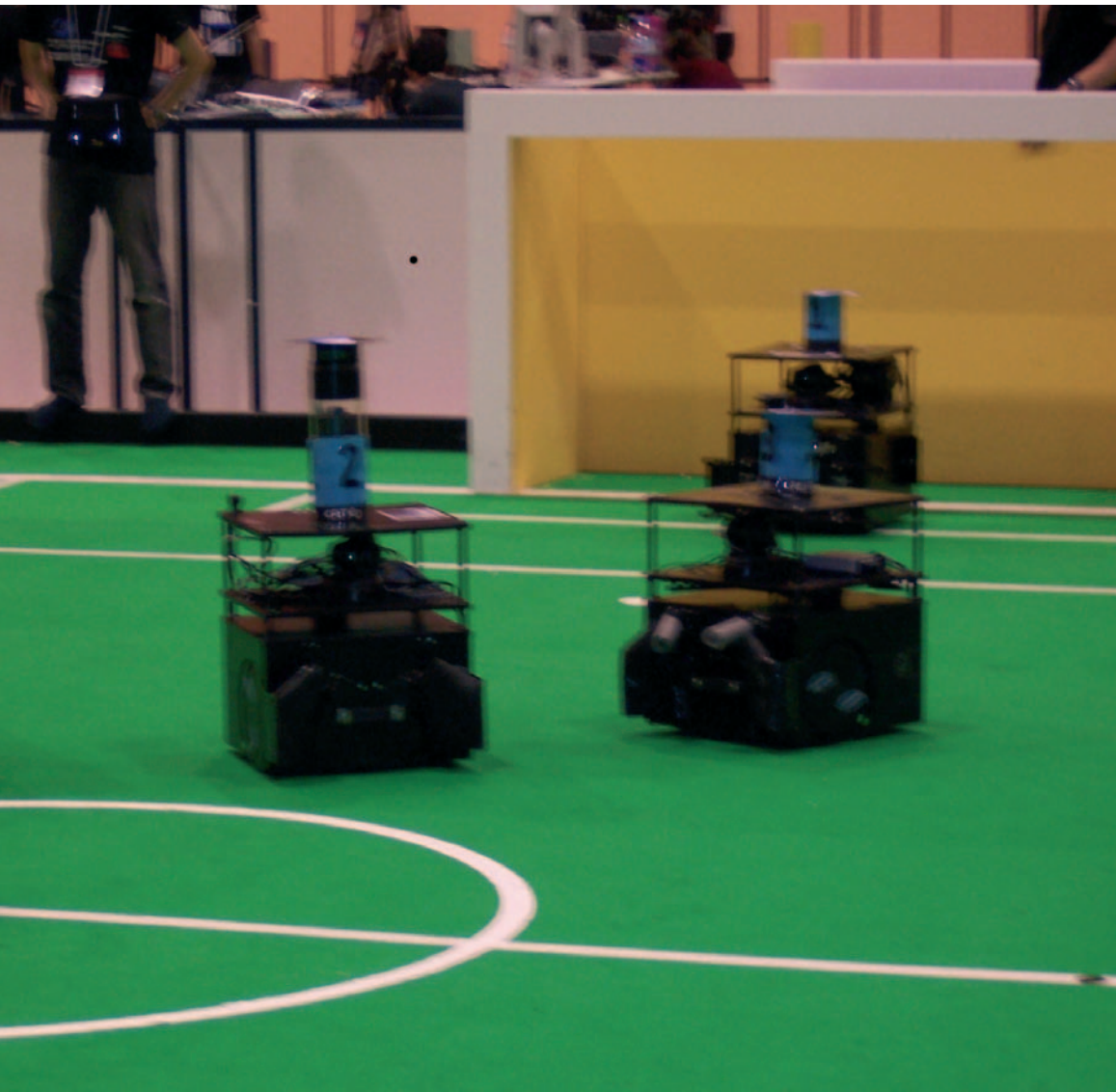


Bild 2:
Das Aachener Team bei der Startaufstellung zu einem Spiel der Weltmeisterschaft 2004 in Lissabon.

nem Arbeitsdruck von bis zu zehn Bar kann der Ball auf ungefähr 20 Stundenkilometer beschleunigt werden. Gespeist wird der Druckzylinder durch den Tank, der sich hinter der gerichteten Kamera befindet, siehe Bild 1.

Damit ein Roboter Fußball spielen kann, muss er sich ein Modell seiner Umgebung aufbauen, das heißt er muss mittels seiner Sensoren die eigene Position sowie die des Balls auf dem Spielfeld bestimmen. Um den Robotern das Leben etwas zu vereinfachen, sind die zwei Meter breiten Tore und der Ball

farblich gekennzeichnet. Ein Tor ist blau gestrichen, das andere gelb. Der offizielle Spielball ist ein oranger Winterball der Größe fünf. Bild 2 zeigt das Aachener Team vor Anpfiff eines Spieles bei den Weltmeisterschaften 2004 in Lissabon.

Zur Kollisionsvermeidung und Positionsbestimmung verwenden die Roboter einen 360 Grad-Laserscanner. Dieser hat eine Auflösung von einem Grad und eine Frequenz von zehn Hertz, das heißt er nimmt zehn Mal pro Sekunde je 360 Abstandsmessungen rund um den Roboter vor. Mit Hilfe dieser Daten kann der Roboter bestimmen, in welchem Abstand sich Objekte in seiner Umgebung befinden. Der Roboter benutzt diese Werte, um Kollisionen mit Hindernissen zu ver-

meiden, und sich auf dem Spielfeld mit einer vorher gegebenen Umgebungskarte zu lokalisieren. Bild 3 zeigt eine Spielszene aus Sicht eines Roboters. Zu sehen sind zwei weitere Mitspieler, einer steht auf der Torraumgrenze, der andere befindet sich im gelbem Tor. Die Daten, die der Laserscanner von dieser Szene liefert, sind in Bild 4 dargestellt. Im linken Teil der Abbildung erkennt man sehr deutlich das Tor und die beiden anderen Roboter. Der rechte Teil zeigt die gleiche Szene in Strahlendarstellung. Die Objekte sind für den menschlichen Betrachter schwerer zu erkennen. Insbesondere fällt auf, dass der Laserscanner in vier Winkelbereichen keine Daten liefert. Diese „blinden Flecken“ stammen von der Ebenen-Kon-

struktion der Roboter. Auf der unteren Ebene befindet sich der Laserscanner. Die Ebene mit der Kamera und dem Drucktank ist darüber auf Stehbolzen montiert, die dem Laserscanner die Sicht in diesen Bereichen erschweren.

Zur Orientierung und Selbstlokalisierung vergleicht der Roboter die Daten des Laserscanners mit seiner Umgebungskarte, in der alle statischen Objekte eingetragen sind. Im Falle des Fußballfeldes besteht die Umgebungskarte lediglich aus den Toren und den Eckfahnen. Der eingesetzte Ansatz zur Selbstlokalisierung ermöglicht aber auch die Navigation in komplizierten Umgebungen wie Bürofluren. Mit Hilfe der Entfernungsmessungen des aktuellen Laserscans

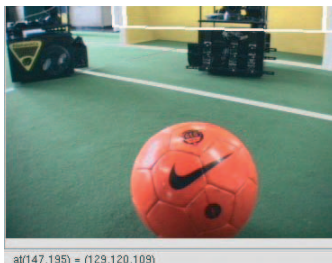


Bild 3:
Die Spielszene aus Sicht eines Roboters.



Bild 4:
Die Spielszene aus Bild 3 aus Sicht des Laserscanners.

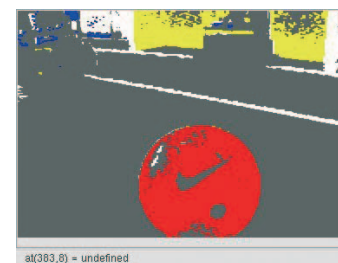


Bild 5:
Die Spielszene aus Bild 3 nach der Farbsegmentierung.

erhält man eine Positionsschätzung mit einer Genauigkeit von bis zu fünf Zentimetern. Es handelt sich bei der Positionsbestimmung immer um eine Schätzung, da zum einen die Daten, die der Laserscanner liefert, eine Abweichung von bis zu drei Zentimetern haben, zum anderen Objekte wie gegnerische Roboter oder Menschen Teile der Umgebung verdecken.

Zur Wahrnehmung des Balls verwenden die Roboter zwei Kameras. Eine ist gerichtet und auf einer Schwenk-Neige-Einheit montiert, die andere ist eine so genannte Omnivision-Kamera. Mittels der Schwenk-Neige-Vorrichtung ist es möglich, denn Ball durch Drehen der Kamera zu verfolgen. Aus den aufgenommen Bilddaten muss nun die Position des Balls extrahiert werden. Das bedeutet, dass zunächst der orange „Flecken“ im Bild gefunden werden muss. Durch unterschiedliche Lichtverhältnisse erscheint das Orange des Balls unterschiedlich, und auch Farben, die für den Menschen nicht orange wirken, erscheinen für die Bildverarbeitungssoftware in diesem Farbspektrum. Um die Suche nach dem Ball im betreffenden Ausschnitt zu vereinfachen, bedient man sich eines Bildsegmentierungsverfahrens. Ähnliche Farbbereiche werden zu einem Ton zusammengefasst, wie in Bild 5 zu sehen ist. Die Farben, nach denen hier segmentiert wurde sind die

typischen RoboCup-Farben Orange, Gelb und Blau. In der so bearbeiteten Ansicht werden nun die orangenen Pixel gesucht. Um die Position des Balls zur Kamera zu bestimmen, wird versucht, einen Kreis zu definieren, der möglichst exakt auf der Trennlinie zwischen orangenen und grauen Pixeln liegt. Wie Bild 5 zeigt, ist dies kein einfaches Unterfangen, da die Ballfläche selber nicht homogen ist und auch die Kanten zwischen orange und grau unscharf erscheinen. Wie bei der Position des Roboters auf dem Spielfeld kann die Software nur eine Schätzung über die tatsächliche Position abgeben. Diese ist jedoch hinreichend genau, um den Roboter durch entsprechende Fahrbefehle den Ball ansteuern zu lassen. Die bereits erwähnte Omnivision-Kamera erlaubt eine Rundumsicht, die es dem Roboter ermöglicht den Ball auch dann zu erkennen, wenn dieser hinter ihm liegt. Die Rundumsicht wird durch einen Parabolspiegel realisiert, dazu dient eine verspiegelte Glühbirne (!), auf die eine einfache Web-Kamera gerichtet ist. In Bild 6 a ist ein Beispiel eines Kamerabildes zu sehen. Durch eine Transformation der Bilddaten auf tatsächliche Koordinaten ist es möglich, das Bild zu entzerren, siehe Bild 6b. Aus den Sensorwerten wird nun ein Weltmodell aufgebaut, das die eigene Position des Roboters auf dem Spielfeld, die Position des Balls, die Positio-

nen der Mitspieler und Gegner umfasst. Mit Hilfe dieser Daten muss der Roboter entscheiden, was er als nächstes tut. Dem Roboter stehen dafür Aktionen wie „fange den Ball ab“, „fahre zu Position“, „dribble“ oder „schieße“ zur Verfügung. Für jede dieser Aktionen werden in der Steuerungssoftware die geeigneten Aktuatoren im richtigen Moment ein- beziehungsweise ausgeschaltet. Die „Kunst“ für den Roboter besteht nun darin, aus diesen Möglichkeiten eine Handlungsfolge auszuwählen, die einem intelligenten Spielzug entspricht. Die Schwierigkeiten für einen Roboter, das Richtige zu tun, lässt sich am Beispiel von Bild 7 verdeutlichen. Wenn der gegnerische Torhüter, hier mit der blauen Nummer 1, in der kurzen Ecke des Tores erkannt wird, ist es vielleicht nicht ratsam, gleich auf das Tor zu schießen. Besser wäre es, mit dem Ball in die Mitte zu dribbeln, um dann in die lange Ecke zu zielen. Der Erfolg dieser Aktion hängt nun sehr davon ab, was der Verteidiger mit der blauen Nummer 2 macht. Sinnvollerweise würde er versuchen, den Torschuss zu verhindern, und damit auch die Möglichkeit in die Mitte zu fahren zunichte machen. Man erkennt, dass es nicht so einfach ist, aus einer Spielsituation die richtigen Aktionen abzuleiten. Erschwert wird das Problem außerdem durch unsichere Sensorwerte und Ungenauigkeiten der Aktuatoren. Der Aachener

Ansatz beruht auf dem Prinzip des entscheidungstheoretischen Planens, wobei aus einer Reihe von möglichen Handlungsabläufen, die vom Programmierer vorgegeben werden, diejenige ausgewählt wird, die mit hoher Wahrscheinlichkeit den größten Nutzen erzielt.

Abgesehen von den vielen Einzelproblemen, die bei der Entwicklung von Fußballrobotern gelöst werden müssen, besteht vielleicht die größte Herausforderung darin, alle diese Einzelteile zu einem funktionierenden Ganzen zusammenzufügen. Wenn dies geschafft ist und man die Maschinen endlich in ein Spiel schicken kann, ist die Anspannung durchaus mit einem richtigen Fußballspiel aus Sicht des Trainers vergleichbar: Wie im echten Spiel gibt es auch eine Menge Spaß.

Autoren:
Dipl.-Inform. Alexander Ferrein ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehr- und Forschungsgebiet Informatik 5 (Wissensbasierte Systeme). Univ.-Prof. Gerhard Lakemeyer, Ph.D. ist Leiter des Lehr- und Forschungsgebiets Informatik 5 (Wissensbasierte Systeme).

www.robocup.rwth-aachen.de

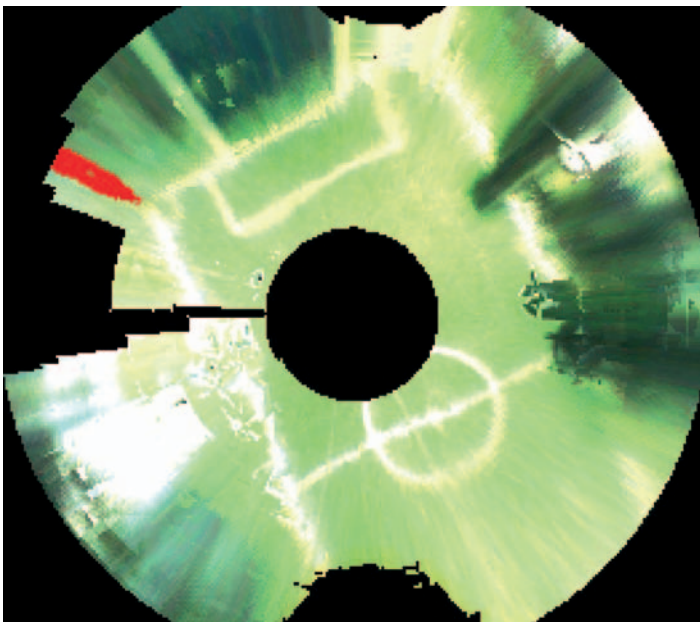


Bild 6 a:
Das RoboCup-Spielfeld aus
Sicht der Omnikamera.

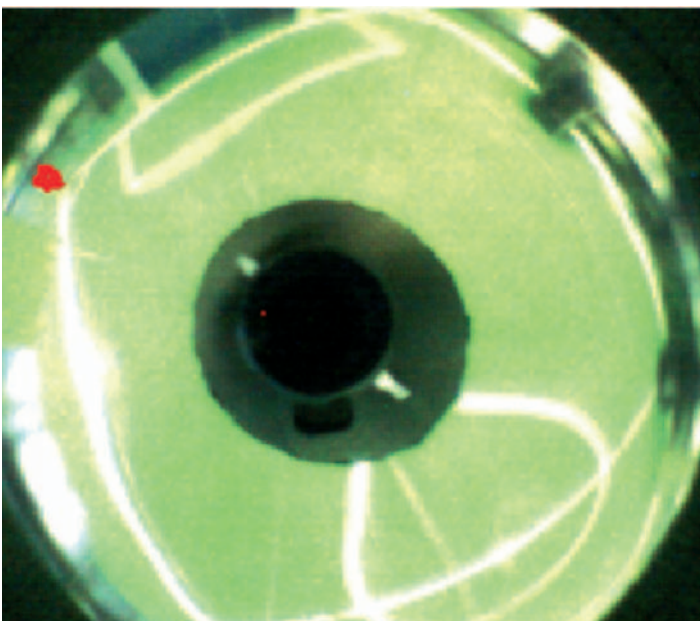


Bild 6 b:
Das Spielfeld nach der
Entzerrung.

Bild 7:
Eine typische Entscheidungs-
situation beim Torschuss.



Es liegt was in der Luft

Informationen zur Luftqualität sollen überall und jederzeit verfügbar sein

Die Qualität der Luft hat sich über die letzten Jahre in Deutschland verbessert. Sagte man früher dem Ruhrgebiet einen durch Schmutz verdunkelten Himmel nach, so ist heute die Luft dank verbesserter Prozess- und Filtertechniken in der industriellen Produktion von vielen Schadstoffen befreit. Qualmende Industrieanlagen mit ihren weit sichtbaren Schloten sind vielerorts durch emissionsarme Produktionen ersetzt worden. Trotz dieser Innovationen ist die Luft in Ballungsräumen teilweise nur von mittelmäßiger Qualität und bei Inversionswetterlage manchmal sogar richtig schlecht. Der Teufel lauert immer noch im Detail und dieses Detail kann zum Beispiel Feinstaub heißen. Bild 1 zeigt, dass auch heutzutage in manchen Regionen noch eine Gefährdung der Gesundheit durch Feinstaubbelastung in der Luft liegt.

Selbst gesunden Menschen kann „schlechte“ Luft das Leben erschweren. Für Allergiker und Asthmatiker kann schlechte Luftqualität sogar noch deutlich unangenehmer werden. Fachleute warnen bereits vor den gesundheitlichen Risiken verunreinigter Luft. Immer mehr Erwachsene leiden an chronischer Bronchitis und Kinder sind einer Asthmagefahr ausgesetzt. Feinstäube sind hier als Hauptverursacher ausgemacht. Sie sind gefährlich, denn sie sollen Lunge, Herz und Kreislauf belasten.

Aus diesem Grund hat die Europäische Union schon vor vielen Jahren Grenzwerte vorgeschrieben, die ab Januar 2005 nicht mehr verletzt werden dürfen. Der Grenzwert für Feinstaub – in der Fachterminologie wird Feinstaub als Particulate Matter, kurz PM, bezeichnet und für verschiedene Größen der Staubteilchen gemessen – liegt beispielsweise bei 50 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft und darf nur an 35 Tagen pro Jahr überschritten werden. Die Behörden sind verpflichtet, Gegenmaßnahmen – wie beispielsweise Verkehrsumlenkungen oder die Einführung einer City-Maut – einzuleiten, falls

diese Grenzwertüberschreitungen zu oft passieren.

Anfang 2005 konnte man sehr gut beobachten, wie bereits im März an einigen Orten die täglichen Grenzwertverletzungen das jährlich zulässige Limit überschritten hatten. Da Feinstaub ein nachgewiesener Grund für Atemwegserkrankungen bei Kindern ist, kann beispielsweise eine Information über Feinstaubwerte für betroffene Eltern wertvoll sein, um die Freizeitgestaltung und den Tagesablauf ihrer Kinder besser zu planen: besser im Hause Monopoly spielen, als sich im Freien beim Fußball körperlich zu verausgaben.

Information über Luftqualität ist demzufolge ein attraktiver Inhalt der Informationsdienste für den Bürger. Es stellt sich zudem die informationstechnische Herausforderung, mobile, kontext- und lokationsbasierte Dienste zu entwickeln, da Luftqualität regional unterschiedlich ist, sich im zeitlichen Verlauf ständig verändert und aus verschiedenen Bestandteilen besteht, von denen Bevölkerungsgruppen unterschiedlich betroffen sind. In Deutschland wird die Luftqualität von behördlichen Institutionen mit einem weitflächigen Sensornetzwerk regelmäßig und hochqualitativ erfasst, geprüft und analysiert. Im Prinzip stehen diese Informationen dem Bürger auch zur Verfügung: er hat eventuell nur nicht immer direkten Zugriff auf die Daten und kann die Daten nicht interpretieren – insbesondere wird er nicht personalisiert gewarnt, falls sich in seiner näheren Umgebung für ihn speziell relevante Werte verschlechtern.

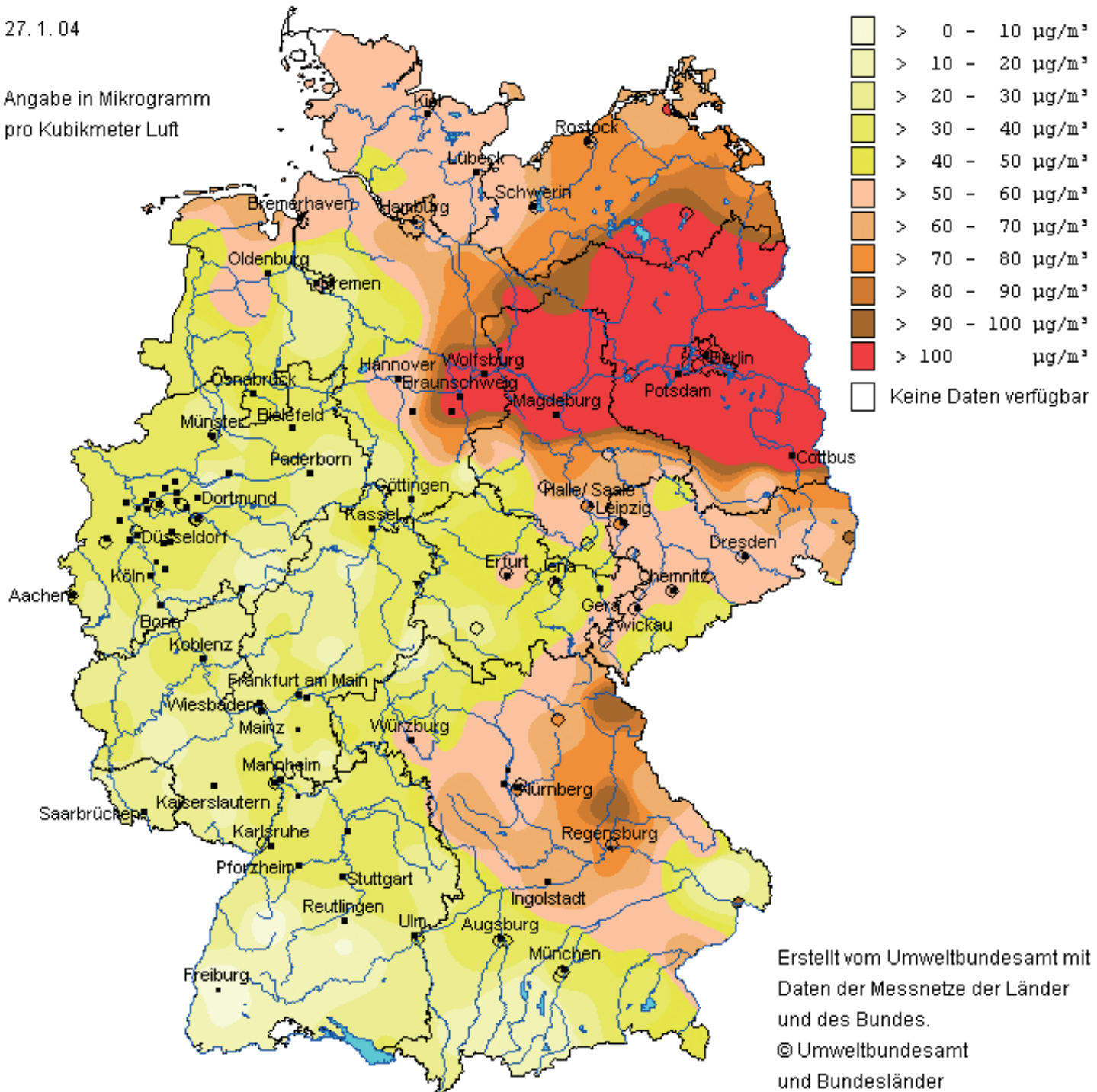
Somit sind die Voraussetzungen für einen attraktiven Informationsdienst gegeben. Es stellt sich nun die Frage einer erfolgreichen Umsetzung, beispielsweise wie man Luftqualität vermittelt, aber auch Fragen der kulturellen Akzeptanz von Medien wie SMS – kurz für Short Message Service –, Internet oder WAP – kurz für Wireless Application Protocol.

Bild 1:
Verteilung der
Staubbelastung am
27.1.2004 in Deutschland.
Quelle:
Umweltbundesamt

Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration

27.1.04

Angabe in Mikrogramm
pro Kubikmeter Luft



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionssituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

In diesem Beitrag werden die Informationsdienste vorgestellt, die im Rahmen der EU-Projekte „Air Pollution Network for Early warning and information Exchange“ und „APNEE-TU – APNEE Take-Up measure“ implementiert und in mehreren Regionen und Ländern evaluiert wurden. Getragen wurde APNEE durch ein interdisziplinäres Partnernetzwerk aus den Bereichen Umweltüberwachung und Vorhersage, Informatik und Telekommunikationsdienste.

APNEE war mit der Vision gestartet, einen Informationsdienst zu etablieren, der Bürger über die aktuelle Luftqualität informiert und zwar unter Berücksichtigung

- der Lokation des Bürgers, das heißt unterschiedliche Werte in unterschiedlichen Regionen,
- der Präferenzen des Bürgers, beispielsweise Ozonempfindlichkeit, Asthma, Alarmierungsintervalle und individuelle Schwellwerte, und
- der zur Verfügung stehenden Informationskanäle wie Handy, PDA, Strassenpaneele, PC und Internet oder Telefonansagedienste.

Dies erforderte

- die Nutzung von unterschiedlichen Informationskanälen mit Pull- und Push-Diensten für die Informationsverbreitung,
- eine gerätespezifische und intuitive Aufbereitung der Inhalte,
- eine Erweiterung der aktuellen Messwerte um Vorhersagen, Verhaltenshinweise und Zusatzinformationen,
- die Implementierung von Luftqualitätsindices zur vereinfachten Vermittlung der Luftqualität, und
- eine technische Referenzplattform zur Integration von Messnetzen durch Air Quality Management Systeme und Verbreitungskanäle.

APNEE visualisiert anschaulich und informativ aktuelle und prognostizierte Messwerte und bietet Hintergrundinformationen, Gesundheitstipps, Statistiken und Links. Durch verschiedene Push- und Pull-Dienste werden Bürger über sie betreffende Entwicklungen der Luftqualität aktuell und situativ angepasst informiert. Bislang informierte häufig erst die Zeitung im Nachhinein über Ozonalarm, wodurch Betroffene keine Chance einer aktiven Reaktion haben.

Für die Verbreitung werden moderne Informationskanäle, wie das WorldWideWeb, SMS und MMS - kurz für Multimedia Message Service -, WAP, Smart Phone Applikationen, Telefonansagedienste und Informationsstellen in unterschiedlichen Kombinationen in verschiedenen Europäischen Ländern getestet. Bild 2 zeigt die Realisierung eines WAP-basierenden Informationsdienstes für die Stadt Madrid und Bild 3 zeigt das Luftqualitätsportal von t-info, wie es auch nach Abschluss des Projektes weiter erfolgreich betrieben wurde.

Die Verbreitung von online Daten auf mobilen Endgeräten bildet eine ergonomische Herausforderung an die Darstellung, insbesondere im Hinblick auf eine intuitive Visualisierung. Da Bürger Grenzwerte und mögliche Auswirkungen von Luftschadstoffen nicht bewerten können, müssen Messwerte als Index dargestellt werden. Der Index muss erlauben, Werte in Kategorien wie „gut“, „mittel“ und „schlecht“ einzuteilen. Zudem ist eine Visualisierung des Index über eine Ikonik wie Smiley oder spezielle Symbole wichtig. Daher hat APNEE die Verwendung eines Luftqualitätsindex, abgekürzt LQI, forciert, da die Darstellung einzelner Schadstoffwerte den Bürger in der Einschätzung der Auswirkungen überfordern mag: Was kann eine erhöhte Staubbelaftung einhergehend mit mittlerem Ozon und geringem SO₂ nun für mein Kind bedeuten? Welcher Wert ist wichtiger,

welcher schädlicher? Ein LQI, der prägnant die Luftqualität als „gut“ oder „schlecht“ bewertet, ist durch den Bürger leicht zu erfassen und zu verstehen. Für Deutschland wurde ein von allen Landesbehörden akzeptierter LQI verwendet und über APNEE erstmalig veröffentlicht.

● Aus der Benutzerakzeptanz lassen sich folgende Schlussfolgerungen für die Gestaltung eines Informationsdienstes für Bürger ziehen:

- Rohdaten haben für den Bürger nur eine beschränkte Aussagekraft, da er sie interpretieren können muss. Notwendig sind indizierte Informationen, die mit Verhaltenshinweisen zu ergänzen sind;
- Behörden pflegen eine wissenschaftliche und bürokratische Akkuratess in der Aufbereitung der Information. Der Kunde ist hingegen an Verständlichkeit und greifbarem Nutzen interessiert, beispielsweise an Vorhersagen und räumlichen Interpolationen, die in ihrer wissenschaftlichen Genauigkeit mit einem Risiko versehen sind – hier gilt es, Brücken zu schlagen zwischen der wissenschaftlichen Präzision eines Datenanbieters und den markt-getriebenen Anforderungen eines Syndikators;
- SMS hat sich als der beliebteste Alarmierungsdienst erwiesen, wenn er durch weiterführende Informationen über das Internet ergänzt wird.

Als besondere Herausforderung hat sich die vertragliche Gestaltung der Wertschöpfungsketten über Partner mit unterschiedlichen Geschäftsinteressen erwiesen. Das Geschäftsmodell für den Betrieb der Dienste reicht von der (Co-) Finanzierung durch den Bürger, über eine Image-steigernde Initiative durch die Telekommunikationsunternehmen bis hin zu einer Dienstleistungsinnovation der Behörden gegenüber dem Bürger. Die Interessen der regionalen Stakeholder haben in APNEE alle drei Formen zum Tragen kommen lassen.

APNEE wurde von der Europäischen Kommission DG XIII im 5. Rahmenprogramm unter IST-1999-11517 gefördert. Das Projekt wurde von der EU Kommissarin für Information Society and Media, Viviane Reding, als eine von drei Erfolgsgeschichten der von der EU geförderten IT Forschung ausgewählt und im Jahr 2005 in Brüssel vorgestellt.

Autor:
Univ.-Prof. Dr. Thomas Rose
betreibt das Lehr- und Forschungsgebiet Medienprozesse.

www.apnee.org

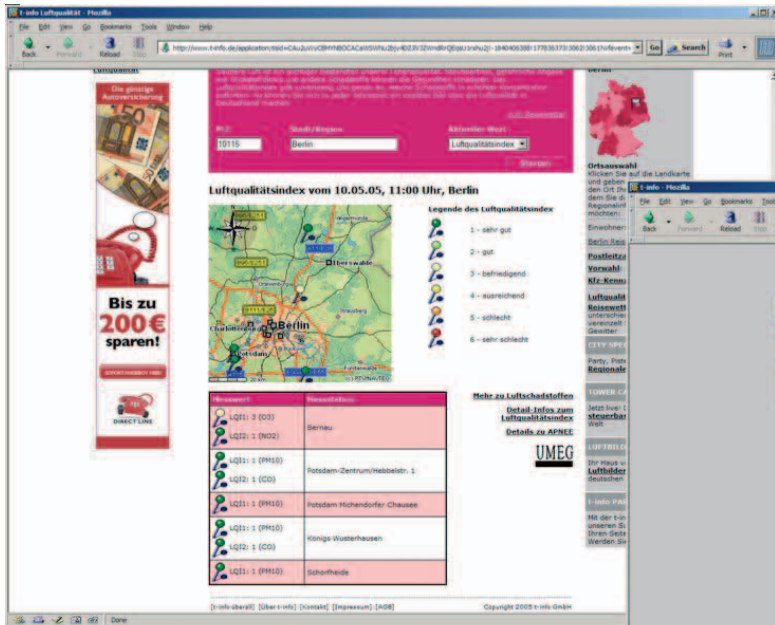


Bild 2:
WAP-basierte Informations-
dienste für die Stadt Madrid.

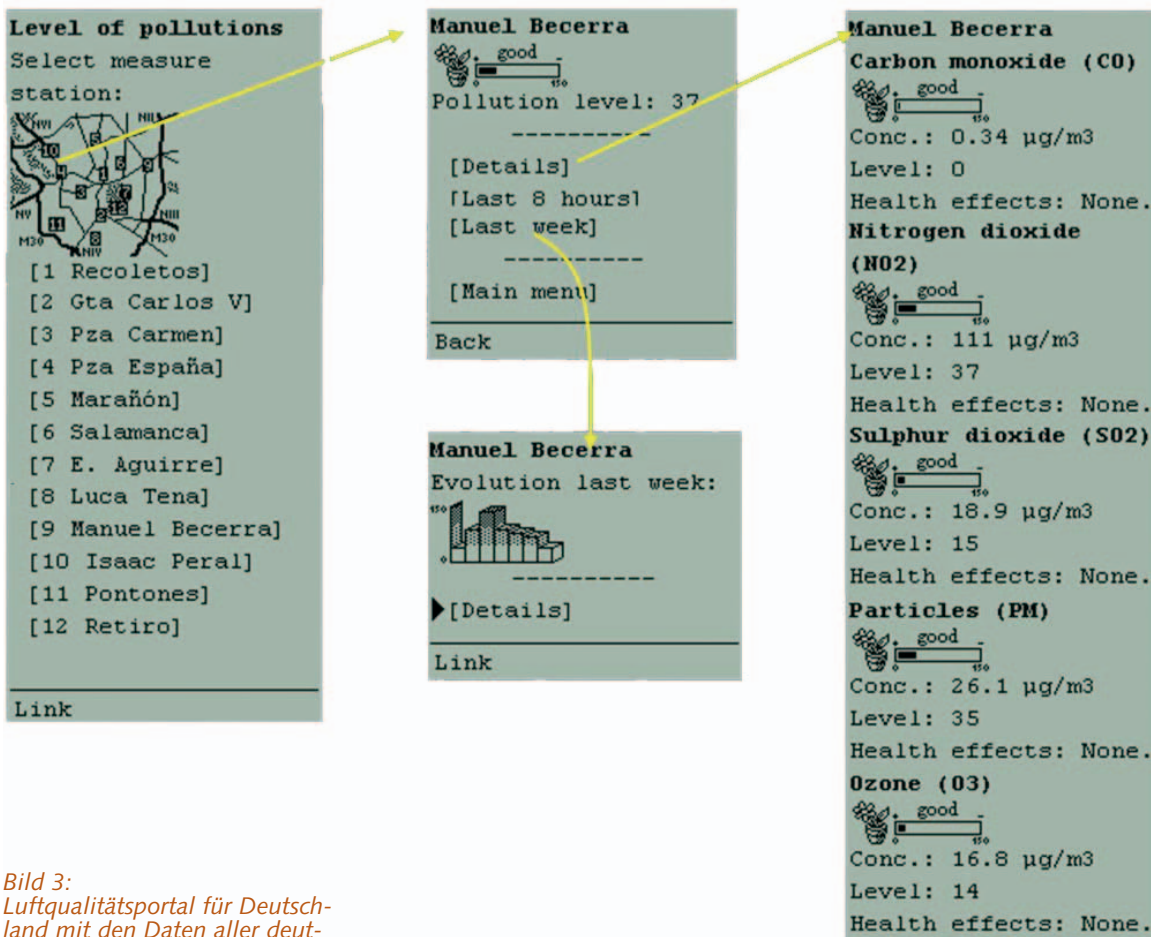


Bild 3:
Luftqualitätsportal für Deutsch-
land mit den Daten aller deut-
schen Städte und Regionen.

Studium 2010 – eLearning wird Realität

RWTHTHEMEN 2/2006

Katharina und Tim studieren Informatik. Sie sitzen gerade mit ihren Laptops im eLearning Lab und sind per WLAN in das Netz der RWTH eingebunden. Sie diskutieren die gemeinsam erstellten Zwischenergebnisse ihrer Projektarbeit mit ihren Kommilitonen an der ETH Zürich und dem Imperial College London per Videokonferenz. Nicht zugeschaltetes Gruppenmitglied ist der Ingenieur Andreas, der sein Maschinenbau-Diplom bereits vor Jahren an der RWTH erworben hat. Er wird sich das Ergebnis der Konferenz später aus dem Netz laden und mit seinen Arbeitsergebnissen anreichern. Im Laufe seiner Arbeit benötigt er zunehmend computerbasierte Simulationsverfahren. Nach einer Internetanfrage, erhielt er vom virtuellen Bildungsbroker der IDEA League¹ Angebote aus dem Studiengang Computational Engineering Science der RWTH, die es ihm erlauben, die neuen Informatiktechniken als Teilzeitstudierender von seinem Arbeitsplatz in Süddeutschland aus zu erwerben.

Ihre individuelle Studienplanung haben alle von zuhause mittels Webbrowser vorgenommen. Dabei konnten sie passende Studienbausteine für ihr Curriculum wählen, die sie ihren unterschiedlich angestrebten Abschlüssen näher bringen. Für die gemeinsam gewählte Veranstaltung wurde automatisch ein virtueller Lernraum eingerichtet, in dem Sie mit den Betreuern, den anderen Teilnehmern, aber auch nur untereinander als Projektgruppe kommunizieren, Ergebnisse gemeinsam bearbeiten und austauschen können. Die zwei-wöchentlichen Aufgaben reichen sie über das Internet ein und erhalten sofort eine Rückmeldung nach automatischer Analyse Ihrer Resultate. Natürlich wird auch noch ihr Übungsgruppenleiter einen Blick auf die Bearbeitung werfen und zusätzliche Rückmeldungen und Tipps zur weiteren Bearbeitung der Projektaufgabe ergänzen. Dazu kann er neben den eingereichten Er-

gebnissen auch auf den Lösungsprozess der Lerngruppe gezielt zugreifen und diesen kommentieren.

Die abschließende Prüfung der Veranstaltung wird ebenfalls rechnergestützt unter Einbeziehung der Projektergebnisse und Einsatz von professionellen Werkzeugen durchgeführt. Zum Glück sind die Zeiten vergangen, in denen Klausuren mit Stift und Papier geschrieben werden mussten, die Aufgaben praktisch nichts mit der eigentlichen Projektarbeit zu tun hatten und eher korrektur-optimiert entwickelt wurden, um den Massenbetrieb zu beherrschen. Durch teilautomatische Vorkorrektur und den Einsatz professioneller Werkzeuge können anspruchsvollere Aufgaben gestellt, gelöst und der gesamte Lösungsprozess bewertet werden.

Es gibt viele Visionen des flexiblen, selbstgesteuerten, individualisierten Lernens, die sich bereits heute mit entsprechender didaktischer Fantasie realisieren lassen. Die Informations- und Kommunikationstechnologien und die zunehmende Integration unterschiedlichster Funktionen und multimediale Medien bieten eine hervorragende Plattform für Innovationen im Bildungsbereich.

Autor:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrik Schroeder betreut das Lehr- und Forschungsgebiet Informatik (Computerunterstütztes Lernen und Wissensstrukturierung).

¹Zusammenschluss der Technischen Hochschulen Imperial College London, TU Delft, ETH Zürich und RWTH Aachen.

Die Anforderung:**Gute Arbeit
leisten****Die Herausforderung:****Bei einer der
ersten Adressen****Bosch Rexroth. The Drive & Control Company**

Im Technologiefeld Hydraulik umfasst das Angebot von Rexroth hydraulische Antriebe und Steuerungen sowohl für die stationäre Industrie als auch für mobile Arbeitsmaschinen. Die Mobilhydraulik findet ihre Anwendung in Baumaschinen, Landmaschinen, Fahrzeugen der Fördertechnik, Nutzfahrzeugen und vielen Sonderfahrzeugen. Rexroth bietet für diese Applikationen komplette und abgestimmte Systeme für Arbeitshydraulik und Fahrtrieb sowie eigene Elektronik-Kompetenz.

Am Standort Elchingen (Nähe Ulm) sind folgende Positionen zu besetzen:

**Gruppenleiter
Fertigungsprozessentwicklung
(m/w)**

- Planen von Fertigungsmaschinen, Montageeinrichtungen sowie Materialfluß- und Lagersystemen
- stetiges Weiterentwickeln der im Haus eingesetzten Fertigungstechnologien
- Betreuen und Beraten der zugeordneten Fertigungsstandorte im Ausland

Fertigungsplaner (m/w)

- Erstellen und Pflegen von PQPs, Prüfplänen, Regelkarten, Arbeitsplänen und NC-Programmen
- Planung und Beschaffung der erforderlichen Betriebsmittel

Ihr Profil:

- erfolgreich abgeschlossenes Maschinenbaustudium oder adäquate Studiengänge
- Berufserfahrung in dem jeweiligen Gebiet – ggf. in der Metallindustrie
- sehr gute Englisch-, PC- und ggf. SAP-Kenntnisse

**Ingenieur
Zeitwirtschaft (m/w)**

- Gestalten von Arbeitsplätzen und Systemen nach arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten
- Optimieren bestehender Produktionsabläufe und Arbeitssysteme nach Kosten- und Qualitätsaspekten

**Qualitätsingenieur
Lieferantenentwicklung (m/w)**

- Sicherung der Produktqualität durch Weiterentwicklung der in- und ausländischen Lieferanten bzgl. Prozessoptimierung und Qualitätsplanung
- Qualitätsmonitoring der Lieferanten

Die Bosch Rexroth AG, ein Unternehmen der Bosch-Gruppe, erzielte im Jahr 2005 mit mehr als 28.200 Mitarbeitern einen Umsatz von rund 4,6 Milliarden Euro. Das Unternehmen bietet unter der Marke Rexroth alle relevanten Technologien des Antreibens, Steuerns und Bewegens von der Mechanik über die Hydraulik und Pneumatik bis zur Elektronik sowie den zugehörigen Service. In über 80 Ländern ist der Global Player für 500.000 Kunden ein starker Partner und umfassender Ausrüster für die Industrie- und Fabrikautomation sowie für mobile Anwendungen.

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann senden Sie Ihre vollständigen Unterlagen an:
Bosch Rexroth AG
Hydraulics
Personalabteilung, Frau Christina Morina, Glockeraustraße 2, 89275 Elchingen
Telefon 07308 82-2008, E-Mail: Christina.Morina@boschrexroth.de
www.boschrexroth.com

Was können Informatiker von Ameisen lernen?



Mobile Kommunikationsnetze bestehen aus zahlreichen Rechnern, deren Topologie sich schnell und unvorhersehbar ändern kann. Für ein solches Netz ist eine zentrale Verwaltung ungeeignet, denn sie kann zum Engpass werden. Im Falle einer Störung der Zentrale ist das Netz nicht mehr funktionsfähig. Daher sind Konzepte gefragt, die ohne Zentrale auskommen. Es gibt biologische Systeme, welche diese Aufgabe überraschend clever lösen. Ein solches Prinzip wird im Folgenden beschrieben und auf das Auffinden von Wegen in mobilen Netzen angewandt.

Ameisen und ihre „Schwarmintelligenz“

Ameisen leben in so genannten Kolonien, deren Größe zwischen 10.000 und einigen Millionen Tieren variiert. Die Kolonie hat ein „Nest“, das dem Bedarf entsprechend ausgebaut wird.

Die Kolonie muss organisiert und strukturiert sein, um überleben zu können. Ameisen besitzen aber keine direkte Kommunikationsmöglichkeit durch Sprache, Augenkontakt oder Tastsinn. Stattdessen kommunizieren sie indirekt miteinander über Botenstoffe, so genannte Pheromone. Dabei handelt es sich um chemische Substanzen, die bestimmte Aktivitäten veranlassen, wenn sie von Ameisen wahrgenommen werden. Die Mitglieder einer Kolonie sind in der Lage, Pheromone verschiedener Kolonien voneinander zu unterscheiden. Die Ameisenkolonie ist also nicht zentral organisiert, sondern jede Ameise agiert autonom. Durch die von den Pheromonen ausgelösten Aktivitäten ergibt sich eine Gesamtorganisation, ohne dass der einzelnen Ameise dies bewusst ist. Man bezeichnet dieses Verhalten auch als Schwarmintelligenz. Am Beispiel der Futtersuche soll das Prinzip verdeutlicht werden.

Futtersuche bei Ameisen

Wenn Ameisen auf Futtersuche gehen, wissen sie zunächst nicht, wo sich dieses befindet. Sie entdecken die Nahrung also eher zufällig. Sobald eine Ameise Nahrung findet, nimmt sie etwas davon auf und tritt den Rückweg an. Dabei scheidet sie Pheromone aus und kennzeichnet so den Weg zur Futterstelle. Ameisen, die sich in der Nähe befinden, bemerken die Pheromone und werden dadurch ebenfalls zur Futterstelle geleitet. Auch sie tragen Nahrung zum Nest und scheiden dabei die Botenstoffe aus, wodurch sich die Pheromonintensität verstärkt. Auf diese Weise entsteht eine positive Rückkopplung, denn immer mehr Ameisen entscheiden sich für den gefundenen Weg, siehe Bild 1 und 2. Diesem Effekt wirkt mit der Zeit eine Verflüchtigung der Pheromone entgegen, was den Vorteil hat, dass Wege zu bereits ausgebeuteten Futterstellen nach kurzer Zeit nicht mehr begangen werden.

Von der Schwarmintelligenz zur Informatik

Die Futtersuche der Ameisen ist ein gutes Beispiel dafür, wie in der Natur ein komplexes Problem durch unkoordiniert arbeitende Individuen effizient gelöst wird. Es gibt sehr interessante Analogien und Anwendungsmöglichkeiten bei Kommunikationssystemen, die wir im Folgenden aufzeigen. Ein wichtiges Problem in Kommunikationsnetzen ist das effiziente Auffinden von Wegen für den Datentransport. Dieses Problem wird in spontan entstehenden Netzen ohne feste Infrastruktur, in so genannten mobilen Ad-hoc-Netzen, zusätzlich dadurch erschwert, dass sich die Knoten unabhängig voneinander bewegen, und dass sich dadurch die möglichen Verbindungswege häufig ändern. Die Verbindungen werden meist über mehrere Zwischenknoten geführt. Alte Wege können unbenutzbar werden und es müssen möglichst

schnell neue unter Einbezug anderer Zwischenknoten gefunden werden, um die Kommunikation aufrecht zu erhalten. Nebenbei bemerkt, die Thematik „mobile Ad-hoc-Netze“ stammt ursprünglich aus dem militärischen Bereich – wie so vieles aus der Informatik, was später nützliche nichtmilitärische Anwendungen gefunden hat. Das Internet ist ein prominentes Beispiel dafür. Das Problem der Koordination von Panzern in der Wüste während des Golfkriegs hat ziemlich sicher bei den ersten Überlegungen zu mobilen Ad-hoc-Netzen Pate gestanden. Im Folgenden wird ein am Lehrstuhl Informatik 4 (Kommunikation und verteilte Systeme) entwickeltes Verfahren vorgestellt, das die Schwarmintelligenz von Ameisen für die Bestimmung von Wegen, das so genannte Routing, in mobilen Ad-hoc-Netzen zum Vorbild nimmt.

Der Ameisenroutingalgorithmus

Der Algorithmus besteht aus drei Phasen:

- **Pfadfindung:** Es werden Pfade zwischen einem Quell- und einem Zielknoten gesucht. Diese Phase entspricht der Futtersuche von Ameisen, wobei die Quelle als Nest und das Ziel als Futterstelle fungiert. Zunächst ist kein Weg zwischen Quelle und Ziel bekannt.
- **Pfadpflege:** Hier werden gefundene Pfade zwischen Quelle und Ziel verwaltet.
- **Fehlerbehandlung:** Diese Phase ist für die Behandlung von Fehlern zuständig, die zum Beispiel dadurch entstehen, dass sich ein Knoten bewegt und eine zuvor bestehende Verbindung unterbrochen wird.



Bild 1:
Blattschneiderameisen auf
Nahrungssuche. Mit freundlicher
Genehmigung von Alex Wild.

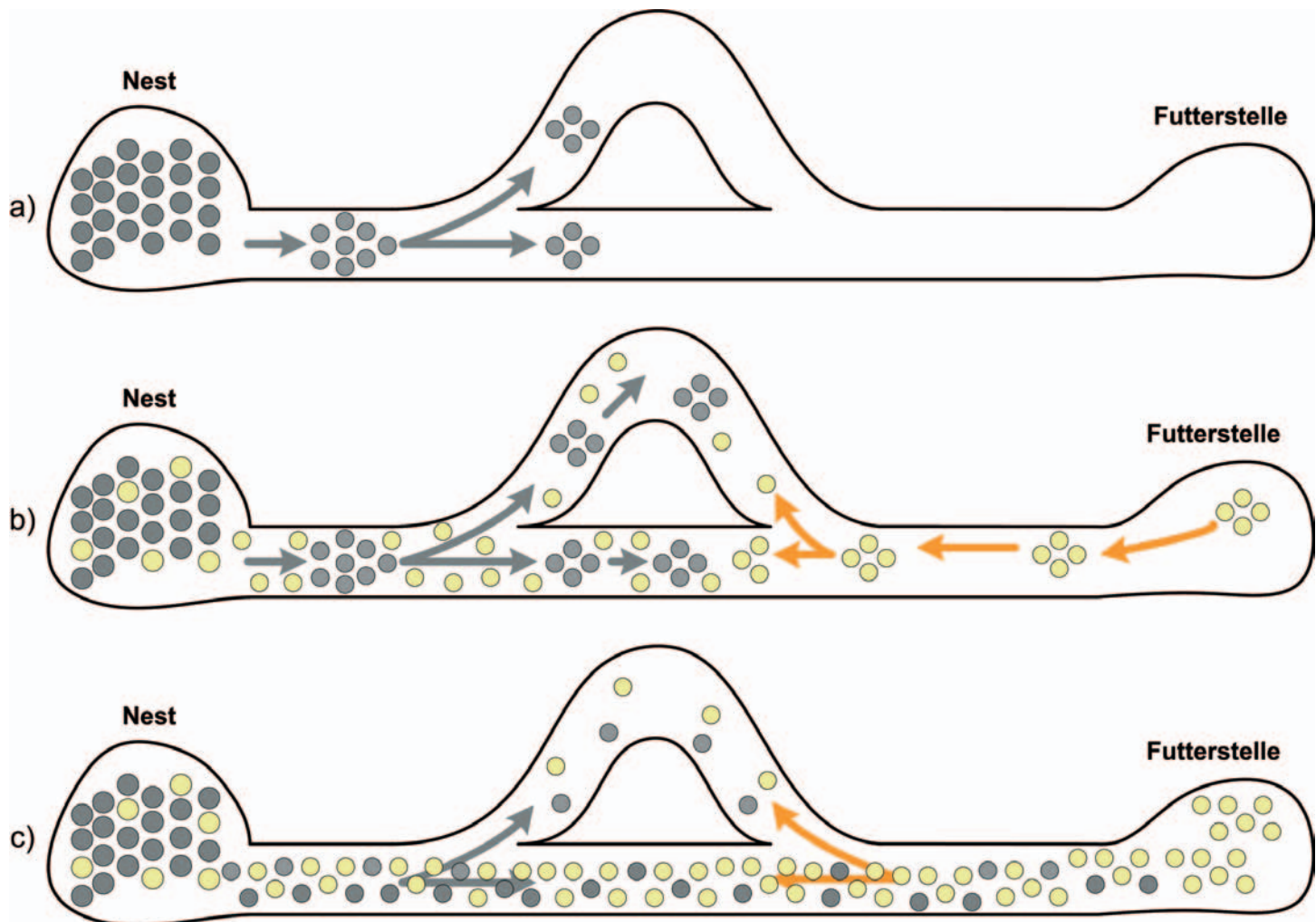


Bild 2:
Schwarmintelligentes
Verhalten von Ameisen.
a) Es gibt zwei Wege vom Nest
zum Futterstelle. Der obere
Weg ist länger als der untere.
b) Ameisen finden über beide
Wege zur Futterstelle. Die
Ameisen, die den kürzeren
Weg benutzen sind schneller.
Dadurch erhält die Pheromon-
konzentration auf dem kürze-
ren Weg einen höheren Wert.
c) Schließlich benutzen fast alle
Ameisen den kürzeren Weg zur
Futterstelle und zurück.



Wenn die Quelle Daten zum Ziel senden möchte, sucht sie zuerst in ihrer Routingtabelle – das ist eine Datenbank, die zunächst leer ist und sich nach und nach mit „gelernten“ Einträgen füllt – nach einem Pfad. Bei Erfolg kann mit der Datenübertragung begonnen werden, andernfalls startet Phase eins. In der ersten Phase werden Pfade durch Vorwärtsameisen, kurz VA, und Rückwärtsameisen, kurz RA gefunden. Eine Vorwärtsameise legt eine Pheromonspur zurück zur Quelle – ebenso wie Theseus den Faden der Ariadne benutzte, um den Weg zum Eingang des Labyrinths des Minotaurus wiederzufinden. Übrigens hätte es eines solchen Fadens nicht wirklich bedurft, denn ein Labyrinth in der Antike hatte nur einen einzigen verschlungenen Weg, der kreuzungsfrei ins Zentrum und wieder zurückführte. Die komplexeren Irrgärten mit zahlreichen Wegalternativen tauchten erst im ausgehenden Mittelalter auf. Irrgärten sind also eine bessere Veranschaulichung dessen, was eine Vorwärtsameise tut, als der Ariadnefaden – nämlich eine Spur zum vorherigen Abzweigungspunkt zu legen, von dem aus man sich dann sukzessive zur Quelle zurückhangeln kann. Analog dazu legt eine Rückwärtsameise eine Pheromonspur zurück zum Ziel. Beide Ameisenarten sind aus Sicht der Informatik kleine Datenpakete, die Informationen zu ihrer Identifikation und zur Erkennung von Duplikaten enthalten.

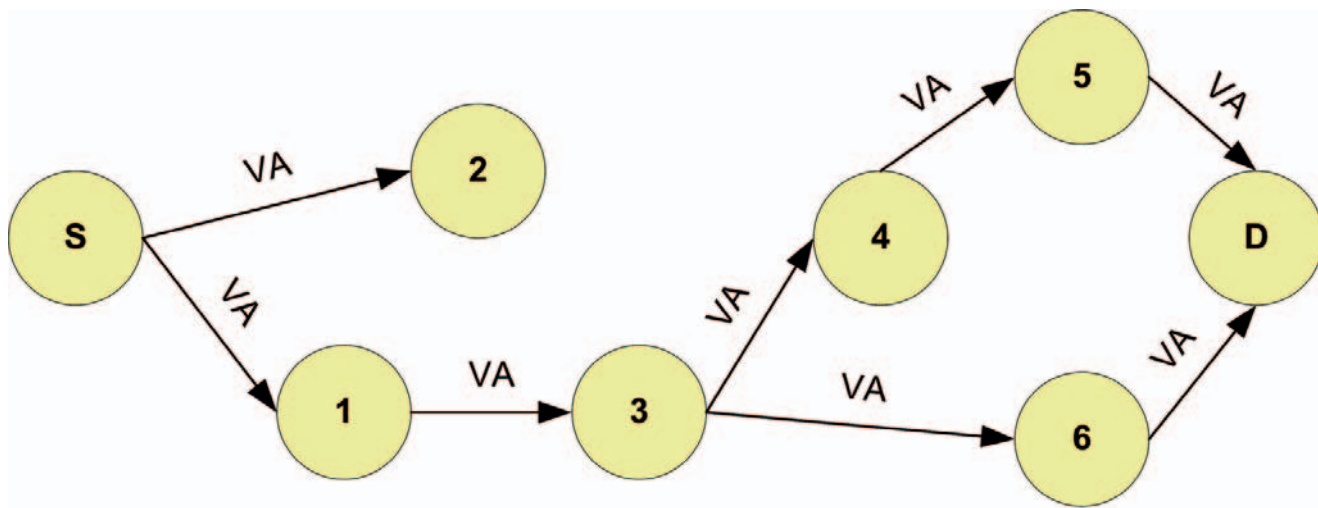
Die VA-Nachricht der Quelle wird von den direkt erreichbaren Nachbarn weitergeleitet, siehe Bild 3a. Ein Knoten, der eine VA-Nachricht empfängt, erzeugt einen Rückwärts-Eintrag in seiner Routingtabelle, woraus er erkennt, wie die VA-Nachricht von der Quelle zu ihm gelangte. Dieser Eintrag ist von der Form: Quelladresse, Nachbar, Pheromonkonzentration. Dabei ist „Nachbar“ die Adresse des Knotens, von dem die VA-Nachricht kam. Anschließend leitet der Knoten die VA-Nachricht an seine direkten Nachbarn weiter. Jede VA-Nachricht wird pro Knoten nur einmal versandt. Der Zielknoten sendet nach Empfang einer VA-Nachricht eine RA-Nachricht zurück zur Quelle über die inzwischen bekannten Wege, siehe Bild 3b. Nachdem die Quelle die RA-Nachricht empfangen hat, können Daten zwischen Quelle und Ziel ausgetauscht werden.

In der zweiten Phase müssen einmal etablierte Pfade im laufenden Betrieb gewartet und verbessert werden. Wenn die Pheromonspuren durch VA- und RA-Nachrichten ausgelegt sind, erfolgt die Pfadpflege durch nachfolgende Datenpakete, wobei die Änderung der aktuellen Pheromonwerte eine wichtige Rolle spielt. Wenn Knoten 3, siehe Bild 3a, ein von Quelle S stammendes und für Ziel D bestimmtes Datenpaket an seinen Nachbarn 6 weiterleitet, erhöht er die Pheromonkonzentration für den betreffenden Routingtabelleneintrag, das heißt der entsprechende Pfad zum Ziel wird verstärkt. Analog dazu erhöht Knoten 6 den Eintrag in Richtung zu Knoten 3, was bedeutet, dass der Pfad zur Quelle ebenfalls verstärkt wird. Dieser positiven Rückkopplung wirkt eine negative entgegen, denn die Pheromonwerte schwächen sich im Laufe der Zeit durch Verduns-

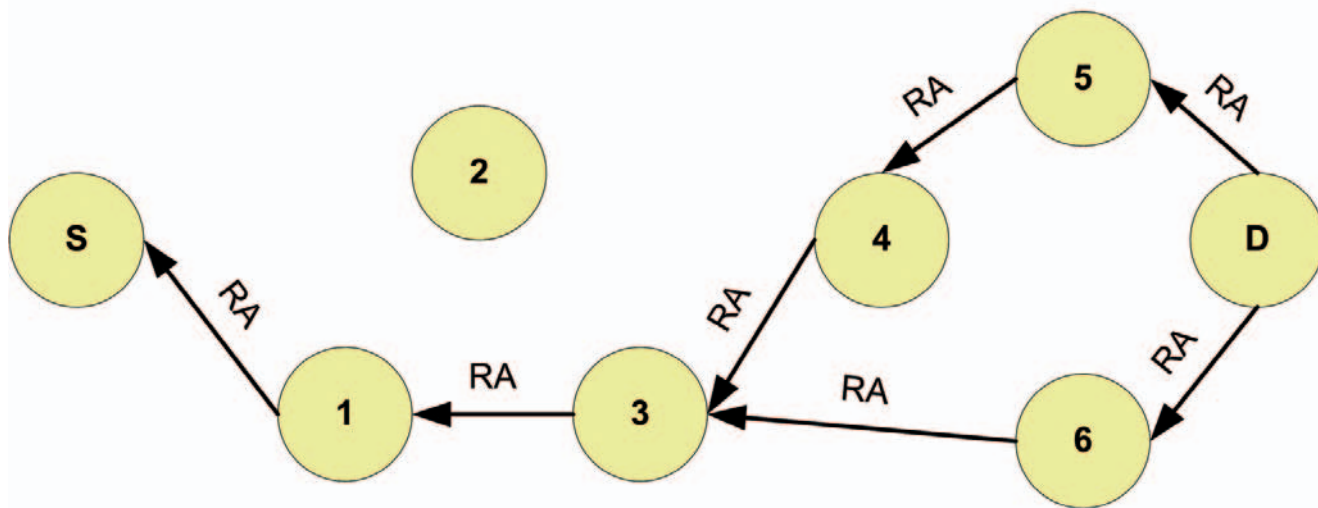
tung ab. Solche Effekte kann man unterschiedlich modellieren – zum Beispiel durch konstante Verdunstung pro Zeiteinheit, aber auch andere Modelle sind denkbar: Hier sind Computer deutlich flexibler als Ameisen, die für solche Evolutionschritte viele Tausende von Jahren benötigen würden. In der dritten Phase geht es um die Fehlerbehandlung. Bewegt sich ein Knoten aus der Reichweite seines Nachbarn, führt dies möglicherweise zum Verbindungsabbruch. Es muss dann versucht werden, die Kommunikation über einen anderen Weg weiterzuführen. Nach Möglichkeit werden mehrere Wege zwischen Quelle und Ziel in der Routingdatenbank der Netzknoten gespeichert, um bei Unterbrechungen auf alternative Wege umschalten zu können. Wenn kein anderer Weg bekannt ist, wird die Quelle informiert und die erste Phase beginnt von neuem. Es gibt zahlreiche mit dem Ameisenalgorithmus konkurrierende Verfahren, aber es hat sich gezeigt, dass der vom Lehrstuhl für Informatik 4 entwickelte Algorithmus den Vergleich mit diesen sehr gut besteht.

Autoren:
Dr.rer.nat. Mesut Günes ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Informatik 4 (Kommunikation und verteilte Systeme). Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Otto Spaniol ist Inhaber des Lehrstuhls für Informatik 4 (Kommunikation und verteilte Systeme).

www-i4.informatik.rwth-aachen.de/ameisen



a)



b)

Bild 3:
Pfadfindung:
S steht für Source, also das Nest und D für Destination, die Futterstelle. a) S sendet eine Vorwärtsameise VA aus, wodurch eine Pheromonspur zurück zu S gelegt wird. b) D verschickt nach dem Empfang von der VA eine Rückwärtsameise RA zurück zu S. Danach sind eventuell mehrere Wege zwischen S und D bekannt.

DFG-Graduiertenkolleg „Algorithmische Synthese reaktiver und diskret-kontinuierlicher Systeme“

Das Graduiertenkolleg „Algorithmische Synthese reaktiver und diskret-kontinuierlicher Systeme“, kurz AlgoSyn, läuft seit Juli 2006 und ist ein interdisziplinäres Forschungsprojekt mit 15 Doktorandenstellen, das sich von Mathematik und Informatik bis zu Ingenieurdisziplinen wie der Regelungstechnik und der Prozessleittechnik erstreckt. Unter Anleitung von zehn Professoren aus fünf verschiedenen Fachbereichen geht es um eine Kernfrage der Systementwicklung: Wie kann man zum Beispiel aus regelungstechnischen Anforderungen automatisch zu Kontroll- oder Steuerungsprogrammen gelangen, die den Anforderungen genügen? Diese „algorithmische Synthese“ zielt vor allem auf Software- und Hardwaresysteme, die in dauernder Interaktion mit anderen Systemkomponenten und ihrer Umgebung stehen. Solche Systeme können gut in der algorithmischen Spieltheorie modelliert werden – Methoden der Strategiesynthese sind daher ein wichtiger Aspekt des Kollegs. Eine zentrale Herausforderung ist außerdem die algorithmische Verknüpfung diskreter und kontinuierlicher Aspekte: auf der einen Seite die Welt der Bits und Schaltungszustände, auf der anderen kontinuierliche Parameter wie Zeit, Druck oder Temperatur.

Inhaltlich ist die Arbeit in vier Themenbereiche gegliedert: Algorithmen für agentenbasierte, probabilistische und hybride Systeme, Formale Modelle reaktiver Systeme und spieltheoretische Methoden, Softwaretechnische Einbettung und Modellierungssprachen, und schließlich Anwendungen und Demonstratoren.

Autor:
Univ.-Prof. Dr.rer.nat.
Wolfgang Thomas
ist Inhaber des Lehrstuhls
für Informatik 7
(Theoretische Informatik).

www.algosyn.rwth-aachen.de



*Einsatz von Augmented Reality
zur Unterstützung eines Technikers
bei der Durchführung komplexer
Serviceeinsätze.*

Foto: Peter Winandy



52

Prinzipiell lassen sich diese Aktionen in fahrzeuggestützte, so genannte Fahrerassistenzsysteme, und infrastrukturbasierte Maßnahmen unterteilen. Ersteres beschreiben Systeme, die den Fahrer bei der Bewältigung der Aufgabe durch die Bereitstellung von Informationen oder Warnungen unterstützen oder auch in kritischen Situationen intervenieren, um Unfälle zu vermeiden. Teilweise übernehmen diese Systeme Aufgaben des Fahrens komplett autonom, um den Fahrer zu entlasten. Die Ziele dieser Fahrerassistenzsysteme sind vielfältig und reichen von der Erhöhung des Fahrkomforts, der Verkehrssicherheit und der Verkehrseffizienz bis hin zur Verminderung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen. Die infrastrukturbasierten Maßnahmen konzentrieren sich hingegen auf die Anpassung der

Das Umweltmodell erlaubt bei Bedarf eine detaillierte Beschreibung der Einflüsse einer stationären Verkehrsumgebung. Sowohl der Straßenverlauf mit Kurven und Steigungen als auch die Anzahl und die Breite der Spuren werden angegeben. Zusätzlich zu diesen geometrischen Daten können Verkehrszeichen, Lichtsignalanlagen sowie Umweltbedingungen, wie Sichtweite, Nässe und Glätte, vorgegeben werden.

chend genau bestimmt werden. Das Fahrzeug selbst wird nach dem Ursache-Wirkung-Prinzip modelliert, bei dem zunächst die Berechnung der Antriebskraft anhand der eingestellten Gaspedalposition erfolgt. Diese Antriebskraft wird anschließend an den Rädern mit den Fahrwiderständen bilanziert. Als Getriebearten sind das konventionelle Handschalt- sowie Wandlerautomatikgetriebe implementiert. Zusätzlich dazu erlaubt das inte-

Das Verkehrsflusssimulationsprogramm PELOPS hilft bei der Entwicklung und Auslegung von Fahrerassistenzsystemen

grierte Sensormodell den Anwendern, beliebig viele Sensoren an verschiedenen Stellen des Fahrzeugs zu positionieren. Die Sensoreigenschaften können frei vorgegeben werden. Damit lassen sich auch Fahrerassistenzsysteme wie beispielsweise das Adaptive Cruise Control, ein System, das autonom einen sicheren Abstand zum Vorderfahrzeug einhält, untersuchen.

Zusätzlich zu diesem sehr detaillierten Fahrzeugmodell, das in PELOPS als „Realfahrzeug“ bezeichnet wird, existiert die Möglichkeit, mit einer weniger komplexen Versuchsanordnung zu arbeiten, um bei geringerem Rechenzeitbedarf Verkehrsphänomene zu untersuchen. Die so abgebildeten Objekte werden als 'synthetische' Fahrzeuge bezeichnet.

Die Verbindung zwischen der Fahrzeug- und der Verkehrssimulation stellt das Fahrermodell dar. Es ist in ein Verhaltens- und ein Handlungsmodell gegliedert. Im Verhaltensmodell bestimmt der virtuelle Pilot die Parameter der lokalen Fahrstrategie, also den Fahrerwunsch, aus dem aktuellen Zustand und der Umgebung. Die Parameter der lokalen Fahrstrategie sind eine gewünschte Beschleunigung, die Wahl einer Fahrspur und gegebenenfalls der einzulegende Gang. Im Handlungsmodell schließlich werden diese Parameter in fahrzeugseitige Stellgrößen wie Lenkbewegung, Pedalbetätigung, Gangwahl und Setzen des Blinkers umgesetzt. Die Basis dieses Fahrermodells bilden viele Versuchsfahrten mit „Normalfahrern“ im realen Verkehr. Hierfür wurden die Versuchsträger des ika/fka eingesetzt, die mit zahlreicher Sensorik ausgestattet sind, die die Verkehrs- und Fahrsituation erfassen. Das Verhalten der Fahrer in bestimmten Situationen wurde analysiert und in PELOPS modelliert, so dass das Verhalten der virtuellen Fahrer sehr stark dem des realen entspricht.

Die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen in der Verkehrsflusssimulation stellt nur einen ersten Schritt dar.

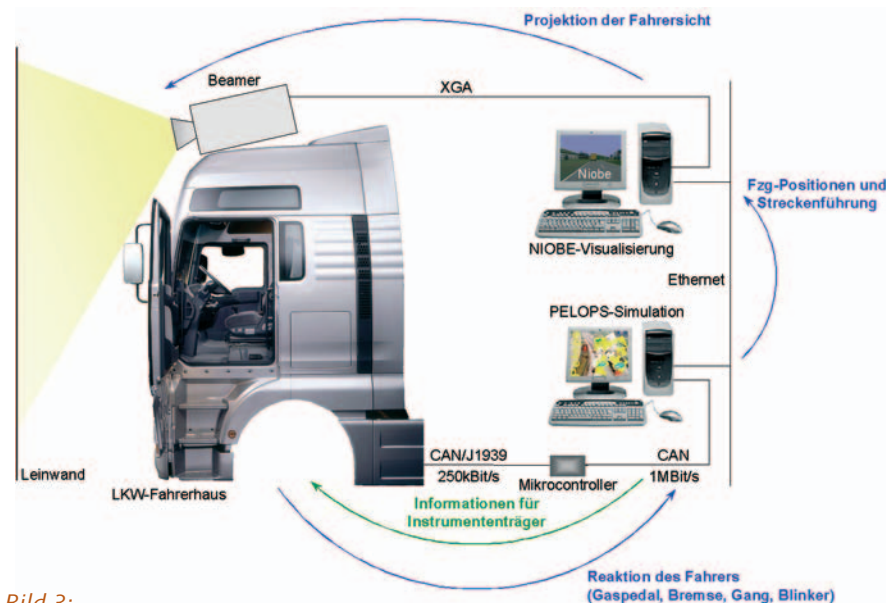


Bild 3:
Aufbau des Fahrsimulators
der RWTH Aachen.

Diese Systeme müssen zusätzlich in realen Fahrzeugen installiert und getestet werden. Damit ein Übergang von PELOPS zum Fahrzeug und anderen Werkzeugen einfach und problemlos erfolgen kann, stellt PELOPS sowohl eine Software in the Loop-, kurz SiL, als auch eine Hardware in the Loop-Schnittstelle, kurz HiL, zur Verfügung. SiL bedeutet, dass nicht alle Algorithmen und Funktionen direkt als Quellcode in PELOPS eingebunden werden müssen, sondern als Komponenten aus anderen Softwareprogrammen in die Simulation integriert werden können, wie beispielsweise MATLAB®/SIMULINK® in Bild 2. Bei HiL können zudem reale Komponenten, wie die Steuergeräte mit Assistenzsystemfunktionen und ein reales Fahrzeug oder ein realer Fahrer, in die Verkehrsflusssimulation eingebunden werden.

PELOPS SiL- und HiL-Schnittstellen ermöglichen im Zusammenspiel den Aufbau komplexer Simulationsumgebungen, wie zum Beispiel im Fahrsimulator der RWTH Aachen, der in Zusammenarbeit

mit dem Zentrum für Lern- und Wissensmanagement/Lehrstuhl Informatik im Maschinenbau (ZLW/IMA) aufgebaut worden ist, siehe Bild 3 und Bild 4. Hierbei handelt es sich um eine Verkehrsflusssimulation, bei der der reale Fahrer mit in die Simulation eingebunden wird.

Das Verkehrsflusssimulationsprogramm PELOPS wurde in der Vergangenheit im Rahmen vieler Forschungs- und Industrieprojekte eingesetzt, um Verkehrseffekte zu analysieren und Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrsqualität zu bewerten. Im Rahmen einer Untersuchung für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde der Verkehrsablauf am Hamburger Elbtunnel untersucht. Aufgrund einer Steigung im Tunnel haben viele Fahrer ihre Geschwindigkeit unbewusst verringert und dadurch Stauwellen verursacht. Als Maßnahme zur Erhöhung der Verkehrseffizienz wurde der Effekt von so genannten Lauflichtern untersucht. Diese stehen am Straßenrand und blinken mit einer Frequenz, die einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit entspricht. Ist der Fahrer schnell-

ika VERSUCH



Bild 4:
Wissenschaftler vom Institut für Kraftfahrwesen Aachen entwickeln Fahrerassistenzsysteme wie automatische Abstands- und Spurhalteassistenten unter Berücksichtigung der drei Elemente Fahrer, Fahrzeug und Umwelt anhand des Verkehrssimulationsprogramms PELOPS.

Foto: Peter Winandy



Bild 5:
Darstellung der virtuellen
Welt im Fahr Simulator der
RWTH Aachen.



ler unterwegs, scheinen die Lauflichter auf ihn zu zukommen, fährt er langsamer, laufen die Lichter von ihm weg. Auf diese Weise wird der Fahrer unbewusst dazu gebracht, genau mit der vorgegebenen Sollgeschwindigkeit zu fahren. In weiteren Studien wurde unter anderem der Effekt von aggressivem

und kooperativem Fahren, das Fahrverhalten im Nebel und die Wirkung von Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation auf den Verkehrsfluss im Rahmen der deutschen Forschungsinitiative INVENT untersucht.

Neben der Analyse derverkehrlichen Wirkung kam PELOPS auch vielfach für die Entwicklung

von Fahrerassistenzsystemen zum Einsatz. So wurden unter anderem das als Adaptive Cruise Control bekannte Abstandsregelsystem, ein Kreuzungsassistent, ein Notbremsassistent und ein Spurwechselassistent im Rahmen von PELOPS entwickelt.

Autoren:
Dipl.-Ing. Ahmed Benmimoun ist Leiter des Bereichs Verkehr am Institut für Kraftfahrwesen. Dipl.-Ing. Federic Christen ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen.

www.pelops.de



Die Zukunft
gemeinsam gestalten

A1-MAXI
High-Speed-DSL und Telefonie
für die Unternehmen der Region

accom.de
Grüner Weg 100
52070 Aachen
0180 10 100 31

Graduiertenkolleg „Software für mobile Kommunikationssysteme“

Software, Mobilität, Kommunikation – diese drei Faktoren revolutionieren derzeit die Informatik/Informationstechnik. Die Kombination dieser Aspekte ist Gegenstand des Graduiertenkollegs, das im Januar 2000 als Nachfolger des sehr erfolgreichen Kollegs „Informatik und Technik“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingerichtet wurde und das die Zwischenevaluation nach viereinhalb Jahren erfolgreich bestanden hat.

Das Kolleg fördert 14 Stipendiaten für eine Dauer von maximal drei Jahren. In diesem Zeitraum soll idealerweise die Promotion abgeschlossen werden, was viele, aber nicht alle Kandidaten fristgerecht schaffen. In Einzelfällen wird die Endphase der Promotion durch eine anderweitige Finanzierung unterstützt. Hauptanliegen des Kollegs ist neben der vorausgesetzten hohen Qualität der Forschungsarbeiten die wesentliche Verkürzung der ganz allgemein als zu lang empfundenen Promotionsdauer. Dieses Ziel soll auch durch ein Promotionsstudium erreicht werden, über dessen sinnvolle Gestaltung allerdings die Meinungen bisher noch auseinandergehen. Die am Kolleg beteiligten Hochschullehrer sind der Überzeugung, dass man diese neuen Herausforderungen konstruktiv angehen und eine bestmögliche Lösung finden muss.

Ein besonderes Feature des Graduiertenkollegs besteht in der Förderung von weiteren 14 Forschungsstudierenden, die sich in der Endphase ihres Studiums befinden und durch aktive Teilnahme an den Kollegveranstaltungen so schnell wie möglich an den aktuellen Stand der Forschung herangeführt werden sollen.

Mittwochs findet um 10.00 Uhr im Informatikzentrum, Ahornstraße 55, Raum 5052, ein Jour Fixe des Graduiertenkollegs statt, zu dem Interessierte herzlich eingeladen sind. An diesen Terminen stellen Stipendiaten beziehungsweise Forschungsstudierende ihre aktuellen Ergebnisse vor oder es finden Vorträge anderer Referenten statt.

Autor:
Univ.-Prof. Dr.rer.nat.
Otto Spaniol ist Inhaber des Lehrstuhls für Informatik 4 (Kommunikation und verteilte Systeme) und Sprecher des Graduiertenkollegs „Software für mobile Kommunikationssysteme“.

www-i4.informatik.rwth-aachen.de/Kolleg

*Um weiter zu kommen als andere,
muss man seine Energie richtig einsetzen.*



Internationales Traineeprogramm: Qualitätsplanung Elektrik/Elektronik/Software

Spannend und dynamisch – Das Umfeld

„Audi – höchster Qualitätsanspruch“, unter dieser Maxime steht die Qualitätspolitik der AUDI AG. Das heißt, ein wesentliches Unternehmensziel ist es, durch gelebte Kundenorientierung die Zufriedenheit mit unseren Produkten weiter zu steigern und damit langfristig den Unternehmenserfolg zu sichern.

Das Aufgabengebiet der Qualitätssicherung Elektrik/Elektronik umfasst dabei die gesamte elektronische Vernetzung des Fahrzeugs mit den verschiedenen Bussystemen, Steuergeräten und der gesamten Sensorik wie Aktorik. Entscheidend für den Erfolg hierbei ist die Betrachtung der gesamten Prozesskette von der Produktentstehung über die Produktherstellung bis zur Produktbewährung. Erst das optimale Zusammenspiel und die Abstimmung mit den Bereichen Technische Entwicklung und Fertigung garantieren eine Auslieferung von Premium-Produkten.

Fordernd und vielfältig – Ihre Aufgaben

Ziel des 12-monatigen Traineeprogramms ist das Kennen Lernen wichtiger Schnittstellen Ihres späteren Einsatzbereiches sowie der Aufbau eines persönlichen Netzwerkes. Damit werden Sie optimal Vorbereitung auf Ihre zukünftige Tätigkeit im Unternehmen vorbereitet.

Das Programm umfasst drei bis vier Projekte, davon ein Auslandsprojekt an einem der internationalen Standorte des Konzerns. Weitere Bausteine sind ein zweiwöchiger Einsatz in der Montage und eine dreiwöchige Mitarbeit z.B. bei einem Audi Händler, um den direkten Kontakt zu unseren Produkten und Kunden zu erleben. Ein interessantes Begleitprogramm und off-the-job Maßnahmen runden das Programm ab. Die einzelnen Bausteine werden in Zusammenarbeit mit Ihrem Paten aus dem Audi Management und der Trainee-Betreuung unter Berücksichtigung Ihrer fachlichen Schwerpunkte gestaltet.

Nach Abschluss des Programms erwartet Sie die Übernahme in eine verantwortungsvolle und interessante Position im Bereich Qualitätsplanung von Elektrik-/ Elektronik- und Softwareprozessabläufen. In engem Kontakt mit unseren Produktionsabteilungen erarbeiten Sie Prozesse zur Sicherstellung der Elektrik-/ Elektronik- und Software-Qualität im Bereich Montage. Dies beinhaltet die Tätigkeitsfelder Planung, Analyse, Verifikation und Optimierung der entsprechenden Produkte und Prozesse. Ebenso gehört das Koordinieren und die Umsetzung von Fehlerabstellprozessen zu Ihrem Tätigkeitsbereich.

Fachlich und persönlich – Ihre Qualifikation

- ▶ Erfolgreich abgeschlossenes technisches Studium (Uni/FH) Fachrichtung Elektronik/Software oder einen vergleichbaren technischen Studienabschluss
- ▶ Auslandserfahrung von mindestens drei Monaten während Ihres Studiums (durch Studium oder Praktikum)
- ▶ Sehr gute Englischkenntnisse
- ▶ Selbstständigkeit bei der Aufgabenbearbeitung und gutes Auftreten
- ▶ Teamfähigkeit und ausgeprägte Kommunikationsfähigkeit
- ▶ Großes Interesse an interkultureller Zusammenarbeit
- ▶ Hohes Maß an Engagement und Durchsetzungsstärke
- ▶ Innovatives, unternehmerisches Denken bei der Lösung komplexer Aufgaben

Ihre Bewerbung:

Finden Sie sich in der Beschreibung wieder? Dann bewerben Sie sich online mit vollständigen und aussagekräftigen Unterlagen unter www.audi.de/meine-bewerbung
Referenzcode: 63773

Inhaltliche Fragen beantwortet Ihnen gerne Frau Petra Christ unter der Telefonnummer +49 (0) 841 - 89 31364

Meine Zukunft bei Audi. Absolventen gesucht.

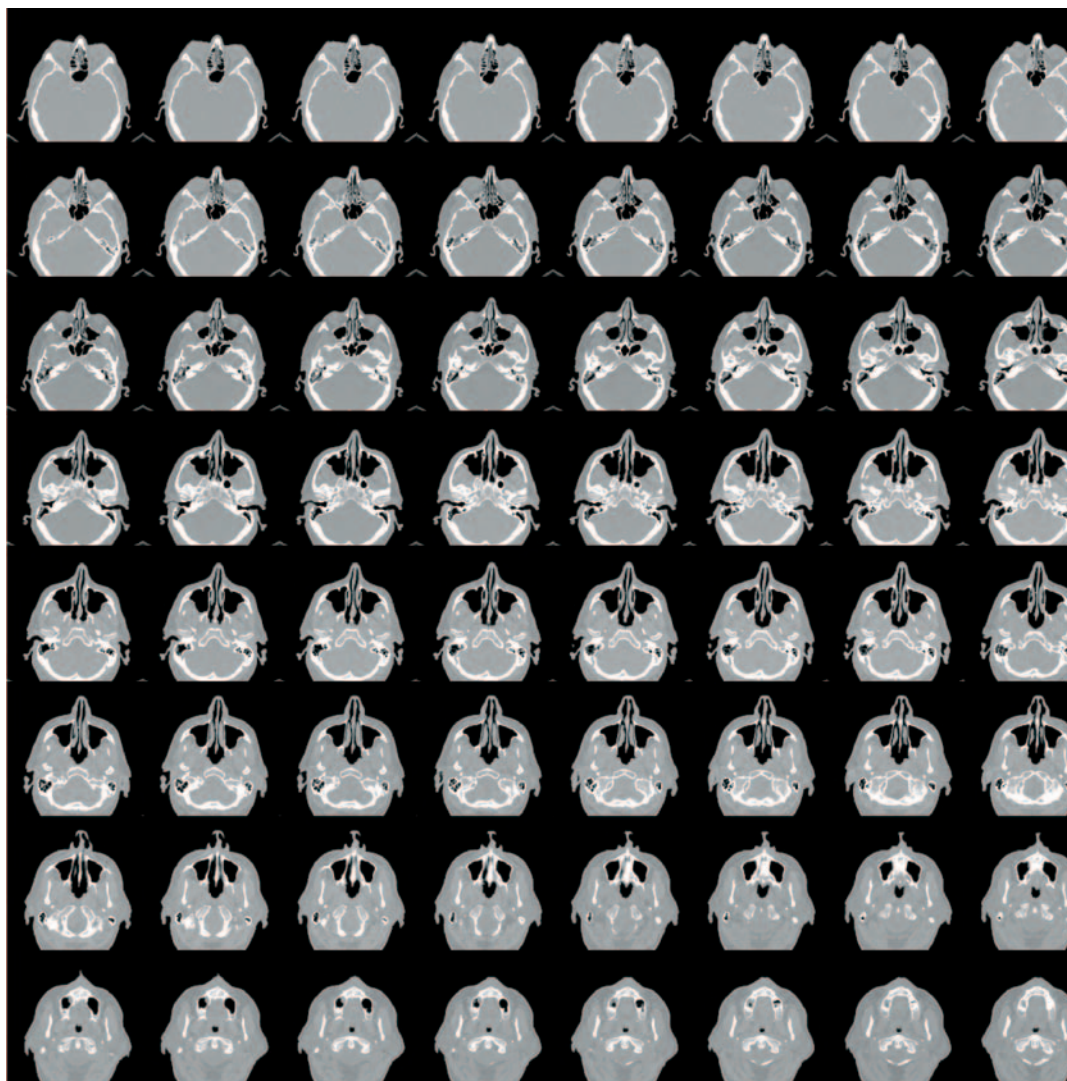


Computer helfen



Mit dem Wort „Nase“ verbinden wir üblicherweise nur den sichtbaren Teil dieses Organs, der sich mitten in unserem Gesicht befindet. Hinter dem „System Nase“ verbirgt sich aber ein komplexes Gebilde verschiedener Höhlen im vorderen Teil des menschlichen Schädels. Die Nase hat neben ihrer Hauptfunktion, dem Riechen, eine Reihe weiterer, wichtiger Aufgaben. Hierzu zählen die Anwärmung, Befeuchtung und Reinigung der eingeatmeten Luft. Werden diese Aufgaben nicht ausreichend erfüllt, so kann das die Lebensqualität der betroffenen Person stark einschränken. Behinderungen der Nasenatmung sind allerdings relativ häufig, beispielsweise durch eine angeborene Missbildung oder eine Verletzung. Die Auswirkungen einer solchen Behinderung können so schwer wiegen, dass sie durch eine Operation behoben werden müssen. Allerdings sind die langfristigen Erfolgsquoten derartiger Eingriffe nicht sehr hoch. Häufig sind Korrekturen durch Folgeeingriffe notwendig.

Das Projekt „Rhinomodel“ widmet sich diesem Problem. In einer interdisziplinären Forschergruppe aus Medizinern, Strömungsmechanikern und Informatikern wird dazu die Strömung in der menschlichen Nasenhöhle genau analysiert. Beteiligt sind neben dem Aerodynamischen Institut die Radiologische Klinik und der Lehrstuhl für Informatik 12 (Hochleistungsrechnen) der RWTH Aachen, sowie das Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie der Universität zu Köln. Ziel des Projekts ist es, ein grundlegendes Verständnis für die Strömung der Atemluft zu entwickeln. Um festzustellen, wie die einzelnen anatomischen Bestandteile die Strömung beeinflussen, kommen neue Simulationsmethoden und Techniken der Virtuellen Realität zum Einsatz. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen später in die Operationsplanung einfließen. So kann langfristig die Erfolgsquote von Operationen an der Nase deutlich erhöht werden.



In einem ersten Schritt wurde auf Basis einer klinischen Studie ein Modell der Nasenhöhle ermittelt. Dieses Modell beinhaltet die charakteristischen Merkmale einer „durchschnittlichen“ Nase. Durch die Modellbildung wird eine grundlegende, allgemeine Untersuchung möglich, ohne dass die Ergebnisse durch spezielle anatomische Merkmale eines einzelnen Patienten verfälscht werden. Die für die Modellbildung notwendigen Daten wurden mit Hilfe eines Computertomographen, kurz CT, erfasst. Auf Basis der CT-Bilder lässt sich die Oberfläche der Nasenhöhle berechnen, siehe Bild 1. Diese Daten dienen als Ausgangsbasis für die Entwicklung des Nasenmodells.

Mit diesem Modell wurden am Aerodynamischen Institut strömungsmechanische Untersu-

chungen durchgeführt. Dazu wurde einerseits das Modell real nachgebaut und für Strömungsexperimente genutzt, siehe Bild 2. Andererseits diente das Modell als Eingabe für eine numerische Strömungssimulation, die auf Basis physikalischer Gegebenheiten die Strömung der Atemluft durch die Nase berechnet. Die gewonnenen Daten werden dann gemeinsam durch Ärzte für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde und Strömungsmechaniker analysiert und bewertet.

Für die Auswertung der Daten kommen zunächst Techniken der wissenschaftlichen Visualisierung zum Einsatz. Entsprechend dem viel zitierten Sprichwort „Ein Bild sagt mehr als tausend Worte“, dient die Visualisierung dazu, aus abstrakten Informationen eine ver-

ständliche Darstellung zu generieren. Diese Darstellung soll dem Benutzer eine einfache Analyse seiner Daten ermöglichen. So können beispielsweise Werteverläufe mit Hilfe von Falschfarben abgebildet werden, siehe Bild 3a. Ein weiteres Visualisierungsverfahren lehnt sich an die reale Untersuchung von Strömungen in Windkanälen an. Dort wird häufig Rauch benutzt, um den Verlauf der Strömung zu verdeutlichen. Bei der Visualisierung am Computer geschieht

besser durchzuatmen

Forscher analysieren den Luftstrom durch die menschliche Nase

Bild 1:
Aus Computertomographie-Bildern (links) wird mit Hilfe von Verfahren der medizinischen Bildverarbeitung die Oberfläche der Nasenhöhle berechnet. Auf der Grundlage einer klinischen Studie wurde aus den Daten vieler Patienten eine „Normalnase“ erstellt (rechts).

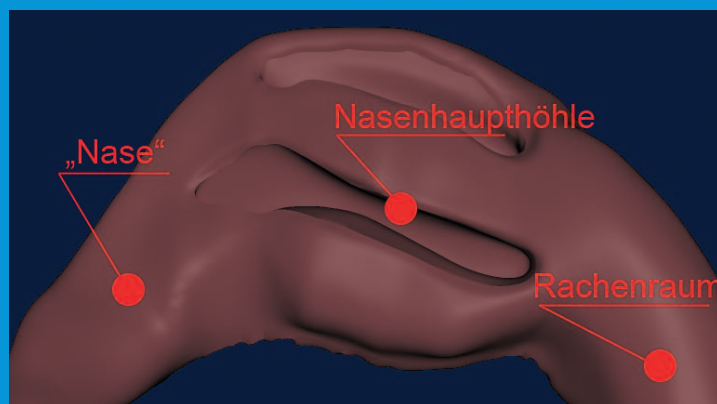


Bild 2:
Nasenmodelle aus Silikon für reale Strömungsexperimente.

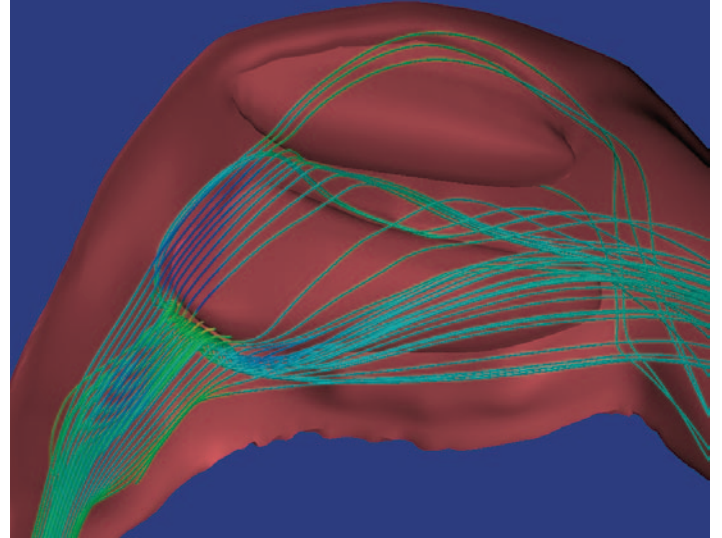
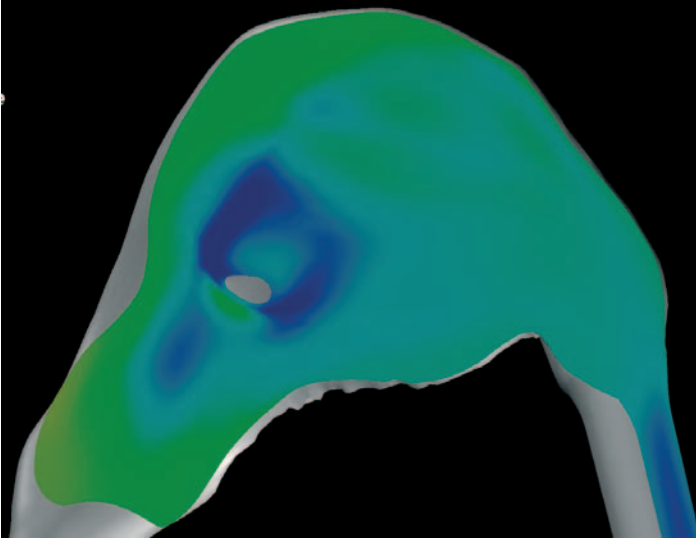


Bild 3:
Darstellung des Druckverlaufs
in der Nasenhöhle mittels
Falschfarben (links). Visualisie-
rung des Verlaufs der Strömung
in der Nase mit Hilfe von Parti-
kelbahnen (rechts).

Bild 4a:
Analyse der Nasenströmung
in der Aachener CAVE.

Foto: Peter Winandý

dies mit so genannten Partikel-
bahnen. Bei dieser Technik wird
der Weg masseloser Partikel
durch die simulierte Strömung
berechnet. Das Ergebnis wird
dann mit Hilfe einfacher Linien
oder Röhren dargestellt, siehe
Bild 3 b.

Da die zu analysierenden
Daten sehr komplex sind,
kommt der Virtuellen Realität,
kurz VR, eine Schlüsselrolle im
Projekt zu. Aus diesem Grund ist
Rhinomodel eingebettet in die
Aktivitäten des „Virtual Reality
Center Aachen“, kurz VRCA.

Das VRCA ist ein im Jahr 2000
gegründeter Forschungsver-
bund, in dem mittlerweile über
40 RWTH-Institute gemeinsam
mit der Industrie neue Techni-
ken und Methoden der VR ent-
wickeln.

Für Rhinomodel entwickeln
die Forscher am Lehrstuhl für
Hochleistungsrechnen VR-Techni-
ken, mit denen die Mediziner
und Strömungsexperten mitten
in der „virtuellen Nase“ stehen
und die Luftströmungen räum-
lich und in ihrem zeitlichen Ver-
lauf betrachten können. Dabei

haben sie jederzeit die Möglich-
keit, Parameter der Visualisie-
rung zu verändern. Speziell ent-
wickelte, schnelle Visualisie-
rungsalgorithmen sorgen dafür,
dass diese Veränderungen un-
mittelbar angezeigt werden. Die
Ausgabe der Bilder erfolgt dabei
nicht auf einem herkömmlichen
Monitor, sondern in der so ge-
nannten CAVE, siehe Bild 4. Das
Kernstück dieser Anlage bilden
mehrere großflächige Projektions-
leinwände. Es entsteht so ein
begehbare Raum, in dem die
Wissenschaftler überall von der



Computergraphik umgeben sind und regelrecht in die virtuelle Welt eintauchen. Spezielle Stereobrillen und ständige Messungen der Kopfbewegungen erzeugen dabei einen „quasi-holographischen“ Eindruck. Natürlich kann man eine solche CAVE nicht mit einem einzigen Computer betreiben. Stattdessen versorgt ein ganzer Cluster von PCs mit schnellen Graphikkarten die Leinwände mit den animierten Stereobildern. Die Aachener CAVE wurde im Jahr 2004 am Rechen- und Kommunikationszentrum der RWTH installiert und ist bis heute hinsichtlich Qualität und Flexibilität weltweit einzigartig. Rhinomodell ist dabei nur eines von zahlreichen Projekten in der CAVE. Die Forscher im Virtual Reality Center Aachen nutzen die Anlage für so unterschiedliche Anwendungsbereiche wie Architektur, Medizin, Neuropsychologie, Fabrikplanung, Crash-Simulationen und vieles mehr.

Für die Strömungsuntersuchungen der Nase hat die räumliche Darstellung in der CAVE den Vorteil, dass wichtige Strukturen in der Strömung viel schneller oder auch überhaupt erst erkannt werden können. Diese Strukturen lassen sich dann mit bestimmten Sachverhalten verknüpfen, die auf eine Atmungsbehinderung schließen lassen.

Außerdem wird die Virtuelle Realität im Projekt dazu genutzt, das Ergebnis eines möglichen

Eingriffs vorab zu simulieren. Hierzu modifiziert ein Arzt für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde zunächst das Modell der Nasenhöhle in der VR. Anschließend liefert eine erneute Simulation die Strömung in der veränderten Nasenhöhle. Diese kann dann mit der Ausgangsströmung verglichen werden. Es besteht nun die Möglichkeit, gezielt nach Unterschieden zu suchen. So kann festgestellt werden, wo Verbesserungen oder aber Verschlechterungen aufgetreten sind.

In Rhinomodell erlaubt die Virtuelle Realität als ein innovatives Kommunikationsmedium insbesondere einen schnellen und präzisen Wissensaustausch zwischen Medizinern und Strömungsmechanikern. Erst auf dieser Grundlage wird es möglich, die gewonnenen Einzelergebnisse so zu bündeln, dass sie langfristig zu einer für den Patienten optimalen Therapie führen.

Autoren:

Univ.-Prof. Christian Bischof, Ph.D., ist Inhaber des Lehrstuhls für Hochleistungsrechnen und Leiter des Rechen- und Kommunikationszentrums der RWTH Aachen sowie Sprecher des Virtual Reality Center Aachen. Dr.rer.nat. Dipl.-Inform. Torsten Kühlen ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Rechen- und Kommunikationszentrum und Geschäftsführer des Virtual Reality Center Aachen.

www.rz.rwth-aachen.de/vr

*Bild 4b:
VR-gestützte Untersuchung
einer Naseninnenströmung
mit Hilfe interaktiv platzierter
Partikel.*

Foto: Peter Winandy





Mit der Bewilligung von einer Graduiertenschule und zwei Exzellenzclustern in der ersten Antragsrunde der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder sieht sich die RWTH Aachen in ihrem Profil bestätigt. Ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu einer Spitzenuniversität mit internationaler Ausstrahlung ist getan. Obgleich der Antrag der RWTH für die dritte Förderlinie „Zukunftskonzepte zum projektbezogenen Ausbau universitärer Spitzenforschung“ nicht ausgewählt wurde, fühlt sich die Hochschule durch die Erfolge in der ersten und zweiten Förderlinie in ihrer Ausrichtung bestärkt. Sie startet mit großer Motivation und Zuversicht in die zweite Antragsrunde. Die RWTH Aachen hat bereits in der Vergangenheit eine Profilierung betrieben, die ihr im nationalen und europäischen Vergleich eine Alleinstellungsposition verschafft hat. Diese Einzigartigkeit gilt es in Zukunft besonders im Rahmen der zweiten Antragsrunde herauszustellen. Das Ergebnis der ersten Antragsrunde wird als Ansporn verstanden, auch weiterhin nachhaltige Impulse in Lehre, Forschung und Technologietransfer zu geben. **„Wir werden die im Antrag für die dritte Förderlinie festgeschriebene Strategie der Hochschule ‚Von der Idee von heute bis zum Produkt von morgen‘ konsequent weiterverfolgen. Ziel ist es, die RWTH Aachen zum Schrittmacher der wissenschaftlichen und technisch-wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands und Europas zu machen“**, so Rektor Univ.-Prof. Dr. Burkhard Rauhut.

Graduiertenschule

Aachen Institute for Advanced Study in Computational Engineering Science

Im Herbst 2006 wird an der RWTH Aachen die Graduiertenschule Aachen Institute for Advanced Study in Computational Engineering Science (AICES) ins Leben gerufen. Bei AICES liegt besonderes Augenmerk darauf, dass die Bedeutung von computergestützter Modellbildung und Simulation aufgrund der ständig zunehmenden Leistungsfähigkeit von Computern und Computernetzwerken in Zukunft in allen wissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen weiter stark wachsen wird. AICES bildet eine neue Generation von Promotionsstudenten aus, die ein profundes Wissen an der Schnittstelle zwischen klassischem Maschinenbau, angewandter Mathematik und Computerwissenschaften erwerben. Mit der interdisziplinären, methodenorientierten Ausrichtung von AICES wird der rasanten Entwicklung der vergleichsweise jungen Disziplin des angewandten wissenschaftlichen Rechnens für die Ingenieur- und Naturwissenschaften Rechnung getragen, die die zukünftige Technologieentwicklung entscheidend prägen wird und so letztlich den gesellschaftlich-wirtschaftlichen Forderungen nach innovativen wissenschaftlichen und industriellen Forschungs- und Entwicklungsprozessen nachkommt. Die Graduiertenschule AICES konzentriert sich auf einzigartige und anspruchsvolle Aspekte der computergestützten Analyse und des computergestützten Entwurfs. In dieses Aufgabenfeld fallen beispielsweise Multiskalenprobleme, in denen Modelle mikroskopischer Vorgänge, zum Beispiel zwischen Molekülen oder zwischen Zellen, mit Modellen makroskopischer Systeme, zum Beispiel in Turbinen oder künstlichen Blutpumpen, gekoppelt werden. Die Graduiertenschule ergänzt die existierenden Aktivitäten im

Bereich Computational Engineering Science (CES) an der RWTH Aachen, darunter das etablierte CES-Studium und das kürzlich gegründete Center for Computational Engineering Science (CCES).

AICES wird von 14 Instituten aus vier Fachgruppen der RWTH Aachen getragen. Darüber hinaus sind das Forschungszentrum Jülich und das Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf beteiligt. Etwa 100 Promotionsstudenten und -studentinnen aus den Partnerinstituten werden an einem von Grund auf neu strukturierten Forschungs- und Lehrprogramm teilnehmen. Unter anderem durch ein verbessertes Verhältnis der Zahl der Studierenden zu Lehrenden wird eine intensive Betreuung gewährleistet, die zur Verkürzung der Studiendauer bei gleichzeitig hoher Qualifikation der Absolventen und -innen beitragen wird. Zwanzig hervorragenden Kandidaten und Kandidatinnen steht zusätzlich erstmals ein verkürztes Promotionsprogramm offen, mit dem ein weiterer Beitrag zur Senkung der Ausbildungsdauer in Deutschland geleistet wird. AICES fügt sich in die aktuellen universitätsweiten Verbesserungen der Promotionsbedingungen ein, allen voran in das zukünftige Centre for Doctoral Studies (CFDS) der RWTH Aachen.

AICES wird einer der wesentlichen Partner der German Research School for Simulation Science werden, die in Kooperation zwischen dem Forschungszentrum Jülich und der RWTH Aachen gegründet wird.

**Koordinator:
Univ.-Prof. Marek Behr, Ph.D.**

Aachen bestätigt

Drei Anträge erfolgreich

Exzellenzcluster

Ultra High-Speed Mobile Information and Communication

Ziel dieses Clusters ist der Entwurf hochratiger Funksysteme für den mobilen Internet-Zugang des nächsten Jahrzehnts (Ultra high-speed Mobile Information and Communication, UMIC). Die vom Benutzer wahrgenommene Dienste-Qualität soll gegenüber heutigen Systemen um eine Größenordnung gesteigert werden. Die erforderlichen neuen Konzepte und Demonstratoren für intelligente, mobile, breitbandige, kostengünstige Systeme sollen entwickelt und erprobt werden. Das Forschungsprogramm umfasst vier Bereiche. Mobile Applications and Services behandelt anspruchsvolle Schlüsselanwendungen und deren Wechselwirkungen mit der Funkübertragung, wobei repräsentative Anwendungen konzipiert und erprobt werden. Der UMIC-Kernbereich Wireless Transport Platform umfasst die Endgeräte und die Funknetz-Architekturen. Es werden konsequent die Konzepte der „kognitiven Funksysteme“ erforscht, adaptive rekonfigurierbare Funkschnittstellen entwickelt und relaisbasierte „multi-hop“ Funknetzarchitekturen betrachtet. Sich widersprechende Anforderungen wie hohe Datenraten, vollständige Funkversorgung, akzeptable Rechenleistung und geringer Leistungsverbrauch werden in einer Gesamtoptimierung abgeglichen. Insgesamt sollen bisher nicht erreichte Leistungsmerkmale von spektraler Effizienz, Systemkoexistenz, Störunempfindlichkeit und Zuverlässigkeit sowie Durchsatz und Latenz realisiert werden.

Im Bereich RF Subsystem and SoC Design werden hochkomplexe analoge und digitale integrierte Schaltungen entwickelt. Dabei werden die gegensätzlichen Forderungen nach Flexibilität und Energieeffizienz und veränderte künftige Technologie-Eigenschaften

(Leckströme und Ungenauigkeiten beziehungsweise soft errors) berücksichtigt. Das UMIC Ziel „kostengünstiger Breitbandfunk“ ist nur durch Integration von zahlreichen Prozessoren auf einem einzigen Chip zu erreichen. In allen Forschungsbereichen werden neuartige formale Methoden und Software-Werkzeuge für den Entwurf, die Optimierung, die Verifikation und den Betrieb von Komponenten und Systemen eingesetzt, die im übergreifenden Bereich Cross Disciplinary Methods and Tools entwickelt werden. Die Tragfähigkeit der Konzepte und Lösungen wird durch ein Testsystem nachgewiesen. Der in UMIC angestrebte Innovationssprung ist nicht durch isolierte Einzellösungen, sondern nur in breiter interdisziplinärer Zusammenarbeit zu erzielen, die von der Informatik, über die Informationstheorie und Kommunikationstechnik bis zum Entwurf hochkomplexer Chips reicht.

Koordinator:
Univ.-Prof. Dr. Gerd Ascheid

Exzellenzcluster

Integrative Production Technology for High-Wage Countries

Der Exzellenzcluster, an dem 18 Professoren der RWTH aus der Werkstoff- und Produktionstechnik sowie mehrere An-Institute zum Beispiel der Fraunhofer Gesellschaft beteiligt sind, verfolgt das Ziel, aus der Produktionstechnik heraus Beiträge zur Erhaltung arbeitsmarktrelevanter Produktion in Hochlohnländern zu liefern. Volkswirtschaftlich relevant sind dabei Produkte, die nicht nur Nischenmärkte sondern Volumensmärkte adressieren. Die Lösung der angesprochenen Fragen erfordert ein grundlegend neues Verständnis der produkt- und produktionstechnischen Zusammenhänge. Der Exzellenzcluster zielt daher auf die Erarbeitung einer zukunftsfähigen, produktionswissenschaftlichen Strategie und Theorie sowie der dafür notwendigen Technologieansätze ab. Die Aachener Produktionstechnik hat bereits mit der umfassenden Entwicklung einer Technologie-Roadmap für die gesamte Zukunft der Produktionstechnik begonnen. Diese adressiert verschiedene Entwicklungslinien zur Individualisierung, zur Virtualisierung, zur Hybridisierung und zur Selbstoptimierung der Produktion, in denen organisatorische und technologische Innovationen vorangetrieben werden. Zur Durchführung der in diesen Entwicklungslinien notwendigen Forschungsaktivitäten ist eine direkte Beteiligung der produzierenden Industrie in Deutschland notwendig. Hierzu haben sich bereits zwölf international renommierte Unternehmen bereit erklärt, reale Business und Industry Cases zur Verfügung zu stellen. Diese umfassen ein breites Spektrum aus der industriellen Produktionstechnik, zum Beispiel ein Kühlschranksdisplay als integriertes Produkt, eine Fahrzeugachse, eine design-to-cost durchmodularisierte Druckmaschine oder einen integrierten Mikrolaser.

Mit dem Exzellenzcluster gründet die Aachener Produktionstechnik das „Aachen House of Integrative Production Technology“, das die produktionstechnischen Kompetenzen an der RWTH Aachen strategisch bündelt und insbesondere die Kooperation und Einbindung von Unternehmen in die Aktivitäten des Clusters ermöglicht. Die RWTH Aachen wird mit dem Cluster ihre Kernkompetenzen weiter ausbauen und lädt führende Wissenschaftler aus der Produktionstechnik ebenso wie hoch qualifizierte Nachwuchswissenschaftler ein, in Aachen an der Produktionstechnik der Zukunft mitzuarbeiten. Der Cluster ermöglicht aber auch deutschen und europäischen Unternehmen, ob groß oder klein, zu erkennen, was sich lohnt, was selbst gemacht werden muss, wo Kompetenz aufgebaut werden muss oder soll, um an einem Hochlohnstandort Erfolg zu haben. Der Cluster wird Unternehmen, gerade auch Mittelständlern, helfen, wesentlich effektiver agieren und Ressourcen einsparen zu können.

Koordinator:
Univ.-Prof. Dr. Christian Brecher

Der Masterstudiengang Software Systems Engineering

RWTHTHEMEN 2/2006

Seit dem Wintersemester 2000 bietet die RWTH den zweijährigen Masterstudiengang Software Systems Engineering an, der von der Fachgruppe Informatik getragen wird. Der Studiengang wird sowohl in deutscher als auch englischer Sprache angeboten und richtet sich hauptsächlich an ausländische Studierende mit einem Bachelor-Abschluss in Computer Science, Computer Engineering oder einem verwandten Gebiet. Für einen Abschluss müssen die Studierenden 120 ECTS Credits erwerben, wovon 30 auf die Masterarbeit entfallen. Zurzeit sind etwa 100 Studierende aus über 20 Ländern eingeschrieben.

Aufbauend auf die Stärken der Aachener Informatik liegt der Schwerpunkt des Studiengangs in der Entwicklung und Implementierung komplexer Softwaresysteme, einschließlich ihrer Einbettung in technischen und sozio-technischen Systemen. Die Studierenden absolvieren zunächst ein breit gefächertes Kerncurriculum in Informatik und spezialisieren sich danach in einem frei wählbaren Vertiefungsgebiet. Das Kerncurriculum besteht aus Vorlesungen in Theoretischer und Praktischer Informatik und umfasst Gebiete wie Automatentheorie, Compilerbau, Funktionale Programmierung, Computergraphik, Eingebettete System oder Sprach- und Bildverarbeitung.

Darüber hinaus sind eine Vorlesung und ein Praktikum in Projektmanagement Pflicht. Das Vertiefungsgebiet, das aus Vorlesungen, einem Seminar und der Masterarbeit besteht, kann aus einem der Forschungsgebiete der Dozenten der Informatik gewählt werden. Die Masterarbeit kann auch in Kooperation mit der Industrie angefertigt werden.

Seit dem Wintersemester 2004 ist der Studiengang Teil des Erasmus Mundus Programms European Master in Informatics, das in Kooperation mit den Universitäten in Trento und Edinburgh angeboten wird. Teilnehmende Studierende erhalten ein Stipendium der Europäischen Union und verbringen ein Jahr ihres Studiums an einer der beiden Partneruniversitäten.

Autor:
Univ.-Prof. Gerhard Lakemeyer,
Ph.D. betreut das Lehr- und
Forschungsgebiet Informatik.

www-i5.informatik.rwth-aachen.de/msc

Die Rheinisch-
Westfälische
Technische
Hochschule
Aachen
verleiht zum
achten Mal den

RWTH PREIS WISSENSCHAFTS JOURNALISMUS 2007

Im Mittelpunkt steht die Würdigung journalistischer Arbeiten aus Presse, Funk und Fernsehen als Transferleistungen zwischen Experten ausgewiesener Fachbereiche und einem breiten Laienpublikum. Gewürdigt wird vor allem die allgemeinverständliche und publikumswirksame Verdeutlichung komplexer Sachverhalte aus den unterschiedlichsten wissenschaftlichen Disziplinen, die an der RWTH angesiedelt sind.

Im Rahmen einer Festveranstaltung wird der RWTH-Preis gemeinsam mit dem Preis für Innovation und Technologie der Stadt und des Kreises Aachen verliehen. Seit 2005 wird der Preis in den Kategorien Presse, Hörfunk und Fernsehen mit einer Dotierung von je 1.000 Euro überreicht.

Für die Vergabe des RWTH-Preises Wissenschaftsjournalismus kommen Arbeiten von Journalisten und Wissenschaftlern in deutscher Sprache in Frage, die in den beiden vergangenen Jahren veröffentlicht worden sind. Das zuständige Auswahlgremium setzt sich aus namhaften Vertretern von Medien und Wissenschaft zusammen. Einsendeschluss ist der 9. Februar 2007. Zusätzliche Informationen können angefordert werden beim

**Rektor
der RWTH Aachen**
Pressestelle
Templergraben 55
52062 Aachen

Telefon 0241/80-943 22/23
Telefax 0241/80-923 24
pressestelle@rwth-aachen.de

Clustering für Fließgewässer Data Mining zur Entscheidungsunterstützung in der Hydrologie

RNTHTEMEN 2/2006

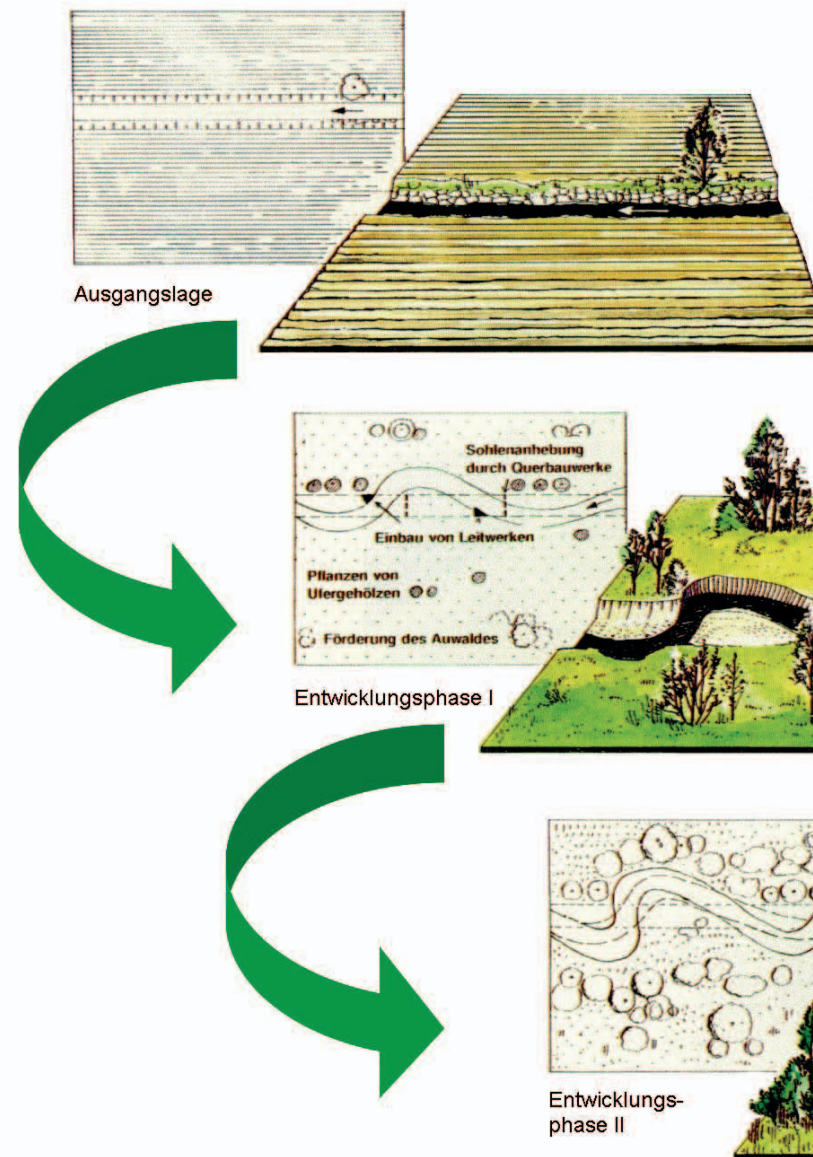
Die aktuelle europäische Wasserpoltik wird dazu führen, dass unsere technisch ausgebauten Gewässer wieder einen natürlichen Zustand erlangen werden. Hierzu muss speziell die Gewässerstruktur - beispielsweise beschrieben durch die Form und den Verlauf eines Gewässers, sein natürliches Gefälle sowie sein Gewässerumfeld - verändert werden. Welche Maßnahmen an den Gewässern führen zu dem gewünschten Resultat? Diese Entscheidung zu treffen ist bei alleine 120.000 Gewässerabschnitten in NRW mit jeweils 14 beschreibenden Größen nur noch mit Hilfe von Werkzeugen zur Entscheidungsunterstützung zu realisieren. Um diese Herausforderung zu bewältigen, haben sich Hydrologen und Informatiker zusammen getan und mit Hilfe von Data Mining Verfahren verborgene Informationen aus den bestehenden Daten gewonnen.

In den vergangenen Jahrzehnten hat die Wasserwirtschaft erhebliche Aufwendungen aufgebracht, um die Gewässergüte im Hinblick auf die Wasserqualität zu verbessern. Kläranlagen wurden gebaut und mehrfach auf neue, immer weitergehende Reinigungsziele hin erweitert. Dies hat eindeutig zu erheblichen Qualitätssprüngen geführt. Gleichzeitig wurden die Bäche und Flüsse zum Schutz der Anlieger vor Hochwasser technisch ausgebaut. Diese Sichtweise konzentrierte sich auf die mengenmäßigen Aspekte der Gewässer – als Transportsysteme für Wassermengen und Sediment – sowie die Qualität der Wassermengen. Außer Acht gelassen wurde dabei, dass jeder Bach oder Fluss auch ein natürlicher Lebensraum ist, der unmittelbare Wechselwirkungen zu seinem Umfeld aufweist. Diese Eigenschaften können durch die Gewässerstrukturgüte beschrieben werden, die eine neue Zielgröße für die zukünftige Wasserwirtschaft darstellt. Dabei werden unsere Gewässer jeweils in Abschnitte von 100 Metern unterteilt und durch insgesamt 14 beschreibende Größen par-

metriert. Diese Größen, so genannte Funktionale Einheiten, geben Aufschluss über bestehende Defizite, die es durch die Einleitung konkreter Maßnahmen zu reduzieren gilt. Dabei gibt es einen Zeitdruck zur Verbesserung der Gewässersituation; bis zum Jahr 2015 sieht die Europäische Wasserrahmenrichtlinie vor, dass die Ziele der neuen Gewässerpoltik erreicht sein sollen. Die Wasserwirtschaft steht jetzt bundesweit vor der Aufgabe, Maßnahmenpläne für die Gewässer zu erstellen. Diese müssen auf einer nachvollziehbaren Basis und mit jederzeit reproduzierbaren und belastbaren Annahmen zu Entscheidungen mit weitreichenden Konsequenzen führen. Wie und wo wird die schnellste Defizitreduzierung möglich, wo ist das eingesetzte Geld am besten investiert, wie ist die Aufgabe mit dem geringsten Kostenaufwand zu realisieren? Das und viel mehr sind die Fragen, die die Wasserwirtschaft zu beantworten hat. Ohne computerunterstützte Verfahren sind diese Fragen nicht zu lösen. Somit kommen die Verfahren zur Entscheidungsunterstützung ins Spiel, die von Seiten der Hydrologen in Form von wissensbasierten Systemen realisiert werden. Auf Grund der Fülle der Daten sowie der komplexen Fragestellungen drängt es sich geradezu auf, neuartige Verfahren aus dem Forschungsgebiet des Data Mining heranzuziehen und weiterzuentwickeln.

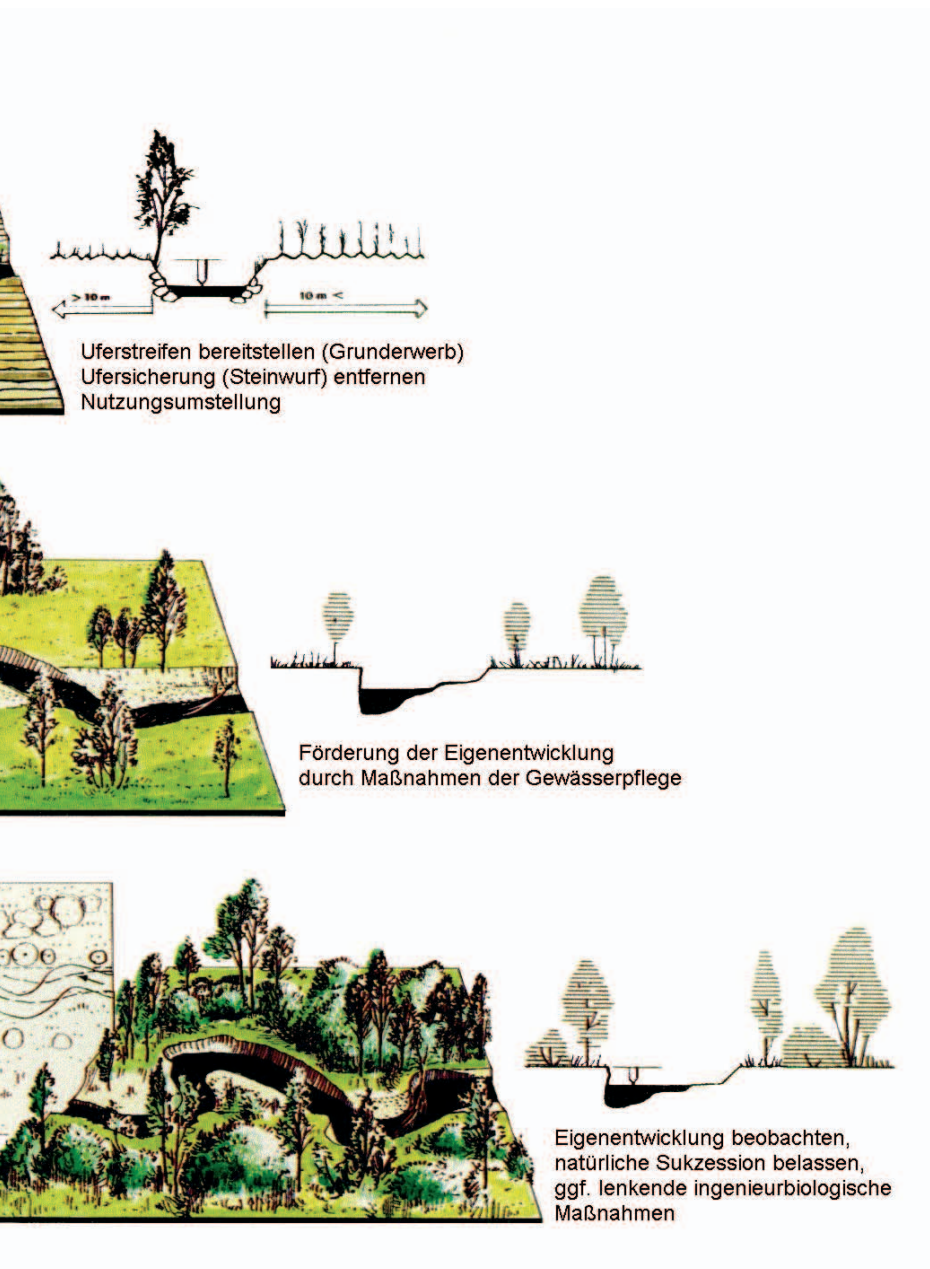
Data Mining: Modelle und Techniken

Die Clusteranalyse für Fließgewässer ist ein gelungenes Beispiel für die Kooperation von Ingenieurwissenschaften und Informatik. Bestehende Methoden und Systeme für klassische Data-Mining-Aufgaben werden der Problemstellung nicht gerecht. Die Aufgabe ist dafür zu vielschichtig, weist zu viele Dimensionen auf und stellt darüber hinaus durch die natürliche Fließrichtung ein Sequenzproblem dar. Somit wurde ein neuartiges Lösungskonzept notwendig, das mit dem Fachbe-



griff des Subspace Subsequence Clustering bezeichnet wird. Ein wichtiger Aspekt des Data Mining ist die automatische Entdeckung von Zusammenhängen in Daten. Den geforderten Qualitätskriterien entsprechend, soll das dabei extrahierte und kondensierte Wissen gültig und bislang unbekannt sein. Außerdem muss ein unmittelbarer Nutzen so gewonnener Information bestehen.

Während man bei klassischen Datenbankabfragen typischerweise einen Ausgangspunkt für die Suche vorgibt, ermöglichen die Techniken des Data Mining die Exploration der im System vorhandenen Strukturen und unbekannten Verteilungen in den Daten. Der Benutzer braucht dazu keine konkreten Einzelabfragen zu stellen. Das Verfahren erfolgt automatisch; als Ergebnis werden struk-



*Bild 1:
Rückführung eines technisch
ausgebauten Gewässers in den
natürlichen Zustand.*

*Bildquellen:
Bayerisches Staatsministerium
für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz*

turell ähnliche Objekte der Gewässerstruktur zu Clustern – vom Englischen cluster mit der Bedeutung Traube, Bündel, Haufen – gruppiert. Für die Informatik ergab dies folgende Fragestellungen: Welches Clustermodell eignet sich für das Anwendungsgebiet der Hydrologie? Welche Eigenschaften der Objekte sollen für die Clusterbildung herangezogen werden? Wie kann die Clusteranalyse ef-

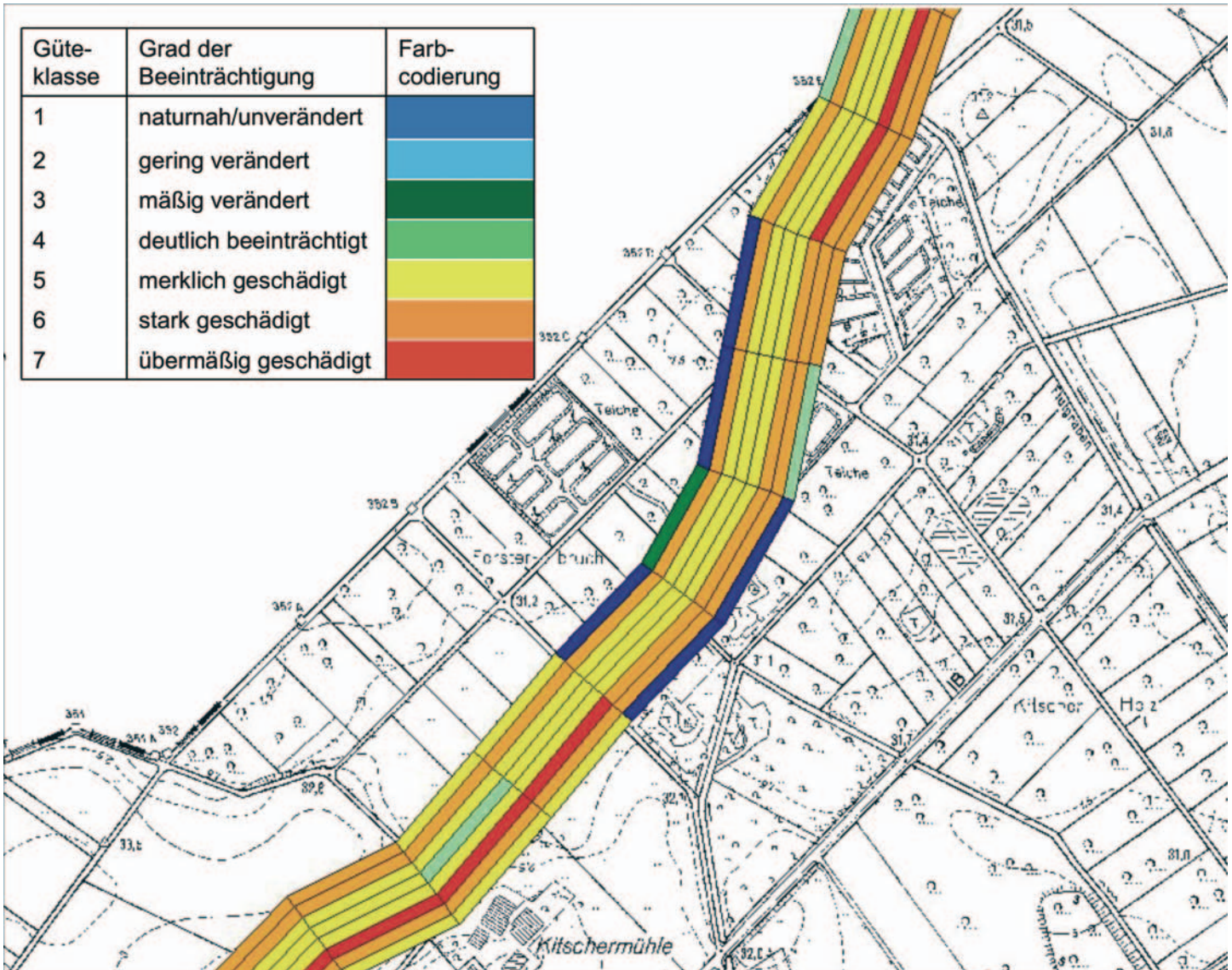
fizient auf großen Mengen komplexer Objekte durchgeführt werden?

Auf Grund der Unschärfe der Daten wurde eine dichte-basierte Modellierung ausgeführt. Anders als für klassische relationale Tupel sind in der hydrologischen Anwendung neue Konzepte nötig, da die Beschreibungen der Fließgewässer als eine Abfolge von Einzelabschnitten zwangsläufig eine Sequenz dar-

stellen. Somit wurden sequenzbasierte Analysemodelle erforderlich; zum anderen liegen Korrelationen zwischen den Messgrößen vor, aus denen sich der Bedarf mehrdimensionaler Analysen ergibt. Schon bei den 14 Messparametern der Gewässerstrukturgüte lassen sich die Probleme hoher Mehrdimensionalität beobachten. Vorhandene Clusterstrukturen in den vorhandenen Daten werden in der

Konsequenz durch Rauscheffekte verdeckt. Dabei lassen sich nicht bestimmte Dimensionen als grundsätzlich verrauscht ausschließen, vielmehr erstrecken sich die Cluster in unterschiedlichen Regionen über verschiedene Dimensionen. Unsere Weiterentwicklungen im noch jungen Forschungsgebiet des Subspace Clustering zielten darauf ab, dichte lokale Bereiche zu identifizieren, die sich von Fall zu Fall

Bild 2:
Gewässerstrukturgütekartierung
am Kitschbach (Funktionale
Einheiten sind zu Hauptpara-
meter zusammengefasst).



über unterschiedliche Dimensionen erstrecken. Für den Bereich der Sequenzanalysen haben wir ein Dichtemaß entwickelt, das große Sequenzbereiche begünstigt, um vor allem ausgedehnte, räumlich zusammenhängende Clusterstrukturen aufzuspüren.

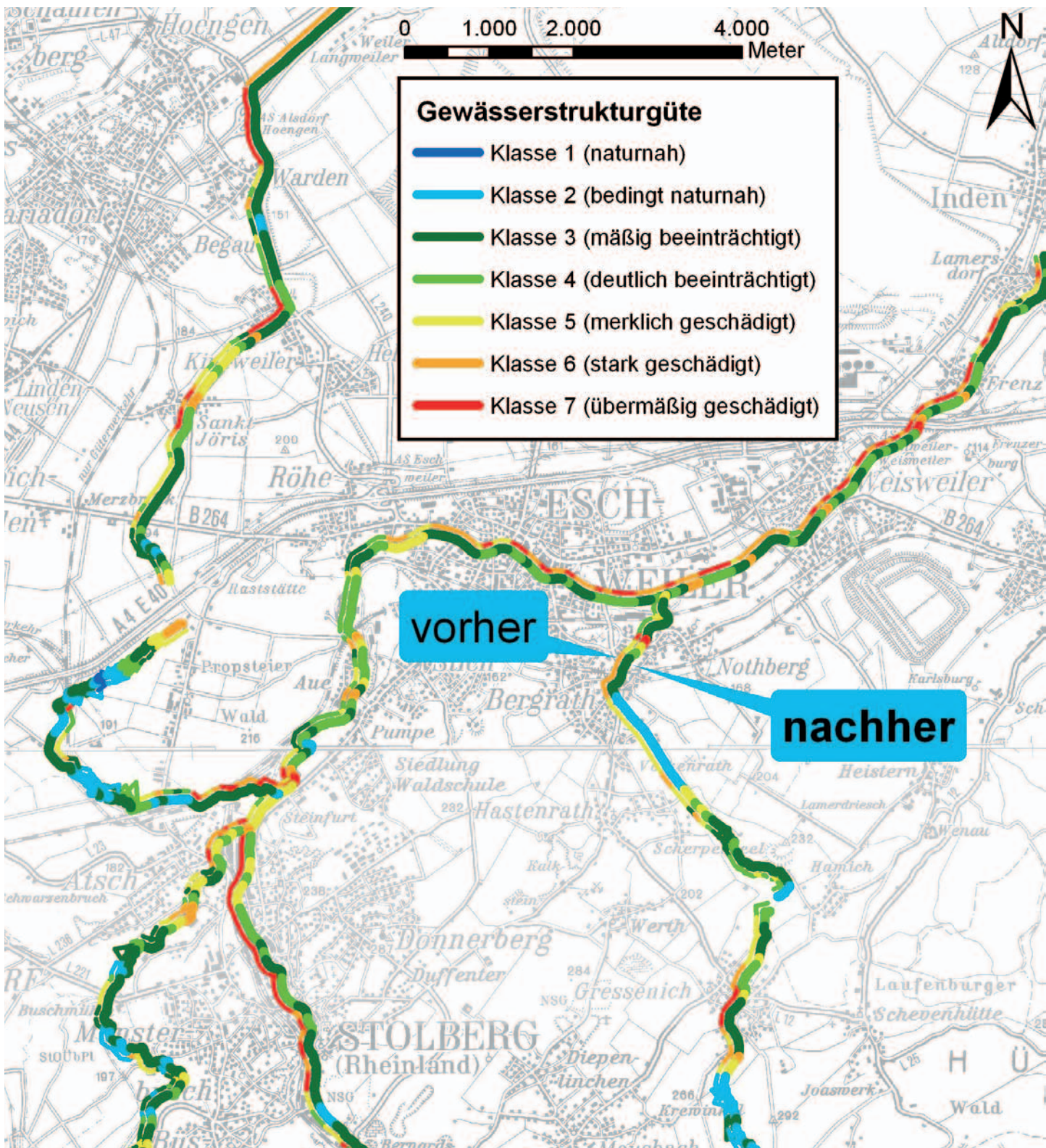
Die Anwendung dieses Modells ermöglichte es, Gruppen von Gewässerabschnitten zu identifizieren, die gleiche oder ähnliche Rahmenbedingungen für die Umsetzung konkreter

Maßnahmen aufweisen. Somit wurde es möglich, eine Aggregation der Gewässerabschnitte vorzunehmen und konkrete Vorschläge für Maßnahmenzenarien zu erstellen. Die Effizienz des Modells wurde durch Vorgehensweisen aus dem Bereich der Assoziationsregelanalyse sowie der Teilraumanalysen gesteigert und führte schlussendlich zu dem Algorithmus des Subspace Subsequence Clustering. Die Effizienz der Berechnung er-

gibt sich dabei aus der geschickten verzahnten Abfolge der Einzelanalysen, die wiederholte Berechnungen vermeidet und gleichzeitig die erfolglose Suche von Clustern in Teilräumen mit zu geringer Dichte verhindert. Außerdem wurde das Verfahren im Hinblick auf die Problemgröße auf eine optimale Berechnungsgeschwindigkeit getrimmt. Eine zeitaufwändige Teilaufgabe vieler Data Mining Verfahren wie auch der Clu-

steranalyse ist das wiederholte Durchsuchen der Datenbank. Durch Verwendung von Approximationstechniken und mehrdimensionalen Indexstrukturen ist es möglich, den Rechenaufwand vieler Verfahren um mehrere Größenordnungen zu reduzieren.

Das Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung ist zwischenzeitlich fertig gestellt worden; der Teilbeitrag zum Data Mining spielte dabei eine ganz wesentli-



che Rolle. Zurzeit wird das System in der Landesverwaltung von NRW ausgetestet; die Wasserverbände warten bereits sehr gespannt auf den Moment, an dem sie ebenfalls damit arbeiten können. Das Bundesland Bayern hat schon weitergehende Ziele: das bestehende System soll durch Erweiterungen die Eignung der Gewässer als Lebensraum für Fische prognostizieren.

Bild 3:
Ergebniskarte des Entscheidungsunterstützungssystems.

Autoren:
Dipl.-Inform. Ira Assent, Dipl.-Inform. Boris Glavic und Dipl.-Inform. Ralph Krieger sind Wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl für Informatik 9 (Datenmanagement und Exploration). Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Thomas Seidl ist Inhaber des Lehrstuhls für Informatik 9 (Datenmanagement und Exploration). Dipl.-Ing. Sabine Bartussek und Dr.-Ing. Hani Sewilam sind Wissenschaftliche Mitarbeiter am

Lehr- und Forschungsgebiet für Ingenieurhydrologie. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heribert Nacken betreut das Lehr- und Forschungsgebiet für Ingenieurhydrologie.

www-i9.informatik.rwth-aachen.de

www.lfi.rwth-aachen.de

REXplorer: Mit dem Zauberstab ins Mittelalter Regensburg bekommt das erste permanente High-Tech-Stadtspiel der Welt

„Stadtführungen? Find' ich langweilig!“ Wer kennt diesen Ausruf nicht? Vor allem Jugendlichen lassen sich von der Idee eines historischen Stadtrundgangs nur selten zu Begeisterungstürmen hinreißen. Andererseits können dieselben Jugendlichen Stunden mit dem Spielen am Computer verbringen. Und seit man dabei über das Internet gegeneinander spielen kann, ist der Spieleboom ungebrochen. Schon heute bringen Computerspiele mehr Geld in die Kassen der Unternehmen als Hollywoods gesamte Filmindustrie! Und magische Fantasiewelten stehen bei den Onlinespielen besonders hoch im Kurs. Ein Beispiel: Allein das Fantasy-Online-Spiel „World Of Warcraft“® erreichte 2005 innerhalb eines Jahres einen zahlenden Kundstamm von fünf Millionen Spielern.

Kann man diese Spielbegeisterung nicht nutzen, um jungen Menschen die Geschichte einer Stadt näher zu bringen? Eine Idee, wie das funktionieren könnte, ist das Spiel „REXplorer“. REXplorer ist in seiner

Form eine Weltneuheit: es ist das erste mobile Stadtspiel im Dauerbetrieb und das erste, das Gesterkennung integriert. Es wurde von der RWTH gemeinsam mit der ETH Zürich für die Erlebnismuseum Regensburg Experience gemeinnützige GmbH, kurz REX, entwickelt, wo es in diesen Monaten an den Start geht. Dr. Julien Biere und Brigitte Weidmann haben mit REX ein innovatives Museumskonzept im historischen Zentrum von Regensburg geschaffen.

Ein mobiles Spiel

Als „REXplorer“ erkunden Sie in Regensburg mit einem elektronischen „Detektor“ in der Hand die Stadt. Durch Gesten vor bedeutenden Gebäuden nehmen Sie mit deren virtuellen, historischen „Bewohnern“ Kontakt auf und bekommen von ihnen Aufgaben gestellt, die Sie lösen müssen, um Punkte zu sammeln. So durchstreifen Sie die Regensburger Altstadt und lernen etwas über ihre Geschichte.

REXplorer ist damit ein Beispiel für einen neuen Spieltyp,

der derzeit entsteht: das so genannte „Pervasive Game“, das „alles durchdringende“ mobile Spiel. Diese Spiele nutzen mobile Technologie wie Handys und Navigationssysteme, um einen realen Bereich - hier die Regensburger Altstadt - mit einem virtuellen „Spielbrett“ zu überziehen. Die Komponenten des Spiels - hier die historischen Charaktere, denen man an den Gebäuden begegnet, und ihre Aufgaben - sind nur für die Spieler mit ihren Geräten erlebbar. So entsteht eine neue Kombination aus klassischen Spielideen wie der Schnitzeljagd und modernen Spielaspekten, die nur mit Computerhilfe möglich sind, wie beispielsweise die Stimme eines solchen historischen Charakters aus dem Detektor zu hören.

Wenn Sie in Regensburg zum REXplorer werden wollen, erhalten Sie im REX-Gebäude Ihren elektronischen Detektor. Er enthält ein modernes High-End-Handy sowie einen Empfänger für GPS, das Global Positioning System, wie man ihn aus Navigationssystemen für das Auto kennt. Der GPS-Emp-

fänger ermittelt laufend auf wenige Meter genau, wo Sie sich gerade befinden. Er teilt dies dem Handy mit, das daraufhin nachsieht, ob eines der im Spiel verwendeten Gebäude erreicht wurde. Wenn ja, spielt es ein Audiosignal ab und fordert Sie auf, eine bestimmte Geste auszuführen.

Kamerahandy als Bewegungssensor

Die Geste wird vom Handy erkannt, indem es verfolgt, wie die Umwelt an seinem Kameraauge „vorbeizieht“. Diese Gesterkennung ist eine Entwicklung des Lehrstuhls für Informatik 10 (Medieninformatik), die in REXplorer erstmals zum Einsatz kommt. Sie verwendet das Prinzip des „Optical Flow“: Bei einem Film kann man zwischen zwei aufeinander folgenden Bildern Zusammenhänge

Bild 2: Der REXplorer-„Detektor“ und ein Modell der Regensburger Innenstadt. Die Holzmodelle stellen Gebäude dar, die in der Realität REXplorer-Spielstationen sind.

70



Bild 1: Eine Touristin spielt „REXplorer“ in Regensburg. Durch eine Geste mit dem Detektor nimmt sie Kontakt mit einer historischen Figur auf, die an der Donaubrücke lebt.



erkennen. Beispielsweise sieht man, dass sich ein vorübergehender Passant etwas weiterbewegt hat. Bei einem Kamerahandy, das der Benutzer selbst bewegt, verschiebt sich von einem zum nächsten Bild in Sekundenbruchteilen fast der gesamte Bildinhalt gleich um einen bestimmten Abstand. Daraus errechnet das Handy mit Hilfe der entwickelten Software, wie es selbst bewegt worden sein muss, um diesen Versatz der Umgebung vor der Linse der Handkamera zu bewirken.

So kann ein normales Handy „erkennen“, wie es bewegt wurde – und das ohne Beschleunigungssensoren oder andere aufwändige Technologien.

Erst nach der erfolgreich ausgeführten Geste kommt der Kontakt zu dem „Bewohner“ des Hauses zustande; Sie hören ihn aus dem Detektor sprechen, etwas über den Ort und sein Leben darin erzählen – und Ihnen eine Aufgabe stellen, die Sie an den nächsten Ort des Spiels führt.

Zwischendurch können Sie außerdem Bilder und Filme mit

dem REXplorer-Detektor aufnehmen. Bilder, Filme und Ihre Route durch die Stadt werden über das Handy direkt an den REXplorer-Server geschickt und dort auf einer für Sie persönlich erzeugten Webseite als eine Art Online-Tagebuch, ein „Blog“, gesammelt. Zu Hause können Sie so im Internet Ihren Besuch in Regensburg noch einmal mit anderen gemeinsam erleben oder mehr über die besuchten Sehenswürdigkeiten erfahren.

REXplorer: Ein Teil von REX
REXplorer ist in seiner Form eine Weltneuheit: es ist das erste mobile Stadtspiel im Dauerbetrieb, und das erste, das Gesterkennung integriert. Doch es ist nur eines von drei Systemen, die der Lehrstuhl für Informatik 10 (Medieninformatik) als Technologiepartner der Regensburg Experience entwickelt. Denn REX ist ein ganzes Erlebnismuseum. Hier kann man etwas über Regensburgs mittelalterliche Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft lernen, um anschließend die Stadt beim Rundgang (als REXplorer oder einfach so) besser zu verstehen.

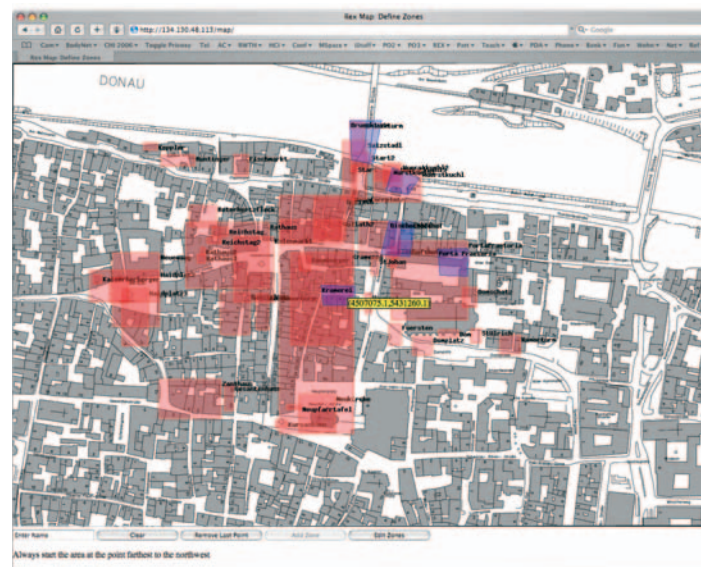


Bild 3: GPS-Koordinaten wichtiger Gebäude in Regensburg. Das Bild zeigt ein Computerprogramm, das die mit einem GPS-Empfänger erfassten Daten in einer Karte darstellt.

Die beiden anderen Systeme, die für REX entwickelt werden, sind interaktive Exponate: In „TimeWindow“ können Besucher auf einer projizierten Stadtkarte Regensburgs durch Wischbewegungen „Ausgrabungen“ beginnen. So können allmählich die Grundrisse Regensburgs aus dem 18., 16. bis hin



Bild 4: Storyboard für einen Ausschnitt des REXplorer-Spiels. Die Spieler entdecken einen „Bewohner“ in einem alten Brunnen und helfen ihm mit einer speziellen Geste.

Bild 5:
Das Blog-System in REXplorer.
Der Spieler macht mit dem Detektor
Fotos und Videos, die sofort
im Internet zu sehen sind.

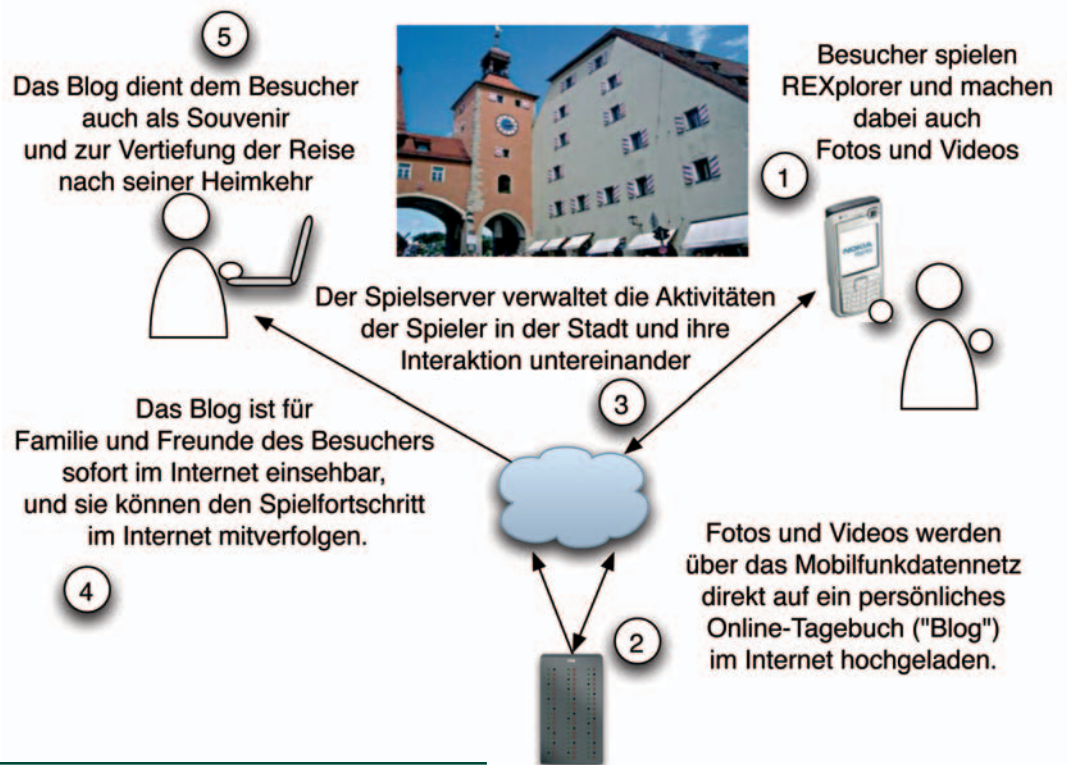
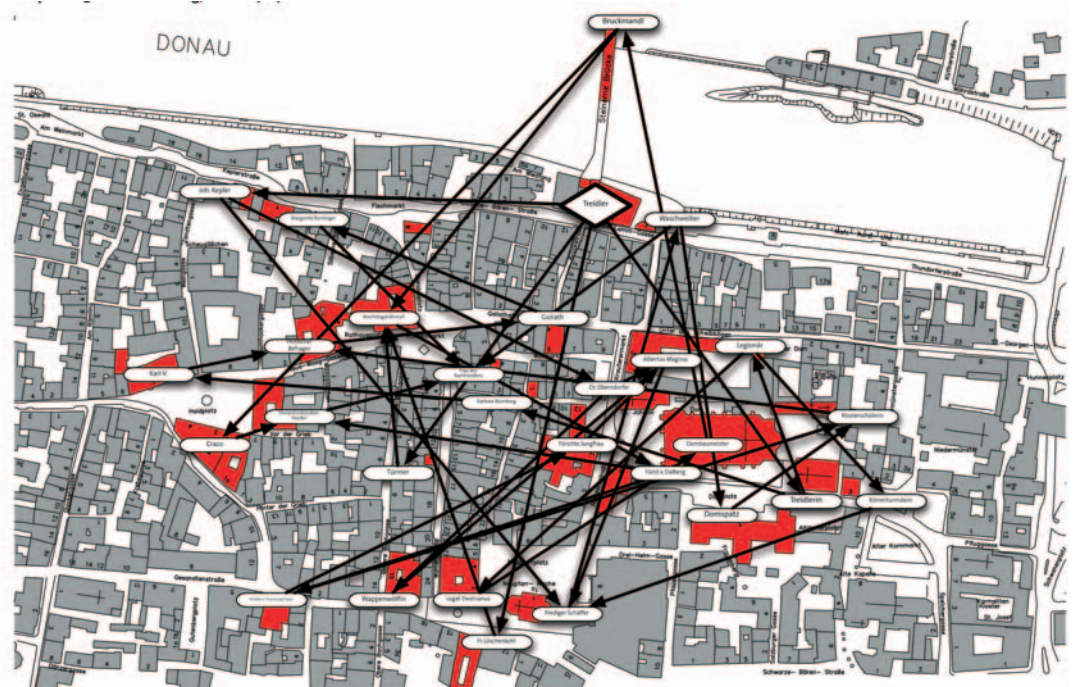


Bild 7:
Das Netzwerk von REXplorer-
Aufgaben in der Regensburger
Altstadt (Steffen P. Walz)



zum ersten Jahrhundert, als Regensburg noch ein römisches Lager war, freigelegt werden.

„REXband“ lässt den Besucher gemeinsam mit anderen eine mittelalterliche Band gründen. Die Spieler musizieren auf einer Drehleier, Harfe oder Trommel, und der Computer sorgt dafür, dass das gemeinsame Spiel klanglich zusammenpasst. Ein virtuelles Publikum belohnt gutes Spiel mit Applaus.

Kooperation mit der ETH

Während Tico Ballagas als Doktorand am Lehrstuhl für Informatik 10 (Medieninformatik) das Projekt technisch leitet, koordiniert Steffen P. Walz als Doktorand an der Professur für Computer Aided Architectural

Design der ETH Zürich bei Prof. Hovestadt die Gestaltung der Regeln, Charaktere, Geschichten und Abläufe des Spiels sowie des Detektorgehäuses.

Und warum?

REXplorer selbst ist nicht nur ein Pionier im Bereich mobiler Spiele, sondern auch ein Beispiel für den Einsatz von Informatik, um einer neuen Zielgruppe ein Stück Kultur näher zu bringen. Dieser „Hintergedanke“ hat zu der Bezeichnung „Serious Gaming“ geführt: Spielkonzepte werden verwendet, um ernsthafte Inhalte zu vermitteln.

Darüber hinaus können mit Hilfe solcher Projekte Forschungsergebnisse in der Mensch-Maschine-Interaktion

und Medieninformatik einer breiten Öffentlichkeit präsentiert werden – ohne gleich einen Softwarevertrieb mit Tausenden von Kunden verwalten zu müssen.

Schließlich ermöglicht das Spiel Menschen eine Erfahrung, die es so auf der Welt noch nicht gibt. Das technische Gerüst von REXplorer soll deshalb künftig auch anderen Städten und Projekten zur Verfügung gestellt werden. So entstehen vielleicht bald viele „Stadtführungs-Podcasts“, aus denen man sich seine Informationen und Aktivitäten zum aktuellen Ort in einer fremden Stadt nach eigenem Geschmack zusammenstellen kann.

Autor:

Univ.-Prof. Dr.rer.nat.
Jan Borchers ist Inhaber des Lehrstuhls für Informatik 10 (Medieninformatik).

media.informatik.

rwth-aachen.de/rexplorer.html

www.rex-regensburg.de



*Bild 6:
Ein Prototyp des REXband-Exponats.
Eine Museumsbesucherin spielt im REX
auf einer nachgebauten mittelalterlichen
Drehleier, der Computer korrigiert
Spielfehler und liefert Erfolgsmeldungen
bei gutem Spiel.*



*Bild 7:
Prof. Borchers mit dem
REXplorer-Detektor.
Das Gerät enthält ein Handy
und Navigationssystem und
kann auf Gesten reagieren,
um in Regensburgs Altstadt
mit historischen Figuren
Kontakt aufzunehmen.*

Foto: Peter Winandy



*Bild 8:
Ein Prototyp des TimeWindow-
Exponats, konstruiert von
Doktorand David Holman.
Durch Wischbewegungen
können Benutzer sich durch
die bauhistorischen Schichten
einer Karte der Regensburger
Altstadt graben und so die
Bauentwicklung der Stadt
seit der Römerzeit erforschen.
Eine Besonderheit: Das System
läßt mehrere Besucher gleich-
zeitig mit der Karte interagieren.*

Foto: Peter Winandy

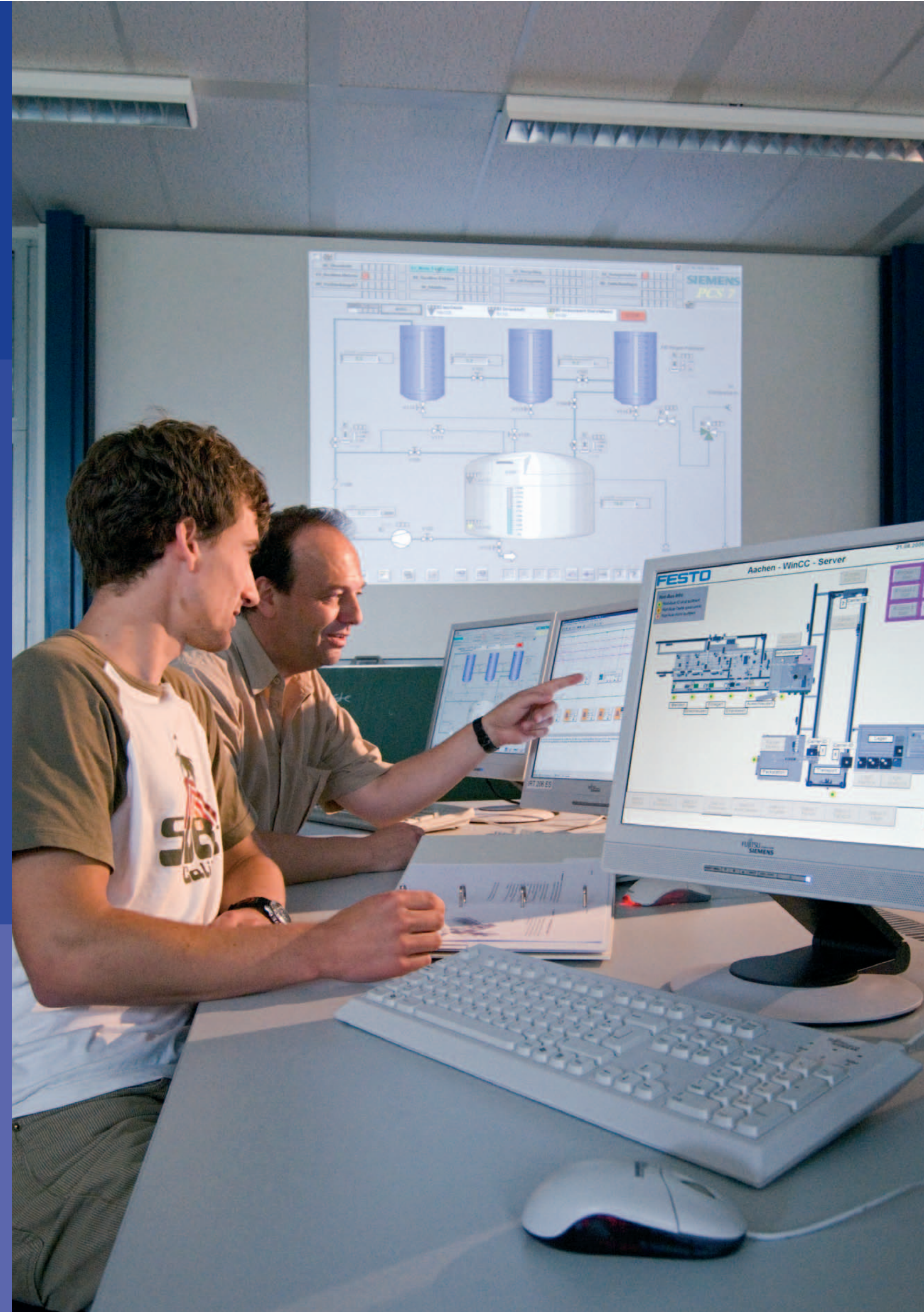
Der Masterstudiengang „Communications Engineering“

RWTHTHEMEN 2/2006

Weltweit besteht ein hoher Bedarf an qualifizierten Ingenieuren für die Entwicklung von Multimedia-Kommunikationssystemen sowie die Planung und das Management von Kommunikationsnetzen. Der internationale Arbeitsmarkt bietet den Absolventen der Informations- und Kommunikationstechnik hervorragende Berufsaussichten. Mit dem Ziel der Internationalisierung der Lehre wird seit 2001 der Master-Studiengang „Communications Engineering“ in der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik angeboten. Die Unterrichtssprache ist Englisch. Als einer der innovativsten und erfolgreichsten Studiengänge auf seinem Gebiet vermittelt er aktuelles theoretisches und praktisches Wissen modernster Kommunikationstechnologien. Besonderer Focus liegt hierbei auf mobilen digitalen Multimedia-Übertragungssystemen, einschließlich der Evolution von GSM/UMTS/IMT-2000 zum Future-Internet. Das Studium dauert zwei Jahre und ist gegliedert in drei Semester mit Vorlesungen, Übungen, Praktika und Seminaren, ein achtwöchiges Industriepraktikum und eine abschließende Masterarbeit von sechs Monaten. Neben den kommunikationstechnischen Fächern besuchen die Studenten auch Deutschkurse und eine Vorlesung in Management und Wirtschaftslehre. Nach jedem der ersten drei Semester legen die Studierenden fünf Prüfungen ab.

Autor:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Vary
ist Inhaber des Lehrstuhls und
Direktor des Instituts für Nach-
richtengeräte und Datenverar-
beitung.

www.ce.rwth-aachen.de



Spende für schwerkranke Kinder

Einen Scheck in Höhe von 7.000 Euro übergaben Rektor **Burkhard Rauhut** und Dr. **Johannes Lambertz**, Vorstandsmitglied der RWE Power AG, an die Hazienda Arche Noah in der Aachener Lintertstraße. Dort können schwerkranke Kinder und ihre Angehörigen eine Auszeit von Stress und Sorgen nehmen. Das Geld wurde von der Hochschule und dem Energieunternehmen bei einem gemeinsam durchgeführten Kongress zum Thema „Neue Wege in der Kraftwerkstechnik“ eingenommen. 300 Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Energiewirtschaft informierten sich in Aachen über Innovationen für die Energie der Zukunft. „Bei aller Zukunftsorientierung haben wir auch an die Not von heute gedacht“, so Lambertz bei der Scheckübergabe.

Leines Gaworski, Vorsitzender von Biotop e.V., freute sich über die Spende. Biotop e.V. ist in Zusammenarbeit mit der Kinderkrebstation des Universitätsklinikums Träger der Einrichtung und benötigt Spenden unter anderem für die Gestaltung der naturnahen Anlage, die Renovierung der Gebäude und den Kauf von Spielgeräten.

Umbrella-Symposium

Das 21. Umbrella-Symposium fand in Jülich statt. Der diesjährige Themenschwerpunkt für den interdisziplinären Austausch israelischer und deutscher Wissenschaftler lautete Neuroscience. Vertreter des Technion Haifa, der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich, die sich 1984 zu der Umbrella-Kooperation zusammengeschlossen haben, tauschten drei Tage lang Erfahrungen und Ergebnisse ihrer Arbeit aus. Die Initiatoren hoffen mit dem Thema Neuroscience an den Erfolg des in den letzten zwei Jahren behandelten Schwerpunkts Nanotechnologie anknüpfen zu können. Hier kam es zu gemeinsamen Projekten bei der Elektronenmikroskopie und der Zusage aller drei Hochschulen, einen weiteren umfangreichen Forschungsantrag finanziell zu unterstützen. Die Umbrella-Kooperation hat sich zum Ziel gesetzt, den wissenschaftlichen Austausch zwischen den drei technischen Forschungseinrichtungen zu unterstützen und so die Normalisierung der Zusammenarbeit zwischen deutschen und israelischen Wissenschaftlern zu fördern. Unter dem Dach von Umbrella soll künftig das Themenspektrum der Symposien erweitert und der Austausch von Studierenden angeregt werden.

Aufbau eines Digitalen Campus

Im Rahmen der Förderung von Exzellenz in Verwaltung und Lehre unterzeichnete Rektor **Rauhut** einen Kooperationsvertrag mit Microsoft Deutschland. Ziel ist es, gemeinsam einen digitalen Campus zu entwickeln. Als „zentraler Umschlagplatz“ soll dieser ab dem Wintersemester 2007 allen Studierenden und Hochschulangehörigen den direkten Zugang zu praxiserprobten Lernanwendungen und zu Verwaltungsdaten ermöglichen. Microsoft unterstützt das Projekt unentgeltlich mit Know-how und praktischer Hilfe. Das Unternehmen plant langfristig, die gewonnenen Informationen über ein Solution Sharing Network auch anderen Hochschulen frei zur Verfügung zu stellen.

Teilchenphysiker profitieren von neuem Förderinstrument

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat ein neues Förderinstrument aufgelegt, mit dem die Grundlagenforschung in der Teilchenphysik unterstützt wird. Gemeinsam mit Kollegen aus Hamburg und Karlsruhe arbeiten Physiker der RWTH Aachen am BMBF-Forschungsschwerpunkt (BNBF-FSP) CMS. Die Abkürzung steht für den Elementarteilchen-Detektor, der am Teilchenbeschleuniger LHC am europäischen Forschungszentrum CERN errichtet wird. Die Suche nach den kleinsten Bausteinen der Welt mit dem CMS-Detektor wird über einen Zeitraum von drei Jahren mit einer Fördersumme von 9,5 Millionen Euro gefördert. Der Large Hadron Collider, der zurzeit in einem unterirdischen Ringtunnel entsteht, wird nach Fertigstellung der leistungsstärkste Teilchenbeschleuniger in der Welt sein. Im Rahmen der beiden Großprojekte CMS und ATLAS sollen dort Protonen mit sehr hoher Geschwindigkeit aufeinander geschossen werden. Bei der Kollision entstehen für kurze Zeit neue Teilchen, die mit den Detektoren sichtbar gemacht werden können. Von den Ergebnissen dieser Arbeit erhoffen sich die Wissenschaftler neue grundlegende Erkenntnisse für die Physik. Das BMBF fördert mit diesem neuen Instrument die „Zusammenarbeit in den jeweils besten Gruppen in überregionalen Forschungsnetzwerken“. Von der RWTH beteiligen sich die Experimentalphysik Lehrstühle I B, III A und III B am Bau des Detektors CMS. Die neu eingerichteten Forschungsschwerpunkte sind ähnlich wie Sonderforschungsbereiche organisiert.

Als Sprecher des überregionalen CMS Verbundes fungiert zurzeit Univ.-Prof. Dr.rer.nat. **Thomas Hebbeker**, der an der RWTH Aachen den Lehrstuhl für Experimentalphysik IIIA inne hat.

Schüler-Preis 2006

Zum elften Mal verlieh die Schüler-Plan Consult zusammen mit der Fakultät für Bauingenieurwesen der RWTH Auszeichnungen an Aachener Studierende. Sie ermöglicht damit Auslandsaufenthalte, die diesmal von Fabian Gier und Martina Jetzki wahrgenommen werden können. Nach einem einjährigen Schüleraustausch in Fort Lauderdale begann **Martina Jetzki** 2003 das Bauingenieurstudium an der RWTH. Beim Studium im chilenischen Valparaíso an der Universidad Técnica Federico Santa María möchte sie im nächsten Studienjahr das vielseitige Angebot im Bereich Wirtschaftsindustrieingenieurwesen nutzen und ihre Spanischkenntnisse erweitern. **Fabian Gier** aus Mainz studiert in Aachen Bauingenieurwesen mit dem Studienschwerpunkt Wasserbau und Wasserwirtschaft. Er wird im nächsten Jahr im kanadischen Calgary Civil Engineering studieren. Dipl.-Ing. **Willi Schübler** stiftete diese Stipendien für die Durchführung eines studienbegleitenden Auslandsaufenthaltes, um angehende Bauingenieure zu unterstützen. So sollen die Persönlichkeitsentwicklung und die Erlangung von fachlichen Qualifikationen der Preisträger gefördert werden. Seit 1995 erhielten bereits 26 Studierende diese Anerkennung und nutzten sie für Studienaufenthalte an 15 internationalen Universitäten und Hochschulen.

Junge Bauingenieure ausgezeichnet

Bereits zum 14. Mal wurde an der RWTH Aachen der F.C. Trapp-Preis an herausragende, junge Bauingenieure vergeben. Der mit 5.000 Euro dotierte Preis, der auf mehrere Kandidaten aufgeteilt werden kann, erinnert an das bereits über 130 Jahre bestehende Bauunternehmen F.C. Trapp aus Wesel und den Ehrenbürger der RWTH, den 1989 verstorbenen Dr.-Ing. **Ernst Trapp**. Sein Sohn Dr.-Ing. **Friedrich Carl Trapp**, ebenfalls Ehrenbürger, stiftete 1995 den F.C. Trapp-Preis. Außerdem unterstützt und vertieft der Preis die seit Jahrzehnten bestehenden guten Verbindungen zwischen dem Familienunternehmen und der RWTH. Die diesjährigen Preisträger Dipl.-Ing. **Melanie Engel**, Dipl.-Ing. **Inga Lakes**, Dipl.-Ing. **Till Büttner** und Dipl.-Ing. **Gisa Kleine Vennekate** nahmen die Preise vom Stifter Friedrich Carl Trapp persönlich entgegen.

Dipl.-Ing. Andreas C. Münch erhielt internationalen Nachwuchsforscherpreis

Im Rahmen der Steel Success Strategies Conference, eine der größten Konferenzen der internationalen Stahlbranche, bekam Dipl.-Ing. **Andreas C. Münch** in New York den Willy-Korf-Award for Young Excellence verliehen. Der Mitarbeiter des Instituts für Eisenhüttenkunde wurde damit für seine Untersuchungen über die kinetische Änderung der chemischen Zusammensetzung von Gießschlacken und die damit einhergehenden Änderungen physikalischer Eigenschaften ausgezeichnet. Seine Erkenntnisse ermöglichen eine bessere Herstellung neuartiger Stahlsorten, die auch in der Automobilindustrie Anwendung finden. Münch forscht seit 2003 am Lehrstuhl für Metallurgie von Eisen und Stahl von Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Dieter Senk**. Er ist bereits der zweite Mitarbeiter des RWTH-Instituts, der den Nachwuchsforscherpreis verliehen bekommt. Der Young Excellence Award würdigt junge Wissenschaftler, die durch ihre Forschung einen bedeutenden Beitrag zum Gebiet der Eisen- und Stahlherstellung geleistet haben.

Neuer RWTH-Kanzler

Manfred Nettekoven ist neuer Kanzler der RWTH Aachen. Er folgt damit Dr. **Michael Stückradt**, der im Juni 2005 als Staatssekretär in das Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologietransfer des Landes NRW nach Düsseldorf berufen wurde. In der Zwischenzeit hatte der Dezernent für Planung, Entwicklung und Controlling, **Heinz-Herbert Kaußen**, die Funktion des Kanzlers ausgeübt. Der Kanzler ist Leiter der Verwaltung und Beauftragter für den 560-Millionen-Euro-Haushalt der Hochschule. Manfred Nettekoven, Jahrgang 1959, studierte Sprachen in Neuchâtel sowie Jura in Regensburg und Bonn. Sein Referendariat absolvierte er in Köln und Rom. In den Hochschuldienst trat er 1990 an der Ruhr-Universität Bochum ein, wo er zuletzt das Dezernat für Studentische Angelegenheiten und Internationales leitete. 1994 wechselte er in die Außenstelle des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) nach New York, wo er ab 1998 das Amt des stellvertretenden Direktors bekleidete. Im Jahr 2000 kehrte der gebürtige Kölner als allgemeiner Vertreter des Kanzlers und Dezernent für die Medizinischen Einrichtungen an die Ruhr-Universität Bochum zurück. Seit April 2003 war Nettekoven Kanzler der Universität Hamburg.

Norwegischer Forschungspreis für Petri Mähönen

Der Telenor-Forschungspreis geht in diesem Jahr an Univ.-Prof. **Petri Mähönen**. Der mit 250.000 Norwegischen Kronen - umgerechnet etwa 29.800 Euro - dotierte Preis soll die Bedeutung von Forschung und Innovation für die Informations- und Kommunikationstechnologie unterstreichen. Die Firma Telenor ist Norwegens größter Konzern im Bereich der Telekommunikation und gilt als außerordentlich erfolgreich. Für den jährlich verliehenen Forschungspreis wird in Zusammenarbeit mit einer international besetzten Preisjury jeweils ein Themengebiet ausgewählt. Gewürdigt werden Einzelpersonen oder Gruppen, die einen Forschungsbeitrag beispielsweise in den Bereichen Technologie, Nutzerverhalten oder Wirtschaft geleistet haben. Der in Finnland geborene 38-jährige Wissenschaftler wurde 2002 auf den Lehrstuhl für Mobilfunknetze der RWTH Aachen berufen. Die Professur war von der Ericsson Eurolab Deutschland GmbH gestiftet worden. Neben dem Mobilfunk sind unter anderem auch Internettechnologien und Breitbandkommunikationen Schwerpunkte der Forschung von Mähönen.

Kooperationsabkommen mit der Keio University feiert Jubiläum

Zwischen der japanischen Keio Universität in Tokio und der RWTH Aachen besteht seit 50 Jahren ein Abkommen zur akademischen Zusammenarbeit. Aus diesem Anlass lud Rektor **Burkhard Rauhut** 34 Keio-Wissenschaftler und weitere Gäste zu einer Feier in die Aula I des Hauptgebäudes ein. Zu ihnen gehörte auch Oberbürgermeister Dr. **Jürgen Linden** und der japanische Generalkonsul Toshio Kunikata aus Düsseldorf sowie zahlreiche RWTH Absolventen, die sich früher an der Keio University aufhielten. Ein Grußwort sprach Dr. **Michael Stückradt**, Staatssekretär im Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen. Über aktuelle Forschungsprojekten sprach Ichiro Inasaki, Dekan der Fakultät für Wissenschaft und Technologie der Keio-Universität. Anschließend referierte der Leiter des Internationalen Centers, Professor Shinnosuke Obi, über die internationalen Strategien und Konzepte seiner Hochschule.

RWTH Aachen jetzt auch in Peking

Die Aachener Hochschule wird künftig in der Hauptstadt von China vertreten sein: RWTH-Rektor Professor **Burkhard Rauhut** eröffnete ein Verbindungsbüro in der Weltmetropole Peking. Dadurch sollen die bereits bestehenden guten Kontakte zu Universitäten in der Volksrepublik verstärkt und der Austausch von Studierenden wie Wissenschaftlern vereinfacht werden. Das Büro befindet sich in Räumen des Deutschen Akademischen Austauschdienstes im German Centre Beijing, in dem auch andere deutsche Wissenschaftsorganisationen und die deutsch-chinesische Handelskammer untergebracht sind. Neben der Kontaktpflege zu chinesischen Wissenschaftlern und ihren Organisationen wird das Team des Büros sich der Rekrutierung der besten chinesischen Studierenden widmen. Dazu gehört auch die Information über Studienprogramme, Promotionsmöglichkeiten und die Vorbereitung auf einen Aufenthalt an der RWTH Aachen. Am Eröffnungstag fand auch gleich das erste Treffen von Absolventen – so genannter Alumni – in Peking statt.

Chemische Verfahrenstechnik treibt Fahrzeuge an

Wie genau kann ein selbstgebautes Fahrzeug ausschließlich durch chemische Reaktionen angetrieben und gesteuert werden? Diese Fragestellung wurde jetzt beim ersten ChemCar-Wettbewerb in Wiesbaden beantwortet. Das Team aus dem RWTH-Institut für Prozesstechnik konnte sich dabei den erfolgreichen zweiten Platz sichern. Im Rahmen der GVC/Dechema Jahrestagung wurde der Wettbewerb zum ersten Mal in Deutschland durchgeführt. Erst eine Stunde vor dem Start des Rennens legte eine Jury fest, welche Strecke die Fahrzeuge zurücklegen und wie viel Transportladung sie dabei mitnehmen mussten. Im Rennen dürfen keinerlei mechanische Bremsen, Zeit- oder Wegmesser oder Fernsteuerungen verwendet werden. Nur durch eine chemische Reaktion darf die punktgenaue Bremsung ausgelöst werden. Am Wettbewerb haben neun Teams von sieben Universitäten teilgenommen. Die Fahrzeuge mussten mit einer Zuladung von 500 Gramm genau 28,8 Meter Strecke bewältigen. Dabei erreichte das Team der RWTH Aachen einen hervorragenden zweiten Platz mit nur 38 cm Abweichung von der geforderten Länge. Mit den Studierenden **Yvonne Domine**, **Daniel Forchheim**, **Manuel Hechinger**, **Marco Scholz**, **Alexander Schröder** und **Inga Wolf** freuten sich ihre Betreuer Dipl.-Ing. **Sven Kossack** und Dr.-Ing. **Heiko Briesen** vom Lehrstuhl für Prozesstechnik.

Japanischer Spitzenwissenschaftler zu Gast

Der japanische Chemieprofessor Eiichi Nakamura von der Tokyo University ist seit September Gast in den Instituten für Anorganische und Organische Chemie der RWTH. Er möchte die Kooperation zwischen den beiden Hochschulen auf seinem Fachgebiet vertiefen. Der Wissenschaftler ist Preisträger der Alexander von Humboldt-Stiftung, die mit ihren Auszeichnungen internationale Spitzenforscher würdigt. In Japan wird er bereits von der Japan Society for the Promotion of Science, einer Förderorganisation für die Wissenschaft, besonders unterstützt. An der Tokyo University ist Nakamura Inhaber des Lehrstuhls für Physikalische Organische Chemie. Er gilt als weltweit anerkannter Experte für die erst in jüngerer Vergangenheit entdeckten Kohlenstoffmodifikationen Fulleren sowie für die Kohlenstoff-Nanoröhren. Winzige Moleküle ermöglichen hierbei neue Anwendungen in der Nanotechnologie – beispielsweise bei der Entwicklung photovoltaischer Materialien für die Direktumwandlung von Licht in Strom. Zwischen Forschergruppen aus dem Bereich Chemie der RWTH und dem Arbeitskreis von Professor Nakamura in Tokyo bestehen bereits seit mehreren Jahren gute Kontakte. Für den Alexander von Humboldt-Preis wurde der japanische Kollege von den Aachener Chemieprofessoren **Carsten Bolm** und **Jun Okuda** nominiert.

Marga Lensen ist Sofja-Kovalevskaja-Preisträgerin

Die niederländische Nanowissenschaftlerin Dr. **Marga Lensen** erhielt eine Millionen Euro als Sofja-Kovalevskaja-Preisträgerin. Mit ihrem Preisgeld wird sie am Deutschen Wollforschungsinstitut eine Arbeitsgruppe mit dem Schwerpunkt Biomaterialien und Nanotechnologie aufbauen. Die Alexander von Humboldt-Stiftung hat den Sofja Kovalevskaja-Preis an exzellente internationale Nachwuchsforscher zum dritten Mal vergeben. Die Auszeichnung ist einer der derzeit höchst dotierten Wissenschaftspreise in Deutschland. In diesem Jahr wurden zwölf Preisträger ausgezeichnet, Lensen ist mit 29 Jahren die jüngste Preisträgerin. **Sofja Kovaleskaja** wurde 1850 in Moskau geboren, sie studierte Mathematik und Naturwissenschaften in Heidelberg und Berlin. Da sie sich als Frau nicht offiziell immatrikulieren konnte, musste sie teilweise Privatunterricht nehmen. Trotz dieser Umstände promovierte sie 1874 in Göttingen und erhielt schließlich zunächst eine Anstellung als Privatdozentin in Stockholm und 1889 als eine der ersten Frauen in Europa einen Lehrstuhl, ebenfalls an der Universität Stockholm. Sie starb im Alter von 41 Jahren an einer Lungenentzündung.

Forschungszentrum Jülich und RWTH fördern Nachwuchs

Das Forschungszentrum Jülich und die RWTH wollen für besonders begabte Nachwuchswissenschaftler eine Eliteschule gründen. Unter dem Titel „German Research School for Simulation Science“ soll die Computersimulation in den Naturwissenschaften im Mittelpunkt stehen. Die Ausbildung richtet sich an examinierte Wissenschaftler unterschiedlicher Fachrichtungen und soll frühestens im Herbst 2007 beginnen und 50 Studierende aufnehmen.

Im nächsten Heft:

RWTHTHEMEN 2/2006

EXZELLE RWTH AACHEN

MERCH AND SING RWTHAACHEN UNIVERSITY SHOP

Die RWTH Aachen bietet über
den Lizenznehmer RUNNER SHOP
qualitativ hochwertige Produkte
aus den Bereichen:

SPORTSWEAR
ACCESSOIRES
MODE
BÜRO
TASCHEN
GESCHENKE

Das reichhaltige Merchandising-Sortiment
finden Sie im Internet unter

www.rwth-aachen-shop.de



Seit 1982

Manfred Xhonneux
Neupforte 15
52062 Aachen

RWTHAACHEN
UNIVERSITY
SHOP

Hauptgebäude
Templergraben 55
52062 Aachen



