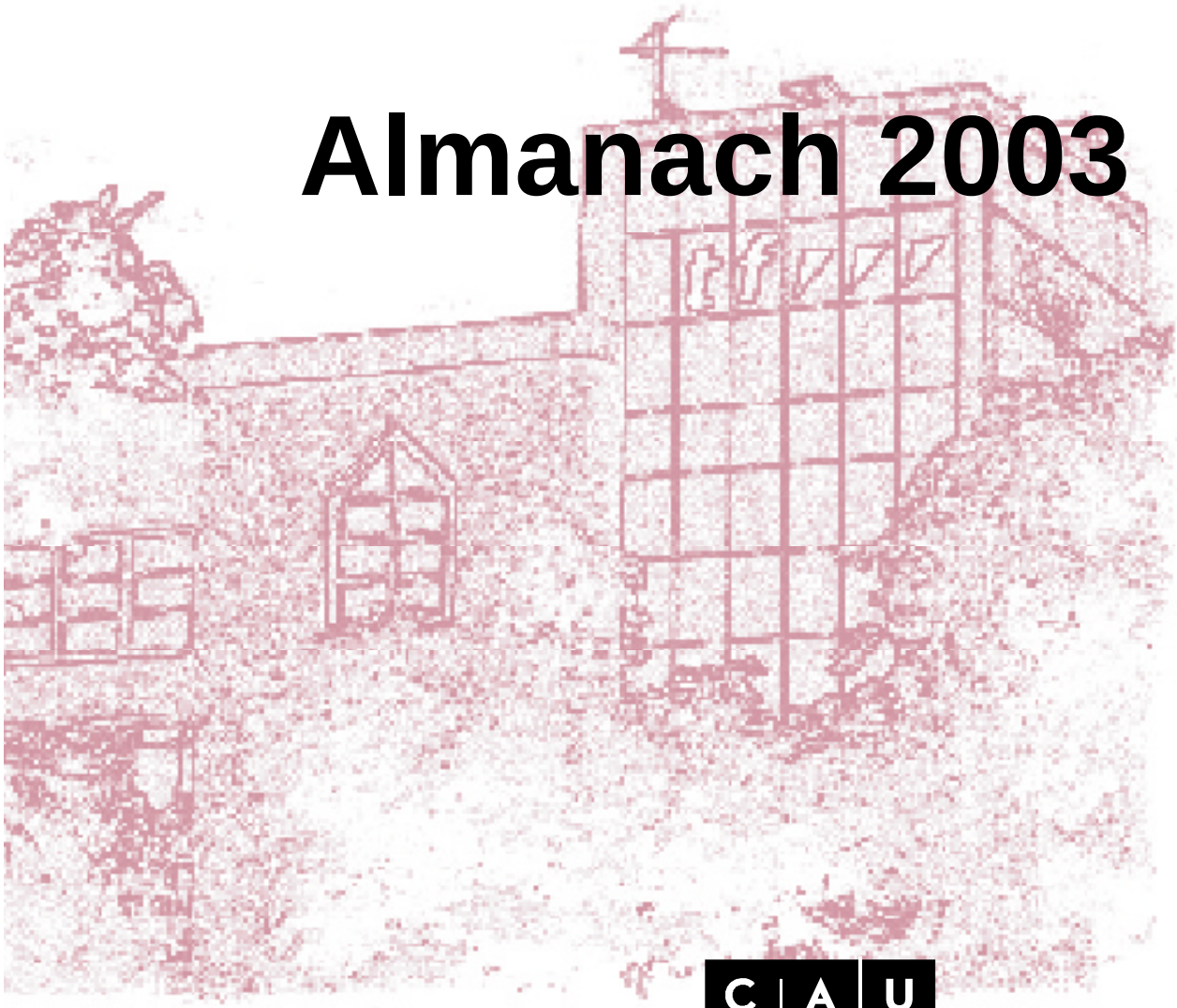
TECHNISCHE FAKULTÄT DER
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT
ZU KIEL

Almanach 2003



C A U
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Herausgeber:
Dekanat Technische Fakultät
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Kaiserstraße 2
24143 Kiel
0431 880-6001, -6068
Fax: -6003
dekanat@tf.uni-kiel.de
http://www.tf.uni-kiel.de

Diesen Almanach kann man auch von den Web-Seiten der Fakultät herunterladen.
Kiel, den 1.6.2004

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 5

Elektrotechnik und Informationstechnik

Lehrstuhl für Allgemeine und Theoretische Elektrotechnik 7
Lehrstuhl für Automatisierungs- und Regelungstechnik 9
Lehrstuhl für Halbleitertechnik (LHT) 15
Lehrstuhl für Halbleitertechnologie 23
Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik 25
Professur für Informations- und Codierungstheorie 35
Lehrstuhl für Leistungselektronik und Elektrische Antriebe 45
Lehrstuhl für Nachrichten- und Übertragungstechnik 53
Lehrstuhl für Netzwerk- und Systemtheorie 63
Arbeitsgruppe Numerische Feldberechnung 71

Informatik und Praktische Mathematik

Professur für Diskrete Optimierung 77
Lehrstuhl/Professur für Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme 83
Lehrstuhl für Kognitive Systeme 89
Arbeitsgruppe Kommunikationssysteme 99
Professur für Multimediale Systeme zur Informationsverarbeitung 105
Lehrstuhl für Praktische Mathematik 113
Lehrstuhl für Programmiersprachen und Übersetzerkonstruktion 117
Professur für Rechnergestützte Programmentwicklung 125
Lehrstuhl für Scientific Computing 131
Lehrstuhl für Softwaretechnologie 135
Lehrstuhl für Technologie der Informationssysteme 141
Professur für Theoretische Informatik 149
Professur für Theorie der Parallelität 153

Materialwissenschaft

Lehrstuhl für Allgemeine Materialwissenschaft 161
Lehrstuhl für Materialverbunde 173
Arbeitsgruppe Mikrostrukturanalytik 191
Lehrstuhl für Sensorik und Festkörper-Ionik 203

CMA Centrum für Materialanalytik / TF-Praktika für Studierende der Ingenieurstudiengänge 211

Vorwort

Vorwort

Zum zweiten Mal veröffentlicht die Technische Fakultät in dem bewährten Format einen Almanach. Gegenüber dem letzten Jahr konnte die Bearbeitungsdauer drastisch reduziert werden, da unterschiedliche Dateiformate in vorgegebene Masken direkt in die Homepage der Technischen Fakultät eingegeben werden konnten. Ein einheitliches Format konnte damit von vornherein erreicht werden und Fehleingaben sowie Überlängen ließen sich weitgehend vermeiden. Damit basiert die Erstellung des Almanachs auf dem aktuellen Stand der Technik, wie es von einer Technischen Fakultät erwartet wird.

Der Almanach gibt in übersichtlicher Form Auskünfte über die Leistungen und Ergebnisse des Jahres 2003 in den einzelnen Arbeitseinheiten. Sowohl die Forschungsergebnisse als auch die Lehrleistungen mit namentlicher Nennung der beteiligten Mitarbeiter sind dargestellt. Der Einsatz des Personals wird dokumentiert und es werden die im Jahre 2003 erschienenen Veröffentlichungen sowie die wichtigsten Vorträge aufgelistet. Schließlich werden besonders wichtige allgemeine Aktivitäten der Arbeitseinheiten dokumentiert.

Neben dem Bericht über die Leistungen und Ereignisse der Fakultät hat der Almanach eine weitere wichtige Funktion. Er soll als Informationsquelle in verständlicher Form Anknüpfungsmöglichkeiten mit Firmen darstellen, die ein Interesse an unserer Arbeit haben. Professoren und Mitarbeiter freuen sich auf fruchtbare Gespräche der Umsetzung unserer Tätigkeit in die industrielle Welt. Selbstverständlich dient der Almanach auch dazu, unsere Kompetenz in Politik, Verbänden, anderen Bereichen der CAU sowie anderen Hochschulen und Forschungsinstituten deutlich zu machen. Auf Ihre Reaktion freuen wir uns.

Werner Weppner, Dekan

Lehrstuhl für Allgemeine und Theoretische Elektrotechnik

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. H.K. Dirks; Sekretariat: S. Thielbörger
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) J. Buschmann (50%)

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. E. Hamidovic	01.01.-31.12.2003	CAU
Dipl.-Ing. I. Naumann	01.01.-31.12.2003	

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Grundgebiete der Elektrotechnik III, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H.K. Dirks (+ E. Hamidovic)

Theoretische Elektrotechnik I, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H.K. Dirks (+ I. Naumann)

Einführung in die numerische Simulation elektronischer Schaltungen, 3 Std. Vorlesung/ Woche,
H.K. Dirks

Sommer 2003

Theoretische Elektrotechnik II, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H.K. Dirks (+ I. Naumann)

Schaltungssimulation, 4 Std. Praktikum/Woche,
H.K. Dirks (+ E. Hamidovic, I. Naumann)

Winter 2003/2004

Grundgebiete der Elektrotechnik I, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H.K. Dirks (+ H.K. Dirks, T. Naeve, J. Dannehl)

Einführung in die numerische Simulation elektronischer Schaltungen, 3 Std. Vorlesung/ Woche,
H.K. Dirks

Grundgebiete der Elektrotechnik III, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H.K. Dirks (+ E. Hamidovic)

Dissertationen

I. Naumann, *Sortierverfahren und Datenstrukturen in der VLSI-Netzwerksimulation,* 19.12.2003

Lehrstuhl für Automatisierungs- und Regelungstechnik

Der Lehrstuhl arbeitet auf folgenden Gebieten:

Messtechnik: Coriolis-Massendurchflussmessung, Dichtemessung

Biotechnologie: Modellbasierte Prozessführung zur Kultivierung des Bakteriums *Photorhabdus luminescens*

Medizintechnik: Prädiktive Regelung des Glucosespiegels bei Diabetes Patienten

Regelungstechnik: Globale Stabilisierung unteraktuierter mechanischer Systeme

Ergebnisse

Coriolis-Massendurchflussmessung Die Massendurchflussmessung ist in vielen Anwendungsfällen wichtiger als die Volumenmessung. So werden heutzutage alle Mineralölprodukte (Benzin, Diesel, Heizöl) aber auch Erdgas noch nach Volumen verkauft, obwohl der Energieinhalt nicht mit dem Volumen, sondern der Masse korreliert. Unberücksichtigt bleibt hierbei, dass das Volumen als Abrechnungsgröße für die Energiemenge auch noch von anderen Parametern wie Druck, Dichte und Temperatur abhängt.

Coriolis-Massendurchflussmesser (CMD) zeichnen sich durch ihre hohe Genauigkeit (typische Messunsicherheit 0,1% vom Messwert) aus. Gleichzeitig ist der Messwert unabhängig von den Eigenschaften des zu messenden Mediums wie z. B. Druck, Temperatur, Dichte, elektrische und thermische Leitfähigkeit.

Die neueste Gerätegeneration - Coriolis-Massendurchflussmesser mit Geradrohrgeometrie - hat aber im praktischen Einsatzfall heutzutage noch Probleme mit der Langzeitgenauigkeit, da sich die charakteristischen Kenngrößen Nullpunkt und Empfindlichkeit zeitlich verändern können. Diese Veränderung ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die schwingenden Komponenten oszillierende Kräfte bzw. Drehmomente auf die Einspannstellen übertragen, die von diesen nicht rückwirkungsfrei aufgenommen werden. Dies führt zu einer Verfälschung des Messergebnisses, da sich die herrschenden Einspann- und Umgebungsbedingungen wie z. B. die Temperatur im Messergebnis niederschlagen. Mit den Umgebungsbedingungen ändern sich somit Nullpunkt und Empfindlichkeit im laufenden Betrieb.

Im Projekt wird ein modellbasierter Ansatz zur Messwertkorrektur verfolgt, der bis auf einen Temperatursensor ohne weitere teure Sensorik am CMD auskommt. Dazu wurde im Verlauf der bisherigen Forschungsarbeiten ein dynamisches Modell des CMD erstellt, das im wesentlichen aus zwei miteinander gekoppelten, schwingungsfähigen Übertragungsfunktionen zweiter Ordnung besteht. Eine Übertragungsfunktion beschreibt die Schwingung in der ersten Eigenform des Messrohres (Antriebsmode), die zweite entsprechend die Schwingung in der zweiten Eigenform des Messrohres (Coriolismode). Während bei üblichen CMD nur der Antriebsmode angeregt wird und der durch den Massenstrom erzeugte Coriolismode den Messwert liefert, wird im modifizierten Aufbau ein zusätzlicher

Treiber benötigt, um auch den Coriolismode gezielt anregen zu können. Die modellbasierte Auswertung der Systemantwort auf eine gezielte Anregung des Coriolismode liefert zusätzliche Informationen zur Bestimmung der zeitvarianten Modellparameter des CMD. Die charakteristischen Kenngrößen Nullpunkt und Empfindlichkeit lassen sich aus diesen Modellparametern leicht berechnen, so dass eine online Korrektur des Messwertes möglich wird.

Neben dem Massendurchfluss kann mit einem CMD auch die Dichte des Messstoffes mit hoher Genauigkeit gemessen werden. Zu diesem Zweck wird die Resonanzfrequenz der Schwingung im Antriebsmode ausgewertet, die sich in Abhängigkeit der schwingenden Masse und somit der Dichte des Messstoffes ändert. Allerdings führen Änderungen der Prozessbedingungen wie z.B. Druck und Temperatur ebenfalls zu einer Änderung der Resonanzfrequenz, indem sie die effektive Federsteifigkeit des Messrohres beeinflussen. Daher wird in dem Projekt Coriolis-Massendurchflussmessung ebenfalls ein modellbasierter Ansatz zur Messung dieser Federsteifigkeit untersucht. Mit der gemessenen Federsteifigkeit kann eine Online-Korrektur des Dichtemesswertes, der sich aus der gemessenen Resonanzfrequenz des Antriebsmode ergibt, durchgeführt werden.

Modellbasierte Prozessführung zur Kultivierung des Bakteriums *Photorhabdus luminescens*

Nematoden der Gattung *Heterorhabditis bacteriophora* werden als Antagonisten von im Boden lebenden Insektenlarven für die biologische Schädlingsbekämpfung in Landwirtschaft und Gartenbau kommerziell eingesetzt. Ein wesentlicher Verfahrensschritt bei der Produktion der Nematoden in Flüssigkultur besteht in der Etablierung einer Kultur des symbiotischen Bakteriums der Gattung *Photorhabdus luminescens* in die, bei entsprechender Zelldichte, die Larven des Fadenwurmes *Heterorhabditis bacteriophora* inokkuliert werden. Die zur Zeit noch stark schwankenden Ausbeuten des Produktionsprozesses sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine stark variierende Qualität der Bakterienvorkultur und ein noch nicht ausreichendes Verständnis der Symbiose zurückzuführen. Ein erster Schritt in Richtung hohe Ausbeuten und damit kostengünstige Produktion ist die Entwicklung einer modellgestützten Prozessführungsstrategie, um die Bakterienvorkultur in einen definierten Zustand zu überführen, der durch die Parameter Zelldichte und Konzentration der Einschlussproteine charakterisiert ist. Grundlage dieser Prozessführung ist ein mathematisches Modell des Wachstumsprozesses der Bakterien, das sowohl das Wachstum der Biomasse als auch die Produktion der Einschlussproteine beschreibt. Mit Hilfe des erstellten mathematischen Prozessmodells konnten bereits erste erfolgreiche Versuche zur Trajektorienfolgeregelung unternommen werden. Die theoretische Grundlage des verwendeten nichtlinearen Regelkonzeptes bilden die differentiell flachen Systeme, deren besondere Eigenschaft die Existenz sogenannter flacher Ausgänge ist. Da die flachen Ausgänge die volle Information über die Systemdynamik besitzen, ist es möglich, die nichtlineare Systemdynamik zu invertieren und für eine gewünschte Solltrajektorie eine Steuerfunktion analytisch zu bestimmen. Die bei technischen Systemen unvermeidbaren Modellierungsfehler führen aber immer zu einer Abweichung vom gewünschten Sollverlauf der Trajektorie. Aus diesem Grunde wird anstelle einer Steuerung

eine Trajektorienfolgeregelung entworfen. Die Prozessführung auf der Basis einer Trajektorienfolgeregelung besteht in einer gezielten Zufuhr von Substraten, die von den Bakterien verstoffwechselt werden. Im Labormaßstab konnten mit dieser Regelstrategie bereits deutlich höhere Bakteriendichten erzielt werden, als sie zur Zeit in der industriellen Produktion möglich sind.

Modellgestützte prädiktive Regelung des Glucosespiegels bei Diabetes-Patienten

Ziel der Forschung im Rahmen dieses Projektes ist die Entwicklung eines modellbasierten Systems zur prädiktiven Regelung des Blutglucosespiegels und zur Analyse der Stoffwechselantworten nach bestimmten Mahlzeiten bei insulinpflichtigen Typ 1 und Typ 2 Diabetes-Patienten. Die Blutglucosekonzentration als Regelgröße wird mit einem subkutan (unter der Haut) angelegten Sensor kontinuierlich erfasst und zur Regelung herangezogen. Das hierarchische Regelkonzept basiert auf zwei Reglern, wobei der erste Regler für die Abdeckung der mahlzeiteninduzierten Insulinbedürfnisse und der zweite Regler für die Abdeckung der basalen Insulinbedürfnisse (Nüchternbedürfnisse) zuständig ist. Die beiden Regler liefern als Stellgrößen die notwendigen Insulingaben. Die Kohlenhydrataufnahme und die körperliche Aktivität werden als Störgrößen betrachtet. Als Prozessmodell wird ein Zeitreihenmodell gewählt, das von unterschiedlichen Insulinwirkprofilen während eines Tages ausgeht. Erste Ergebnisse zeigen, dass das Zeitreihenmodell eine Prädiktion des Glucosespiegels ermöglicht und somit als Grundlage für die Berechnung des Insulinbedarfs des Patienten dienen kann.

Globale Stabilisierung unteraktuierter mechanischer Systeme

Passive Systeme gehören einer Systemklasse dynamischer Systeme an, die Energie mit ihrer Umgebung austauschen. Passivität bedeutet hierbei, dass der Anstieg der im System gespeicherten Gesamtenergie nicht größer als die von außen zugeführte Energiemenge sein darf. Der Reglerentwurf auf der Grundlage des Passivitätskonzeptes vollzieht sich gewöhnlich in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird die Gesamtenergie des Systems über eine neue Energiefunktion so verändert (Energy-Shaping), dass die resultierende Funktion im Bereich der anzusteuernden instabilen Ruhelage ein Minimum aufweist. Im sich daran anschließenden zweiten Schritt wird eine Dissipationsfunktion eingeführt, die das Gesamtsystem in der instabilen Ruhelage asymptotisch stabilisiert. Leider existiert jedoch kein systematisches Verfahren, um eine geeignete Speicherfunktion zu konstruieren. Ein anderes Verfahren zum Reglerentwurf auf der Grundlage des Passivitätskonzeptes versucht, diese inhärenten Schwierigkeiten zu beheben. Regler und Strecke werden als verkoppelte dynamische Systeme angesetzt, die die gleichen strukturellen Eigenschaften (Euler-Lagrange-Struktur) besitzen. Für vollständig aktuierte Systeme ist dies eine Möglichkeit, nur die potentielle Energie des rückgekoppelten Systems vorzugeben. Unteraktuierte Systeme erfordern jedoch die Vorgabe der Gesamtenergie. Unglücklicherweise zerstört dies aber beim klassischen Passivitätsentwurf die Euler-Lagrange-Struktur, so dass das rückgekoppelte System die Euler-Lagrange-Form verliert und die Energiespeicherfunktion des rückgekoppelten Systems keine natürliche Energiefunktion im physikalischen Sinne mehr darstellt. Diese Schwierigkeiten lassen sich mit den Port Controlled

Hamiltonian (PCH) Systemen überwinden. Für PCH-Systeme gelten die zwei wichtigsten Eigenschaften für den Reglerentwurf auf der Basis des Passivitätskonzeptes unverändert weiter. Die erste Eigenschaft ist die Strukturerhaltung, d.h. die Rückkopplung zweier PCH-Systeme führt wieder auf ein PCH System. Die zweite Eigenschaft betrifft die Energiespeicherfunktion, die die Gesamtenergie des rückgekoppelten Systems wiedergibt. Das Invertierte Pendel auf einem Wagen (Single Inverted Pendulum on a Cart - SIP) ist ein bekanntes Beispiel für ein unteraktuiertes System. Die neue Methode wird z.Zt. am SIP erprobt und soll in einem zukünftigen Schritt auf das Invertierte Doppelpendel auf einem Wagen (Double Inverted Pendulum on a Cart - DIP) übertragen werden.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. H. Röck; Sekretariat: I. Baumann
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) M. Lieb

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. A. Buchen	01.01.-31.12.2003	CAU
Modellbasierte Prozessführung in der Biotechnologie		
PD Dr.-Ing. K. Kolahi	01.01.-31.12.2003	CAU
Coriolis-Massendurchflussmessung		
Dipl.-Ing. P. Papazov	01.01.-31.12.2003	TSH
Modellgestützte prädiktive Regelung der Insulinabgabe		
Dipl.-Ing. E. Papazova	15.11.-31.12.2003	TSH
Modellgestützte prädiktive Regelung der Insulinabgabe		
Prof. Dr. E. Pawluk	01.01.-31.12.2003	
Nichtlineare Regelung		
Dipl.-Ing. T. Schröder	01.01.-31.12.2003	CAU
Coriolis-Massendurchflussmessung		
Dr.-Ing. P. Seydel	01.01.-31.12.2003	Ind.
Modellbasierte Prozessführung		
Dr. W. Zhong	01.01.-31.12.2003	Ind.
Nichtlineare Regelung unteraktuierter Systeme		

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Regelungstechnik I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H. Röck (+ A. Buchen)

Regelungstechnik III, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H. Röck (+ T. Schröder)

Digitale Regelung, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,

H. Röck (+ T. Schröder)

Regelungstechnik I, 4 Std. Praktikum/Woche,
H. Röck (+ A. Buchen, T. Schröder)

Ausgewählte Kapitel der Regelungstechnik, 3 Std. Seminar/Woche,
H. Röck

Automatisierungstechnik I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Kolahi (+ K. Kolahi)

Messtechnik II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Kolahi (+ K. Kolahi)

Ausgewählte Kapitel der Automatisierungstechnik, 3 Std. Seminar/Woche,
K. Kolahi

Sommer 2003

Regelungstechnik II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H. Röck (+ A. Buchen)

Digitale Regelung, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H. Röck (+ T. Schröder)

Messtechnik I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Kolahi (+ K. Kolahi)

Winter 2003/2004

Regelungstechnik I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H. Röck (+ T. Schröder)

Regelungstechnik III, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H. Röck (+ A. Buchen)

Digitale Regelung, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H. Röck (+ T. Schröder)

Regelungstechnik I, 3 Std. Praktikum/Woche,
H. Röck (+ A. Buchen, T. Schröder)

Ausgewählte Kapitel der Regelungstechnik, 3 Std. Seminar/Woche,
H. Röck

Messtechnik II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Kolahi (+ K. Kolahi)

Automatisierungstechnik I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Kolahi (+ K. Kolahi)

Ausgewählte Kapitel der Automatisierungstechnik, 3 Std. Vorlesung/Woche,
K. Kolahi

Drittmittel

Krohne-Messtechnik, *Coriolis-Massendurchflussmesser,* 01.01.-31.12.2003 (65000 EUR)
Technologiestiftung Schleswig-Holstein, *Regelung der Insulinabgabe,* 01.01.-31.12.2003 (70000 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Fa. Krohne-Messtechnik, Duisburg

Fa. Enema, Raisdorf

Institut für Phytopathologie der CAU

Institut für Physiologie der Ernährung der Bundesanstalt für Milchforschung

Diplom- und Master-Arbeiten

H. Becker, *Getrennte Regelung von Real- und Imaginärteil einer Sinusschwingung am Beispiel eines Coriolis-Massendurchflussmessers,* 15.08.2003
F. Grube, *Untersuchung der Dichtemessung bei einem Coriolis-Massendurchflussmessers,* 15.08.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

A. Buchen, P. Seydel, H. Röck, *Quatification of the crystalline inclusion protein of Photorhabdus luminescens,* 9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group, Schloss Salzau, 24.-28. May 2003, (2003)
P. Seydel, A. Buchen, H. Röck, *Model-Based Process Control for Fed-Batch Cultivation of Photorhabdus luminescens,* 9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group, Schloss Salzau, 24.-28. May 2003, (2003)
T. Schröder, K. Kolahi, H. Röck, *Neuartige Frequenzregelung eines Coriolis-Massendurchflussmessers,* XVII Messtechnisches Symposium des AHMT, Shaker Verlag, Tagungsband S. 53-62, Darmstadt, Germany, 29. September - 01. Oktober 2003, (2003)

Präsentationen

A. Buchen, P. Seydel, H. Röck, *Modellgestützte Online-Messtechnik bei der Kultivierung von Photorhabdus luminescens,* 21. Dechema Jahrestagung der Biotechnologen, München, 9.-10. April 2003, München, Deutschland, 09.-10.04.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

A. Buchen; P. Seydel; H. Röck: Anwendung moderner Methoden der Regelungstechnik in der Bioverfahrenstechnik. Workshop des Lehrstuhls mit Unterstützung der Technologiestiftung Schleswig-Holstein, Kiel, 6. März 2003

Lehrstuhl für Halbleitertechnik (LHT)

Im Jahr 2003 wurden die Arbeiten an den vier Projekten

1. MOS-Tunnelstrukturen,
2. Kompaktmodell für SOI-Transistoren,
3. Zuverlässigkeit hochtemperaturtauglicher Elektronikkomponenten für modulare Mikrosysteme,
4. Entwicklung von OEICs für ein DVD-System auf Basis von blau-violettem Laserlicht

fort gesetzt.

Ergebnisse

1. MOS-Tunnelstrukturen
Die auf Silizium basierende MOS-Tunnelstruktur ist von großer Bedeutung für moderne Halbleiterbauelemente, da sie heute Bestandteil der in integrierten Schaltungen eingesetzten Feld-Effekt-Transistoren (MOSFETs) ist. Experimentelle Ergebnisse bestätigen ferner die geringe Degradation des Oxides bei einem Ladungsträgertransport, der auf dem direkten Tunneln basiert.
Während die überwiegende Anzahl der bekannten Studien sich der elektrischen Charakterisierung des Tunneloxides widmet, konzentrierte sich die Arbeit von Frau M.Sc. Phys. N. Asli auf die Untersuchung der optischen Eigenschaften der MOS-Tunnelstruktur. Frau Asli hat in ihrer Arbeit die Natur der Lichtemission stromdurchflossener Tunnelstrukturen geklärt. Die Lumineszenz basiert auf der Relaxation der in das Silicium injizierten Elektronen. Neben der Phononenstreuung spielt dabei auch der photonenerzeugende Elektronenübergang innerhalb der Bandstruktur eine entscheidende Rolle. Die Lichtemission der MOS-Tunnelstruktur basiert auf einem neuartigen Anregungsfall der Lumineszenz in einem Siliciumbauelement. Die heißen Elektronen, welche die Lumineszenz verursachen, gewinnen ihre Energie nicht als kinetische Energie in einem elektrischen Feld, sondern als potentielle Energie beim Durchdringen der Tunnelbarriere. Die Beiträge der unterschiedlichen direkten und indirekten Übergänge wurden mit Hilfe von Monte-Carlo-Simulationen untersucht und auf der Basis der gewonnenen Ergebnisse ein Kompaktmodell der MOS-Tunnelstruktur entwickelt. Die Arbeiten sind in Kooperation mit dem Ioffe-Institut, St. Petersburg, Russland durchgeführt worden.

2. Kompaktmodell für SOI-Transistoren
Mit ständig weiter voranschreitender Miniaturisierung der mikroelektronischen Bauelemente und Schaltungen wird es zunehmend schwierig, die geforderte Funktionalität, nämlich die hohe Signalverarbeitungsgeschwindigkeit bei geringem Leistungsverbrauch

der Schaltung, mit Hilfe der konventionellen Bulk-Technologie zu realisieren. Durch Einsatz der SOI-Technologie an Stelle der Bulk-Technologie lassen sich bessere physikalische Eigenschaften der Bauelemente bei vergleichbarer Prozesskomplexität und Integrationsdichte erzielen. Zudem führt das kleinere Volumen der SOI-Transistoren zu einer erhöhten Temperaturstabilität, wodurch Anwendungen im erweiterten Temperaturbreich bis 300°C realisiert werden können. Für den Entwurf derartiger SOI-Schaltkreise werden geeignete Schaltungssimulationsmodelle benötigt.
Gegenstand der Dissertationsarbeit von Herrn Dr.-Ing. M. Wiatr war die Erweiterung eines vorhandenen stationären Modells des SOI-Transistors (Dissertation, H. Peters, 1999) um Komponenten, die die Simulation des dynamischen Verhaltens des SOI-Transistors gestatten. Für diese Modellerweiterung wurden die Ströme aller Bauelementeelektroden als Funktion der zeitabhängigen Klemmenpotentiale bestimmt. Als Grundlage der dynamischen Beschreibung wurde der ladungserhaltende Ansatz gewählt. Zur Bestimmung der Ersatzladungen von Source und Drain wurde eine neuartige Aufteilungsprozedur eingeführt, die von linearen, arbeitspunktabhängigen Gewichtsfunktionen des Quasifermipotentials im Beweglichkeitsgebiet des jeweiligen Kanals ausgeht. Der Einfluss der extrinsischen kapazitiven Kopplung einschließlich des Abschirmeffektes durch die Kanalladung sowie die Auswirkung eines nicht angeschlossenen Siliciumfilms (Floating-Body) wurden in die Modellbeschreibung mit aufgenommen.

3. Zuverlässigkeit hochtemperaturtauglicher Elektronikkomponenten
Heutige Anforderungen an Sicherheit und Fahrkomfort haben zum vermehrten Einsatz elektronischer Systeme im Kraftfahrzeug geführt. Der Anteil der Elektronik am gesamten Wertinhalt eines Pkw beträgt derzeit etwa ein Drittel, Tendenz steigend. Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Elektronik selbst werden damit zu entscheidenden Voraussetzungen für die Funktionalität des Gesamtsystems. Eine Erhöhung der Zuverlässigkeit bei gleichzeitiger Kostenreduktion wurde in den letzten Jahren durch die mechatronische Systemintegration elektronischer Steuergeräte erreicht. Die direkte funktionale Verknüpfung der Teilysteme erfordert konsequenterweise auch eine räumliche Integration, wobei je nach Umgebungstemperatur erhöhte Zuverlässigkeitsanforderungen für die elektronischen Komponenten anfallen.
Der Lehrstuhl für Halbleitertechnik (LHT) ist an einem vom BMBF geförderten Verbundprojekt beteiligt, in dem die Firmen ZF Friedrichshafen und Siemens Automotive ein automatisches Getriebe entwickeln, bei dem die elektronische Steuereinheit direkt in das Getriebeöl versenkt wird. Die Integration elektronischer Komponenten in die mechanische Baugruppe bedingt in diesem Falle Betriebstemperaturen bis zu 170°C. Zum Langzeitverhalten von Elektronikeinheiten bei diesen Temperaturen fehlen bisher systematische Untersuchungen in größerem Umfang. Die Aufgabe des LHT im Rahmen des Verbundprojektes ist, die Zuverlässigkeit von nichtflüchtigen Halbleiterspeichern (EEPROM, Flash) bei erhöhten Betriebstemperaturen zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde von den Herren Dipl.-Ing. Y. Kreevenko, D. Hermyt und S. Christiansen ein Messsystem konzipiert, aufgebaut und erfolgreich getestet. Auf Grund von Untersuchungen der Datensicherheit und der Datenwechselstabilität an einem von den Industriepartnern empfohlenen Mikrocontroller mit embedded Flash konnte nachgewiesen werden, dass

dieser Baustein die geforderten Zuverlässigkeitsanforderungen nicht erfüllt.

4. Entwicklung von OEICs für ein DVD-System auf Basis von blauem Laserlicht
Ende der 60er Jahre gelang es James Russell, digitale Informationen in Form von hellen bzw. dunklen Punkten von etwa 1μm Durchmesser auf einer fotoempfindlichen Scheibe zu speichern. Zum Auslesen der binären Daten bestrahlte er die Scheibe mit einem Laser und detektierte den an den hellen Punkten reflektierten Strahl mit einer Photodiode. Damit war der Grundstein für eine moderne Audio- und Videotechnik gelegt. Der kommerzielle Durchbruch dieser innovativen Speichertechnik gelang aber erst mit der 1982 von Philips und Sony eingeführten Compact Disc (CD-DA). Seither wurden viele neue Formate für die CD spezifiziert (CD-ROM, CD-i, CD-ROM-XA, Video-CD, CD-R, CD-RW, etc.). Die mit infrarotem Laserlicht ausgelesene CD erhielt 1995 ihren Nachfolger: die DVD (Digital Versatile Disc). Mit einer minimalen Speicherkapazität von 4,7 GB bietet die DVD mehr als das 7-fache Speichervermögen einer CD. Diese Steigerung ist im Wesentlichen auf die Verwendung eines Lasers mit kürzerer Wellenlänge (650nm, rot) und der damit erreichten höheren Auflösung zurückzuführen. Heute hat sich die optische Disc als kostengünstiger und zuverlässiger Datenspeicher für die Distribution und langfristige Archivierung großer Datenmengen durchgesetzt. Mit jeder neuen Generation von optischen Speichern steigt die Speicherkapazität und die Datentransferrate.
m Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes *Bluespot* beteiligt sich der Lehrstuhl für Halbleitertechnik (LHT) an der Entwicklung der nächsten Generation optischer Speicher, dem 2002 spezifizierten Blu-ray Disc Standard (BD). Dieses zukünftige Speichersystem, basierend auf blauem Licht mit einer Wellenlänge von 405 nm, bietet eine Speicherkapazität von 25 GB auf einer Disc von der Größe einer CD. Aufgrund der hohen Datenrate von 36 MBit/s ist dieses System selbst für HDTV-Filme (High-Definition TeleVision) mit Mehrkanalton geeignet.
Der Beitrag des LHT zu diesem Verbundprojekt lässt sich in zwei Teilaufgaben unterteilen. Zum einen die Entwicklung von OEICs (**O**pto **E**lectronic **I**ntegrated **C**ircuits) für die Ausleseeinheit des BD-Systems. Diese Teilaufgabe, die den Entwurf und die Charakterisierung von geeigneten Fotodioden-Arrays sowie die Entwicklung von Prozessmodulen für einen bestehenden CMOS-Prozess zur Herstellung der OEICs einschließt, wird von Herrn Dipl.-Ing. M. Hohenbild in enger Zusammenarbeit mit der Fa. Melexis/Erfurt durchgeführt. Zum anderen wird ein Schaltungssimulationsmodell für die integrierte Fotodiode entwickelt. Die üblicherweise verwendeten Modelle bestehen lediglich aus einer idealen Stromquelle, zur Modellierung der Fotogeneration, sowie dem Serienwiderstand und der Sperrschichtkapazität der Diode. Diese Art der Modellierung hat den entscheidenden Nachteil, dass der Einfluss der Transportvorgänge innerhalb des Halbleiters auf das Frequenzverhalten der Diode nicht berücksichtigt wird. Auf der Basis der Ergebnisse aus Bauelementesimulationen und Messungen an Teststrukturen entwickelt Herr Dipl.-Ing. T. Naeve ein Schaltungssimulationsmodell, dass die Laufzeiteffekte der generierten Ladungsträger berücksichtigt und damit dem realen Verhalten der Fotodiode näher kommt.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. P. Seegebrecht; Sekretariat: Stefanie Benecke
Technisches Personal: Dipl.-Ing. N. Röschmann

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

M.SC. Phys. N. Asli MOS-Tunnelstrukturen	01.04.1999-31.05.2004	Syrien/CAU
Dipl.-Ing. S. Christiansen Hochtemperaturmechatronik	01.06.2002-31.05.2004	CAU
Dipl.-Ing. D. Hermyt Hochtemperaturmechatronik	01.07.2002-30.06.2004	CAU
Dipl.-Ing. M. Hohenbild Bluespot	01.02.1999-30.07.2004	BMBF
Dipl.-Ing. Y. Kreevenko Hochtemperaturmechatronik	01.07.2002-30.06.2004	BMBF
Dipl.-Ing. T. Naeve Bluespot	01.08.2003-30.04.2005	CAU
Dr. Alexander Shulekin MOS-Tunnelstrukturen	01.02.-31.03.2003	Ioffe
Dr. Mikhail Vexler MOS-Tunnelstrukturen	01.05.-31.08.2003	Ioffe
Dr.-Ing. Maciej Wiatr SOI-Kompaktmodell	01.01.1999-30.07.2003	CAU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Elektronische Bauelemente und Schaltungen I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P. Seegebrecht (+ D. Hermyt)

Integrierte Schaltungen in MOS-Technik, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P. Seegebrecht

Seminar Mikro- und optoelektronische Bauelemente und Schaltungen, 2 Std. Seminar/ Woche,
P. Seegebrecht

Grundlagenpraktikum für Ingenieur I, 6 Std. Praktikum/Woche,
K. Noack (+ S. Christiansen)

Sommer 2003

Elektronische Bauelemente und Schaltungen II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/ Woche,
P. Seegebrecht (+ D. Hermyt)

Operationsverstärker, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P. Seegebrecht

Integrierte digitale MOS-Schaltungen, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P. Seegebrecht

Communication Devices I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P. Seegebrecht

Seminar Mikro- und optoelektronische Bauelemente und Schaltungen, 2 Std. Seminar/ Woche,
P. Seegebrecht

Grundlagenpraktikum für Ingenieure II, 6 Std. Praktikum/Woche,
K. Dolgner (+ S. Christiansen)

Winter 2003/2004

Elektronische Bauelemente und Schaltungen I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P. Seegebrecht (+ D. Hermyt)

Einführung in digitale Systeme, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P. Seegebrecht

Seminar Mikro- und optoelektronische Bauelemente und Schaltungen, 2 Std. Seminar/ Woche,
P. Seegebrecht

Grundlagenpraktikum für Ingenieure I, 6 Std. Praktikum/Woche,
K. Dolgner (+ S. Christiansen)

Drittmittel

Fa. Micronas/Intermetall, *Nichtflüchtige Speicher,* 01.01.1996-31.12.2003 (15300 EUR)
BMBF, *Entwicklung von OEICs für ein DVD-System auf Basis von blau-violettem Laserlicht,* 01.01.2000-31.12.2003 (324500 EUR)
BMBF, *Modulare Hochtemperaturmechatronik für Getriebeanwendungen,* 01.01.2002-31.12.2004 (217800 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Kooperationspartner im Verbundprojekt Hochtemperaturmechatronik: ZF Friedrichshafen, Friedrichshafen; Siemens VDO AG, Regensburg; First Sensor Technology, Berlin; Walter Söhner GmbH, Schwaigern; Institut Fresenius Angewandte Festkörperanalytik, Dresden; Fraunhofer-IZM, Berlin.

Kooperationspartner im Verbundprojekt Bluespot: Thomson multimedia, Villingen; CEA-LETI, Grenoble; MPO International, Averton; MELEXIS, Erfurt; OSRAM-OS, Regensburg; JENOPTIK, Jena; RWTH Aachen, Aachen.

Eine weitere Zusammenarbeit besteht mit dem Ioffe-Institut, St. Petersburg (MOS-Tunnelstrukturen) und dem IHP, Frankfurt/Oder (nichtflüchtige Halbleiterspeicher).

Diplom- und Master-Arbeiten

T. Naeve, *Entwurf und Verifikation eines Photodiodenmodells für den Entwurf opto-elektronischer Schaltungen,* 12.08.2003

Dissertationen

M. Wiatr, *Ein kompaktes, quasistationäres SOI-MOSFET-Modell für die Schaltungssimulation bei höheren Temperaturen,* 19.05.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

M. Hohenbild, P. Seegebrecht, *High-speed photodiodes with reduced dark current and enhanced responsivity in the blue/uv spektra,* The 11th IEEE International Symposium on Electron Devices for Microwave and Optoelectronic Applications (EDMO'2003), Orlando, Florida, USA, 60 - 65 (2003)

T. Naeve, P. Seegebrecht, *A novel physically based photodiode model for optoelectronic circuit simulations,* The 11th IEEE International Symposium on Electron Devices for Microwave and Optoelectronic Applications (EDMO'2003), Orlando, Florida, USA, 163 - 169 (2003)

N. Asli, P. Seegebrecht, *Overview of Luminescence from MOS Tunnel Devices,* Proceedings of the 33rd European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC 2003), Estoril, Portugal, 545 - 548 (2003)

N. Asli, P. Seegebrecht, *Hot-electron-induced luminescence of metal-oxide-semiconductor tunnel devices,* Semiconductor Science and Technology, **18**, 147 - 153 (2003)

Präsentationen

M. Hohenbild, *Vier neue Diodenstrukturen für zukünftige optische Speicher,* Bluespot Symposium, Mannheim, 13.05.2003

P. Seegebrecht, M. Hohenbild, *Entwicklung von OEICs für ein DVD-System auf der Basis von blauem Laserlicht,* 8th Status Seminar on Optical Data Storage, Villingen, 26.11.2003

Y. Kreevenko, P. Seegebrecht, *Zuverlässigkeit hochtemperaturtauglicher Elektronikkomponenten für modulare Mikrosysteme,* 3.Statusseminar über Modulare Hochtemperaturmechatronik, Kiel, 03.07.2003

P. Seegebrecht, *Zuverlässigkeitsuntersuchungen an nicht flüchtigen Halbleiterspeichern bei erhöhten Betriebstemperaturen,* Forum Modulare Mikrosysteme, VDMA, Frankfurt am Main, 28.10.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

P. Seegebrecht

- Mitglied des Vorstandes des German Chapter IEEE-ED
- Mitglied des IQHS Fachausschusses Elektrotechnik
- Gutachter für die Deutsche Forschungsgemeinschaft
- Gutachter für die Fachzeitschrift Solid State Electronics

Lehrstuhl für Halbleitertechnologie

Prof. Dr. Anton Heuberger ist Leiter des Fraunhofer-Instituts für Siliziumtechnologie (ISIT) in Itzehoe. Das Fraunhofer ISIT entwickelt und fertigt Bauelemente der Mikroelektronik und der Mikrosystemtechnik, vom Entwurf einschließlich der Systemsimulation angefangen, über Prototyping, Bemusterung bis hin zur Serienherstellung. Die Bauelemente, Ventile oder Ablenkspiegel beispielsweise, wie sie im Fraunhofer ISIT entstehen, sind oft nur Bruchteile von Millimetern groß und ihre Einsatzgebiete sind vielfältig: In der Medizin werden sie gebraucht, in der Umwelt- und Verkehrstechnik, in der Kommunikationstechnik, im Automobil- und im Maschinenbau. Das ISIT entwickelt solche Bauelemente im Kundenauftrag abgestimmt auf deren Bedürfnisse und realisiert auch die anwendungsspezifischen Schaltkreise (ASIC), die zum Betrieb von Sensoren und Aktuatoren erforderlich sind. In dieser Dienstleistung eingeschlossen ist die Integration zum Gesamt-Mikrosystem mittels miniaturisierter Aufbau- und Verbindungstechniken.

Das Institut betreibt zusammen mit der Firma Vishay Semiconductor Itzehoe GmbH eine professionelle Halbleiterproduktionslinie mit allen erforderlichen Qualitäts-Zertifizierungen. Diese Linie wird sowohl für die Produktion von mikroelektronischen Bauelementen (PowerMOS) und Mikrosystemen als auch für FuE-Projekte für neue Bauelemente und technologische Prozesse genutzt. Ein Qualitäts-Management-System, zertifiziert nach ISO 9001, ist die Grundlage für die Entwicklung, Qualifizierung und Herstellung mikrotechnischer Komponenten.

Weitere Arbeitsgruppen am ISIT befassen sich mit der Gehäuse- und Aufbautechnik für Mikrosysteme und Sensoren, analysieren die Qualität und Zuverlässigkeit von elektronischen Baugruppen und arbeiten an der Entwicklung fortschrittlicher Energieversorgungskomponenten für elektronische Systeme.

Das Institut beschäftigt insgesamt etwa 150 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Weitere Informationen über die Arbeitsgebiete des Fraunhofer ISIT finden Sie im Internet unter www.isit.fraunhofer.de. Darüber hinaus gibt das Institut einen eigenen Jahresbericht heraus, der beim ISIT angefordert werden kann.

Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie,
Institutsleitung: Professor Dr. Anton Heuberger
Fraunhoferstr. 1
25524 Itzehoe
Tel. 04821/17-4211 (Sekretariat)
Fax 04821/17-4250
Email info@isit.fhg.de

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Halbleitertechnologie I, 2 Std. Vorlesung/Woche,

A. Heuberger

Sommer 2003

Halbleitertechnologie II, 2 Std. Vorlesung/Woche,
A. Heuberger

Winter 2003/2004

Halbleitertechnologie I, 2 Std. Vorlesung/Woche,
A. Heuberger

Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik

Seit Ende der achtziger Jahre vollzieht die Hochfrequenztechnik aufgrund von halbleitertechnologischen Fortschritten einen Wandel weg von teuren Spezialanwendungen hin in Richtung auf Massenartikel und Konsumelektronik. Beispiele hierfür sind Satellitenfernsehen, KFZ-Abstandswarnradar und Mobilfunktechnik. Zu den Anwendungen, die im Zuge dieser Entwicklung erst heutzutage praktikabel werden, gehören auch industrielle Mikrowellen-Sensoren und -Messsysteme. Hier liegt ein erster Schwerpunkt der Tätigkeit des Lehrstuhls für Hochfrequenztechnik. Erfahrungen, die innerhalb der letzten zwanzig Jahre gesammelt wurden, erlauben, in diesem Bereich weltweit an vorderster Front mitzuarbeiten. Es entstanden unter anderem Mikrowellen-Sensoren auf dielektrometrischer Basis zur Bestimmung von Stoff-Eigenschaften oder -Zuständen und solche basierend auf Radarprinzipien, beispielsweise zur Füllstandsmessung in Containern und Lagertanks. Aktuelle Projekte befassten sich mit Sensoren zur Bestimmung der Zusammensetzung von Lebensmitteln und zur schnellen Qualitätsbestimmung, Messsystemen zur präzisen Feuchte- und Dichtemessung in Echtzeit und zur Charakterisierung dielektrischer Schichten. Ein zweiter Arbeitsschwerpunkt konzentriert sich auf elektronische Komponenten und Subsysteme für moderne nachrichtentechnische Anwendungen. Moderne Sender- und Empfängerkonzepte stehen dabei im Vordergrund. Ein erstes Projekt hat aktive Antennen zum Gegenstand, wobei insbesondere deren Rauschverhalten von Interesse ist. In einem zweiten Projekt werden moderne Leistungsverstärker-Prinzipien untersucht. In der Mobilfunktechnik stehen hier Wirkungsgrad und Linearität im Vordergrund. Versucht man, beide Eigenschaften gleichzeitig zu erreichen, führt das auf widersprüchliche Anforderungen beim Entwurf der elektronischen Schaltungen. Ein weiteres Arbeitsfeld am Lehrstuhl ist die Molekülspektroskopie im Mikro- und Submillimeterwellenbereich.

Ergebnisse

Spektroskopische Verfahren im Frequenzbereich

Eine schnelle und zerstörungsfreie Bestimmung der Zusammensetzung von Materialien, insbesondere von Naturstoffen, ist in produktionstechnischen Anlagen oft erforderlich. Speziell im lebensmitteltechnischen Bereich hängen davon Authentizität, Sicherheit und Qualität der Produkte ab. Bisher stehen in diesem Bereich fast ausschließlich lebensmittelchemische Laboranalysen zur Verfügung, die hohen Zeitaufwand erfordern. Zielsetzung war daher, ein mikrowellentechnisches Schnellverfahren zu entwickeln, mit dem es möglich ist, in Sekunden oder Sekundenbruchteilen Aussagen über prozentuale Anteile bestimmter Bestandteile machen zu können und so Proben zu identifizieren, für die eine nähere Laboranalyse erforderlich ist. Dies würde beispielsweise die Überwachung stark vereinfachen. Die Bestimmung der Zusammensetzung von Lebensmitteln gelingt durch die multivariate Verarbeitung gemessener dielektrischer Spektren. Dabei wird der Verlauf der Permittivität im Frequenzbereich von 200 MHz bis 12 GHz ermittelt. In der Praxis hat sich gezeigt, dass es sogar ausreicht, Messgrößen zu bestimmen, die in definierter, jedoch möglicherweise unbekannter Form von der Permittivität abhängen. Die Bestand-

teile der Lebensmittel definieren den Frequenzgang ihrer komplexwertigen dielektrischen Spektren, der sich aufgrund der Komplexität des Stoffgemisches nur schwer physikalisch modellieren lässt. Durch Hauptkomponentenanalyse, Partial Least Squares Regression oder durch Anwendung künstlicher neuronaler Netze ist es jedoch möglich, den Gehalt wichtiger Bestandteile wie natürlich enthaltenes Wasser, gleichzeitig vorhandenes künstlich zugesetztes Wasser, Protein, Fett und Salz zu ermitteln. dies wurde anhand zahlreicher Messreihen gezeigt. Bei der Materialanalyse wurde mit lebensmitteltechnischen Instituten kooperiert. Die Bestimmung dielektrischer Spektren erfordert normalerweise den Einsatz eines teuren Laborgerätes (Netzwerkanalysator). Um das neue Messverfahren praktisch anwendbar zu machen, wurde ein dediziertes Messgerät entwickelt und dessen Funktionsfähigkeit demonstriert.

Spektroskopische Verfahren im Zeitbereich

Im Rahmen eines von der EU unterstützten Projektes (QLRT-2000-01643:SEQUID) wurde mit der Etablierung eines Messverfahrens und der Entwicklung von geeigneten Mikrowellen-Messgeräten zur Bestimmung der Qualität von Lebensmitteln begonnen (Fisch und Meeresfrüchte). Innerhalb eines Konsortiums besteht eine Kooperation mit den Fischereiforschungsanstalten Deutschlands, Spaniens und Portugals und einem schwedischen lebensmitteltechnischen Forschungsinstitut. Im Gegensatz zum vorherigen Projekt, bei dem Bestandteile quantitativ bestimmt wurden, stellt Qualität eine eher abstrakte Größe dar. Wesentliche Einflussfaktoren sind hier Lagerzeiten und Lagertemperaturen, also die Vorgeschichte der gemessenen Proben. Im Rahmen dieses Vorhabens wurde gezeigt, dass auch solche Informationen im dielektrischen Spektrum enthalten, jedoch nicht auf einfache Weise sichtbar sind. Durch Applikation geeigneter Signalspektren lassen sich Lagerzeiten und auch Lagertemperaturen mittels eines Mikrowellen-Schnellverfahrens mit bisher ungekannter Genauigkeit bestimmen. Es kommen dabei Mikrowellensignale in Form von extrem breitbandigen Frequenzspektren zur Anwendung. Diese Signale werden über eine Sonde in Form einer offenen Koaxialleitung auf die gemessene Probe appliziert, welche eine verzerrte Reflexion des Signals verursacht. Die reflektierten Mikrowellen werden anschließend von einem Mikrowellenempfänger akquiriert und in digitale Signale zur weiteren Verarbeitung umgewandelt. Aus der unterschiedlichen Verformung der Mikrowellenspektren lassen sich mittels statistischer mathematischer Methoden Rückschlüsse auf die Qualität (z.B. Alter, Lagerungsdauer u. -temperatur, QIM, usw.) des untersuchten Gewebes ziehen. Die zur Etablierung des Messverfahrens und zur Kalibrierung der Geräte benötigten Daten von Proben mit bekannter Historie wurden in langangelegten Messreihen mit Laborinstrumenten ermittelt. Im Rahmen des SEQUID Projektes wurden 5 Prototypen entwickelt und an die Projektpartner ausgeliefert. Mit Hilfe der Prototypen werden ausgedehnte Messreihen zur Validation der Methodik durchgeführt. Ferner wird eine geräteunabhängige Auswertung der Messdaten implementiert. Zu diesem Zweck werden verschiedene Referenzmaterialien mit Labormessgeräten und mit den unterschiedlichen Prototypen vermessen. Die gewonnenen Daten fließen dann in die Kalibrationsgleichung der Geräte mit ein.

Abb. 1: Prototyp des Mikrowellen-Zeitbereichsreflektometers zur Bestimmung der Qualität von Fisch

Feuchtemessung mit multivariaten Auswerteverfahren

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Mikrowellen-Spektroskopie in Verbindung mit multivariater Auswerteverfahren ist die berührungsfreie Feuchtebestimmung von Schüttgütern. Bei dieser Methode werden ultra-breitbandige Impulse über eine Antenne abgestrahlt. Die Signale durchdringen das Messmaterial und werden auf der anderen Seite des Materials mit einer baugleichen Antenne empfangen. Die Verformung des Sendesignals wird genutzt, um eine Feuchtemessung unabhängig von der Schichtdicke durchzuführen.

Fremdkörpererkennung mit Mikrowellen

In vielfältigen industriellen Anwendungen sind Informationen über Materialzusammensetzung und Verunreinigungen von immenser Bedeutung. Um während des Herstellungsverfahren einwandfreie Ausgangsstoffe zu gewährleisten, ist eine fortwährende Kontrolle notwendig. Gegenüber herkömmlichen Sensoren oder mechanischen Methoden bietet die eingesetzte Mikrowellenstrahlung aufgrund ihrer Wellenlänge verschiedene Vorteile bezüglich Eindringtiefe, Detektionsbandbreite und Handhabung. Neben herkömmlichen Verfahren mit sehr geringen Bandbreite nehmen Ultrawideband-Methoden einen immer größeren Raum ein. Dabei sollen Materialeigenschaften mit kurzen abgestrahlten Pulsen ermittelt und eine Lokalisierung von Fremdkörpern in Substanzen ermöglicht werden. Grundvoraussetzung für diese Prozesstomografie sind breitbandig einsetzbare Komponenten und Antennen. Besonders letztere sind Gegenstand der momentanen Arbeit. Die untersuchten Techniken lassen sich neben Rohstoffvermessung dazu verwenden, um Aussagen über Objekte im Alltag zu erhalten. So können Stahlarmierungen im Beton von Bauwerken oder Rohrleitung unter Straßen detektiert und charakterisiert werden. Die Messungen verlaufen dabei zerstörungsfrei und lassen sich jederzeit reproduzieren.

Aktive Antennenarrays

Für zukünftige Sender und Empfänger sind aktive Antennenarrays von Interesse. Das Rauschen in solchen Antennensystemen wird untersucht. Neben dem Rauschverhalten im Freiraum wurde auch der Betrieb eines Antennensystems mit einer Anzahl von Verstärkerquellen in einem Parallelplattenhohlleiter betrachtet. Hintergrund ist die Möglichkeit, hier bei entsprechender Dimensionierung eine TEM-Welle anzuregen, also Quasi-Fernfeldbedingungen zu erhalten und dort Signaladdition durchzuführen. Dies ist möglich bei vergleichsweise kleinen Abmessungen und damit geringen Streckendämpfungen. Letztere sind bei Rauschmessungen besonders hinderlich, da sie eine starke Beschränkung des zur Verfügung stehenden Dynamikbereichs bewirken. Durch die weitestgehend abgeschirmte Struktur sind äußere Störeinflüsse stark vermindert. Weiterhin kann der Aufbau bei entsprechend kurzen Wellenlängen durch seine geringe Bauhöhe als zweidimensional betrachtet werden. Dies ist insbesondere für die im weiteren geplante Untersuchung des Verhaltens von periodischen Dielektrika zur Beeinflussung des Rauschverhaltens von Antennen nützlich.

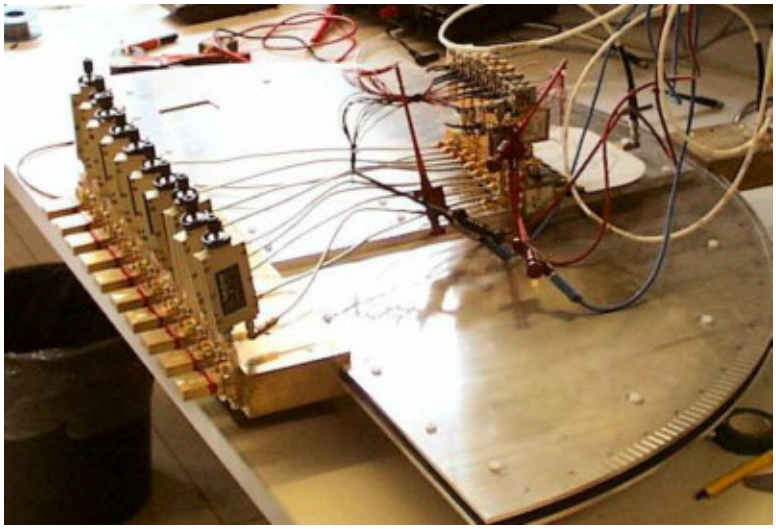


Abb. 2: Addition der Ausgangsleistung von zehn Halbleiterverstärkern eines aktiven Antennenarrays in einer Parallelplattenleitung zur Charakterisierung des Signal-Rauschverhältnisses der Anordnung

Linearisierte Leistungsverstärker mit hohem Wirkungsgrad

In der modernen Kommunikationstechnik werden zunehmend Leistungsverstärker mit einerseits sehr hoher Linearität und andererseits mit hohem Wirkungsgrad benötigt. Sendeverstärker, die auf einem Schaltprinzip beruhen, können Wirkungsgrade bis zu 100% erreichen. Solche Schaltverstärker, wie z.B. die Klasse E-Verstärker, sind aus der wissenschaftlichen Literatur bis ca. 10 GHz bekannt. Die Realisierung und die Verwendung sowie die Optimierung des Wirkungsgrades im neuen Mobilfunkstandard W-CDMA stehen im Vordergrund. Bei geringer Betriebsspannung, hoher Ausgangsleistung sowie unter Berücksichtigung von parasitären Transistor-Reaktanzen gestaltet sich die prak-

tische Realisierung solcher Verstärker im GHz-Bereich sehr schwierig. Zudem erfüllen herkömmliche Klasse-E-Verstärker unter bestimmten Umständen die Anforderungen im System nicht. Daher werden „modifizierte“ Klasse-E Verstärker im Frequenzbereich um die 2 GHz und ihre Realisierung mittels konzentrierter Elemente (Baugröße) unter Berücksichtigung parasitärer Reaktanzen untersucht. Ein weiteres Problem liegt darin, dass alle hocheffizienten Schaltverstärker stark nichtlinear und daher bei den verwendeten Modulationsverfahren der 3. Generation (amplituden- und phasenmodelliert / AM-PM) nicht einsetzbar sind. Ein mögliches Verfahren zur Abhilfe ist das LINC-Verfahren, bei dem ein AM und PM-Signal in zwei PM-Signale umgesetzt und dann auf zwei nichtlineare Verstärker gegeben wird. Die anschließende Summation stellt wiederum das verstärkte AM/PM-Signal her. Ein weiteres Verfahren, welches am Lehrstuhl untersucht wird, ist die sogenannte Kahn-Technik, bei welcher ein Schaltverstärker wiederum nur ein phasenmoduliertes Signal verstärkt und die notwendige Amplitudeninformation über die Modulation der Betriebsspannung erreicht wird. Die hierfür benötigte Amplitudenleistung wird mit Hilfe spezieller Klasse-S-Modulatoren, die im analogen Basisband mit pulsweitenmodulierten Signalen arbeiten, generiert. Aufgrund der heutigen Möglichkeiten der digitalen Signalverarbeitung können wichtige Komponenten im digitalen Basisband realisiert werden. Dieses Verfahren hat allerdings auch Nachteile, die bei der Anwendung in W-CDMA-Systemen eine praktische Umsetzung sehr erschweren Arbeitsthemen sind die Schaffung einer Entwicklungsplattform (FPGA) für die digitale Signalaufbereitung in Echtzeit und die Realisierung wichtiger digitaler Signalverarbeitungskomponenten. Unerläßlich ist das Bereitstellen von realen Uplink- (von Handy zur Basisstation) sowie Downlink- (von Basisstation zu Handy) Signalen, die durch ihre charakteristischen statistischen Amplitudenverteilungen bestimmt werden. Weiterhin stehen der Aufbau und Untersuchungen der oben beschriebenen komplexen Systeme im Blickfeld sowie die Realisierung aller notwendigen analogen Komponenten, wie z.B. Klasse E-Schaltverstärker, Klasse-S-Modulatoren, IQ-Modulatoren, Filter, Hybride etc.

Molekülspektroskopie

Die Molekülspektroskopie im Bereich der Millimeter- und Submillimeterwellenlängen (von Herrn Prof. Guarnieri durchgeführt) beschäftigt sich mit der rotationsspektroskopischen Untersuchung isolierter Moleküle in der Gasphase. In diesem Aggregationszustand befinden sich die Moleküle in einer stetigen Bewegung passend zu ihrer thermischen Energie. Ein Teil davon wird als Rotationsenergie gespeichert. Im Rahmen der Molekülspektroskopie konzentrierten sich die Aktivitäten auf die Bestimmung von Rotationsparametern (Rotationskonstanten, Zentrifugalverzerrungskonstanten bis zur achten Ordnung) von seltenen Isotopomeren des Moleküls Keten ($D_2^{13}CCO$, $D_2C^{13}CO$, $DHCCO$). Nach der Substitution von Wasserstoff mit Deuterium sind beide ^{13}C-Isotopomere in natürlichen Konzentration untersucht worden, was einer Absorptionsintensität entspricht, die etwa 1/100 der Intensität der Linien des deuterierten Isotopomers ist. Ausserdem sind Ergänzungsmessungen am Isotopomer $DHCCO$ durchgeführt worden, um genauere Werte der Rotationsparameter zu bekommen. Alle gewonnenen Parameter werden dann für eine Strukturanpassung nach den erst kürzlich publizierten Theorien über dieses Argument verwendet. Keten ist ein wichtiges Molekül, nicht nur wegen der hohen

Reaktivität, sondern auch weil es im interstellaren Raum detektiert worden ist.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. R. Knöchel; Sekretariat: M. Bork
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) W. Taute

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr.-Ing. F. Daschner 01.01.-31.12.2003 CAU
Mikrowellensensoren mit multivariaten statistischen Auswerteverfahren

Dipl.-Ing. W. Gerhard 01.01.-31.12.2003 CAU
Verstärker mit hohem Wirkungsgrad

Dipl.-Ing. A. Gülck 01.01.-31.12.2003 EU
A new method for the objective measurement of the quality of seafoods

Dr. M. Kent 01.01.-31.12.2003 EU
A new method for the objective measurement of the quality of seafoods

Dipl.-Ing. A. Schaab 01.01.-31.12.2003 CAU
Rauschen in aktiven Antennenarrays

Dipl.-Ing. O. Schimmer 01.01.-31.12.2003 CAU
Ultrabreitband-Sensorik

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Leitungstheorie, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Rauschen in Kommunikations- und Meßsystemen, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Hochfrequenzschaltungen für Mobil- und Satellitenfunk, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ W. Gerhard)

Hochfrequenzmeßtechnik, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ O. Schimmer)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 Std. Seminar/Woche,
R. Knöchel

Sommer 2003

Nichtlineare Schaltungen, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Hochfrequenztechnik, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Radar, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ A. Gülck)

Communication Devices II: RF Communication, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/ Woche,
R. Knöchel (+ W. Gerhard)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 Std. Seminar/Woche,
R. Knöchel

Winter 2003/2004

Leitungstheorie, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Rauschen in Kommunikations- und Meßsystemen, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/ Woche,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Hochfrequenzschaltungen für Mobil- und Satellitenfunk, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ W. Gerhard)

Hochfrequenzmeßtechnik, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Knöchel (+ O. Schimmer)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 Std. Seminar/Woche,
R. Knöchel

Drittmittel

Europäische Kommission, *A new method for the objective measurement of the quality of seafoods,* 01.09.2001-31.08.2004 (466.891,00 EUR)

TuTech, *Schnelle Dichtemessung an strangförmigen Materialien,* 01.02.-31.12.2003 (20.000,00 EUR)

Deutsche Forschungsgemeinschaft, *Aufbau und Optimierung von Spektrometern für den Submillimeterwellen-Bereich sowie rotationsspektroskopische Messungen an interstellaren Spezies,* 01.11.2003-31.10.2005 (6.000,00 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

AMS-Advanced Microwave Systems, Elmshorn: Mit der Firma wurde ein Technologie-Transfer bezüglich Mikrowellen-Sensorik zur Feuchte- und Dichtemesstechnik mit Mikrowellen durchgeführt.

Bikotronik, Deidesheim: Die Firma wurde unterstützt bei der Entwicklung von Mikrowellensensoren für die Feuchtemesstechnik in Beton.

Fa. Trützschler, Mönchengladbach: Konsultation zu Verfahren der hochgenauen Dichtemessung für Fasterstränge beim Textilmaschinenbau. Die Firma möchte einen bisher mechanisch arbeitenden Dichtesensor durch einen Mikrowellensensor ersetzen.

Firma UVC, Hamburg: Unterstützung beim Bau von hochlinearen und effizienten Verstärkern im Frequenzbereich von einigen hundert Megahertz.

Continental AG, Hannover: Schaffung von berührungslosen Mikrowellensensoren zur Zustandsbestimmung der Reifen (Profiltiefe) von Lastkraftwagen.

Firma Hagenuk, Kiel

Diplom- und Master-Arbeiten

R. Lucks, *Entwicklung eines Ultrabreitband-Radars,* 12.09.2003
C. Möller, *Entwicklung und Untersuchung von ultrabreitbandigen Abtastgliedern,* 17.09.2003
J.-P. Herbst, *Entwicklung eines Netzwerkanalysators mit Folgegenerator,* 03.12.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

F. Daschner, R. Knöchel, *Dielectric microwave sensors with multivariate calibration,* Advances in Radio Science, **1**, 9 - 13 (2003)
O. Schimmer, F. Daschner, R. Knöchel, M. Kent, J. Oehlenschläger, S. Mierke-Klemeyer, M. Kröger, U.-K. Barr, P. Floberg, M. Tejada, A. Huidobro, L. Nunes, I. Batista, A. Martins, *A Handheld TDR-system for the Determination of the Quality of Seafood,* First Joint Trans-Atlantic Fisheries Technology Conference (TAFT), 33rd WEFTA Meeting and 48th Atlantic Fisheries Technology Conference, Reykjavik, Island, (2003)
M. Kent, R. Knöchel, F. Daschner, O. Schimmer, J. Oehlenschläger, S. Mierke-Klemeyer, U.-K. Barr, P. Floberg, M. Tejada, A. Huidobro, L. Nunes, I. Batista, A. Martins, *A new Approach to Measurement of Fresh and Frozen Fish Quality,* First Joint Trans-Atlantic Fisheries Technology Conference (TAFT), 33rd WEFTA Meeting and 48th Atlantic Fisheries Technology Conference, Reykjavik, Island, (2003)
O. Schimmer, F. Daschner, M. Kent, R. Knöchel, *Bestimmung von Qualität und Lagerungsdauer von Mischungsdielektrika durch Zeitbereichsspektroskopie,*

Kleinheubacher Tagung, 20 (2003)

A. Schaab, R. Knöchel, *Quasioptische Empfängerstrukturen,* Kleinheubacher Tagung, 43 (2003)

O. Schimmer, R. Knöchel, *A Handheld TDR-System with a Fast System Rise-Time and a High Resolution-Bandwidth for Moisture Measurement in the Microwave Frequency Range,* 5th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Rotorua, Neuseeland, 171 - 179 (2003)

M. Kent, R. Knöchel, F. Daschner, O. Schimmer, J. Oehlenschläger, S. Mierke-Klemeyer, U.-K. Barr, P. Floberg, *Dielectric Spectroscopy and Multivariate Analysis: Applications to Fish Quality Measurements,* 5th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Rotorua, Neuseeland, 64 - 69 (2003)

F. Daschner, R. Knöchel, *A new Transmission-Line Sensor for Measuring the Composition of Foodstuffs using Microwaves,* 5th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Rotorua, Neuseeland, 24 - 31 (2003)

A. Guarnieri, A. Huckauf, *The Rotational Spectrum of Ketene Isotopomers with 18O and 13C Revisited,* Z. Naturforsch., **58a**, 275 - 279 (2003)

Patent-Anmeldungen

F. Daschner, M. Kent, R. Knöchel, O. Schimmer, *Verfahren zur Schnellbestimmung charakteristischer Merkmale und Eigenschaften von Lebensmitteln,* Deutsches Patentamt, 21.03.2003, DE10312838.7

H. Möller, J. Tobias, W. Taute, R. Knöchel, *Resonatoreinrichtung, insbesondere Mikrowellenresonatoreinrichtung und Messeinrichtung,* Deutsches Patentamt, 05.06.2003, DE10157266AI

A. Dörr, R. Knöchel, *Reifenprofiltiefe mit Mikrowellenreflexion nach Polarisation oder Frequenz,* Europäisches Patentamt, 13.03.2003, EP1348933

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Dr. Frank Daschner wurde mit dem Preis des Fördervereins der Technischen Fakultät für die beste Dissertation des Jahres ausgezeichnet.

Prof. Dr. Reinhard Knöchel wurde mit dem „TSH-Technologietransfer-Preis 2003“ ausgezeichnet.

R. Knöchel: Co-ordinator im EU-Vorhaben QLRT-2000-01643, A new method for the objective measurement of the quality of seafoods (SEQUID).

Organisation 4. Projekttreffen EU-Vorhaben QLRT-2000-01643, A new method for the objective measurement of the quality of seafoods (SEQUID), 12.-17.06.2003, Reykjavik.

Organisation 5. Projekttreffen EU-Vorhaben QLRT-2000-01643, A new method for the objective measurement of the quality of seafoods (SEQUID), 19.-23.11.2003, Madrid.

R. Knöchel: Mitglied im Programmkomitee des „IEEE International Microwave Symposium 2002“ in Philadelphia, USA. Sitzungen im Januar und Juni.

R. Knöchel: Mitglied im Fachausschuss MTT-16 „Microwave Systems“ des IEEE. Sitzung im Juni.

R. Knöchel: Mitglied im „editorial board“ der Fachzeitschrift „IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques“

R. Knöchel: Mitglied im Fachausschuss 7.3 „Mikrowellentechnik“ des VDE. Sitzungen im Januar und Oktober.

R. Knöchel: Mitglied in der „URSI“ , Kommission A.

R. Knöchel: Assoziiertes Mitglied der EuMA (European Microwave Association).

R. Knöchel: Gutachter in der Auswahlkommission des Deutschen Akademischen Auslandsdienstes (DAAD) für Ausländer aus der Region Nordafrika/Nahost. Sitzungen im Januar und Juni.

R. Knöchel: Gutachter im Preiskomitee des „Schmidt Römhild Technologiepreises“ . Sitzung im Oktober.

R. Knöchel: Mitglied im Programmkomitee der „Fifth International Conference on Electromagnetic Wave Interaction With Water And Moist Substances“ , Rotorua, Neuseeland.

R. Knöchel: Reviewer für die Europäische Mikrowellenkonferenz, München, 2003.

R. Knöchel: Sitzungsleitung auf der Europäischen Mikrowellenkonferenz, München, 2003.

Am Lehrstuhl arbeitend: Prof. A. Guarnieri, Leiter der Arbeitsgruppe „Molekülspektroskopie“ .

Professur für Informations- und Codierungstheorie

Die Forschungsaktivitäten der Arbeitsgruppe Informations- und Codierungstheorie (ICT) der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel umfassen drahtlose, digitale Übertragungstechniken. Zu den Kernkompetenzen zählen die Fachgebiete Kanalcodierung/ decodierung (Turbo-Codes, Decodierung mit Zuverlässigkeitsinformation, Space-Time-Codes), angewandte Informationstheorie, digitale Modulationsverfahren (adaptive Modulations- und Codierverfahren, OFDM, DS-CDMA) sowie die Entwicklung von modernen Empfängeralgorithmen (Entzerrung, Kanalschätzung, Synchronisation, Interferenzunterdrückung). Zu den Anwendungsgebieten zählen terrestrische Mobilfunksysteme (GSM, EDGE, UMTS, WLAN, nächste Mobilfunkgeneration), akustische Unterwasserkommunikationssysteme, Satellitenmobilfunksysteme sowie digitale Rundfunk- und Fernsehsysteme.

In der Lehre werden die Fächer *Kanalcodierung*, *Informationstheorie* und *Mobilfunkkommunikation I+II* angeboten, seit dem Wintersemester 2001/02 auch in englischer Sprache im Rahmen des internationalen Studiengangs *Digital Communications*. Eine weitere Vorlesung *System Identification* wird in Form eines Lehrauftrags angeboten.

Ergebnisse

Space-Time-Codes
Space-Time-Codes sind drahtlose Übertragungsverfahren für Systeme mit mehreren Sendeantennen. Optional können zusätzlich mehrere Empfangsantennen ausgenutzt werden. Die Leistungsfähigkeit von Space-Time-Codes basiert auf einem Diversitätsgewinn, da es unwahrscheinlich ist, dass alle Signalpfade gleichzeitig gestört sind. In der Arbeitsgruppe ICT wurde am Beispiel des GSM/EDGE- Mobilfunksystems gezeigt, dass mit Hilfe von Space-Time-Codes, die eine kompatible Systemerweiterung gestatten, deutliche Gewinne in der Bitfehlerrate erzielt werden können. Damit stehen letztlich im Mittel höhere Datenraten zur Verfügung, welches die zentrale Anforderung für alle zukünftigen Mobilfunksysteme darstellt.

Des weiteren wurde als eine neue mögliche Anwendung der Einsatz von Space-Time-Codes in ausfallsicheren Systemen untersucht. Ein Beispiel hierfür ist eine Richtfunkstrecke, in der zwei parallele Sende- und Empfangsstrukturen aufgebaut werden, von denen jedoch nur jeweils eine aktiv ist und die andere in einem “hot stand-by”-Modus vorgehalten wird, für den Fall dass die erstere ausfällt. Insbesondere sind bereits zwei Antennen auf jeder Seite der Strecke installiert. Mit Hilfe von Space-Time-Codes können alle Antennen gleichzeitig im Sinne eines Diversitätsgewinns ausgenutzt werden, während weiterhin die Ausfallsicherheit des Systems garantiert ist.

In aktuellen Arbeiten werden Szenarien untersucht, in denen sich die einzelnen Sendeantennen nicht am gleichen Ort befinden, sondern räumlich verteilt sind, wie z.B. in drahtlosen Netzwerken mit mehreren kooperierenden Sendern.

Turbo-Codes und Decodierung mit Zuverlässigkeitsinformation
Die parallele Verkettung von systematischen rekursiven Faltungscodierern in Verbindung mit einem iterativen Decodierschema gehört derzeit zu den leistungsfähigsten Codier/Decodierverfahren für stark verrauschte Übertragungskanäle. Aufgrund des iterativen Decodierschemas werden die Codes auch Turbo-Codes und die Decodierer Turbo-Decodierer genannt. Diese Klasse von Codes wird beispielsweise im UMTS-Mobilfunksystem eingesetzt.

Während die Codestruktur bereits sehr gut verstanden ist, stellt die Analyse des iterativen Decodierschemas ein hochaktuelles Forschungsgebiet dar. Zur Untersuchung des Konvergenzverhaltens werden üblicherweise approximative Verfahren angewendet, sogenannte "extrinsic information transfer charts", die den iterativen Prozess mithilfe des informationstheoretischen Maßes der wechselseitigen Information beschreiben.

In der AG wurden Methoden entwickelt, die eine theoretische Fundierung dieser approximativen Verfahren erlauben. Die Grundidee besteht darin, unabhängige Informationen über das gleiche Ereignis, nämlich ein gesendetes Informationssymbol, zu kombinieren; für die Gesamtinformation werden dann obere und untere Schranken angegeben, die nur auf den Teilinformationen aufbauen – "Information" ist hierbei im Sinne der wechselseitigen Information zu sehen. Für einige einfache Codes (Wiederholungscodes und Parity-Check-Codes) können auf diese Weise analytische Ausdrücke bestimmt werden. Dies erlaubt die Analyse des Decodierverhaltens von Low-Density-Parity-Check Codes, einer bestimmten Klasse von iterative decodierbaren Codes. An einer Verallgemeinerung der entwickelten Methoden wird gearbeitet.

Trellis-basierte blinde Kanalschätzung und Entzerrung
In Mobilfunksystemen wird üblicherweise eine Trainingssequenz verwendet, um den zeitvarianten Übertragungskanal zu vermessen. Da Trainingssymbole die effektive Datenrate verringern, führt deren Verwendung zu einem Bandbreiteverlust, der im GSM-System beispielsweise etwa 20% beträgt.

Eine Alternative besteht darin, den zeitvarianten Übertragungskanal ohne Verwendung von Trainingssymbolen zu schätzen und anschließend zu entzerren. Diese Alternative bezeichnet man als blinde Kanalschätzung und Entzerrung.

Konventionell geschieht eine blinde Entzerrung unter Verwendung Statistiken höherer Ordnung. Dies bedeutet jedoch eine Einschränkung hinsichtlich der Datensymbole (z.B. sind Gauß-verteilte Datensymbole nicht erlaubt). Ferner ist ein relativ langes Beobachtungsintervall notwendig, um eine zufrieden stellende Schätzung der Statistik zu erreichen. Dies wiederum verbietet kurze Datenpakete und/oder zeitlich schnell veränderliche Kanäle.

In der Arbeitsgruppe ICT wurden trellis-basierte blinde Entzerrer mit differentieller Vorcodierung entwickelt und untersucht, wobei die blinde Kanalschätzung und Datendetektion gemeinsam in einem Trellisdiagramm durchgeführt werden. Die resultierenden Entzerrer weisen eine hervorragende Akquistionsgeschwindigkeit und eine gute Leistungsfähigkeit hinsichtlich der Bitfehlerrate auf. Darüber hinaus lassen sich trellis-basierte

blinde Entzerrer leicht modifizieren, um Zuverlässigkeitsinformation zu akzeptieren und an die nächste Verarbeitungsstufe weiterzureichen. Dies ermöglicht die Anwendung des sogenannten Turbo-Prinzips in einem codierten System.

Semi-blinde Gleichkanal-Interferenzunterdrückung
In zellularen GSM-Mobilfunknetzen besteht eine große Herausforderung in der Bewältigung ständig wachsender Nutzerzahlen. Um die Netzkapazität zu vergrößern, können Netzbetreiber die Zellengröße zwar verkleinern, jedoch wächst dadurch die Interferenz aus Nachbarzellen gleicher Trägerfrequenz, d.h. die sogenannte Gleichkanalinterferenz. Dadurch kann mit konventionellen Empfängern keine zufriedenstellende Qualität erreicht werden.

In der Arbeitsgruppe ICT konnten nichtlineare semi-blinde Entzerrer-Verfahren entwickelt werden, mit denen eine Übertragung selbst dann noch möglich ist, wenn die mittlere Nutzleistung am Empfängereingang genauso groß wie die mittlere Störleistung durch Gleichkanalinterferenz ist. Diese Algorithmen könnten beispielsweise die nächste GSM-Generation revolutionieren.

Adaptive digitale Funkübertragung
Heterogene Kommunikationsnetze zeichnen sich durch eine Vielzahl von Netzarten und eine ständig wachsende Vielzahl von darin angebotenen Diensten aus. Der in der Arbeitsgruppe ICT verfolgte Ansatz besteht darin, unter Vorgabe einer dienstabhängigen Fehlerwahrscheinlichkeit die Datenrate der Übertragung zu maximieren. Zu diesem Zweck wurde ein Codemultiplex-basiertes Übertragungssystem entworfen. Die Vorteile bestehen in einer Unabhängigkeit von bisher üblichen starren Modulations- und Codierungsschemata und der Ausnutzung empfängerseitiger Zuverlässigkeitsinformation. Mögliche Anwendungen finden sich in zukünftigen Mobilfunksystemen der 4. Generation, in adhoc Netzwerken, in drahtlosen LAN Systemen (WLAN), in Sensornetzwerken und in der Unterwasserkommunikation.

Mobile Unterwasserkommunikation
Das Thema der mobilen, akustischen Unterwasserkommunikation wird in der Arbeitsgruppe ICT mit großem Interesse verfolgt und bearbeitet, da es sich um eines der faszinierenden Übertragungsmedien überhaupt handelt. Die Schwierigkeiten begründen sich in einer Mehrwegeausbreitung mit extrem großem Produkt aus Delay-Spread und Doppler-Spread sowie einer extrem großen Grundlaufzeit. Im Rahmen eines BMBF-Projekts obliegt der Arbeitsgruppe die Software-Entwicklung eines vollständigen Modems, einschließlich dem Entwurf von geeigneten Algorithmen zur Modulation/Demodulation, Kanalcodierung/Kanaldecodierung, Entzerrung, Kanalschätzung und Synchronisation. Weitere aktuelle Arbeiten zum Thema Unterwasserkommunikation befassen sich mit der Kanalmodellierung und mit adaptiven Algorithmen zur Maximierung der Datenrate bzw. zur Reduktion der Sendeleistung.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. P.A. Höher; Sekretariat: A. Kruse (50%)
Technisches Personal: Dipl.-Ing. T. Rabsch (50%)

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr.-Ing. S. Badri-Höher Interferenzunterdrückung	01.01.-31.12.2003	Industrie
M.Sc. X. Chen Blinde Entzerrung	01.11.2000-31.12.2003	DFG
Dipl.-Ing. I. Land Turbo-Codes	15.04.1999-31.12.2003	CAU
Dipl.-Ing. J. Mietzner Space-Time-Codes	01.08.2001-31.12.2003	CAU
Dipl.-Ing. H. Schöneich Adaptive digitale Funkübertragung	01.09.2001-31.12.2003	DFG
Dr. Y. Wang Unterwasserkommunikation	01.10.2002-31.12.2003	BMBF

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Kanalcodierung, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Mobilfunkkommunikation II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Information Theory and Coding I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Wireless Communications, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

System Identification, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Gerstacker

Communications Lab, 4 Std. Praktikum/Woche,
P.A. Höher (+ U. Heute, W. Rosenkranz, und Mitarbeiter)

Advanced Topics Lab, 4 Std. Praktikum/Woche,
P.A. Höher (+ U. Heute, W. Rosenkranz, und Mitarbeiter)

Informationstechnik und Codierung, 1 Std. Seminar/Woche,
P.A. Höher

Sommer 2003

Informationstheorie, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Mobilfunkkommunikation I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Information Theory and Coding II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Digital Communications, 4 Std. Seminar/Woche,
P.A. Höher (+ U. Heute, W. Rosenkranz, und Mitarbeiter)

Informationstechnik und Codierung, 1 Std. Seminar/Woche,
P.A. Höher

Winter 2003/2004

Kanalcodierung, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Mobilfunkkommunikation II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Information Theory and Coding I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

Wireless Communications, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
P.A. Höher (+ und Mitarbeiter)

System Identification, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Gerstacker

Communications Lab, 4 Std. Praktikum/Woche,
P.A. Höher (+ U. Heute, W. Rosenkranz, und Mitarbeiter)

Advanced Topics Lab, 4 Std. Praktikum/Woche,
P.A. Höher (+ U. Heute, W. Rosenkranz, und Mitarbeiter)

Informationstechnik und Codierung, 1 Std. Seminar/Woche,
P.A. Höher

Drittmittel

DFG, *Blinde Entzerrung (HO 2226/1),* 01.11.1999-31.10.2003 (ca. 166500 EUR)
DFG, *Intelligentes Modem (HO 2226/2),* 01.09.2002-31.08.2004 (ca. 111000 EUR)
BMBF, *Unterwasserkommunikation (MUCOM),* 01.10.2002-30.09.2004 (130284 EUR)
Industrie, *Interferenzunterdrückung,* 01.10.2002-30.09.2003 (76560 EUR)
Industrie, *Interferenzunterdrückung,* 01.10.2003-30.09.2004 (83520 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Kooperationspartner in Industrie und Forschungseinrichtungen:

- DoCoMo Euro Labs, München
- ELAC Nautik GmbH, Kiel
- FWG, Kiel
- Lucent Technologies, Nürnberg, Swindon, Sydney
- Marconi Communications, Backnang
- Marum, Bremen
- Siemens AG, München
- Toshiba Telecommunications Research Laboratory, Bristol.

Diplom- und Master-Arbeiten

J. Eick, *Sender- und Empfängerkonzepte für den Einsatz von Space-Time Blockcodes in ausfallsicheren Richtfunksystemen,* 21.11.2003

M. Kautza, *Einfluss von Antennenkorrelation bei der Anwendung von Space-Time-Codes im GSM/EDGE-Mobilfunksystem,* 28.11.2003

S. Deng, *Reduced-State Equalization and Interference Cancellation for GSM/EDGE,* 14.11.2003

N. Li, *Adaptive Transmission using Reliability Information,* 11.11.2003

R.R. Luo, *Channel Estimation and Prefiltering for GSM/EDGE Networks in the Presence of Cochannel Interference,* 11.11.2003

W.Y. Zheng, *Trellis-Based SISO Blind Equalization: Extension and System Optimization,* 23.10.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

J. Mietzner, P.A. Höher, *Compatible Improvement of the GSM/EDGE System by Means of Space-Time Coding Techniques,* Proc. Winter School on Coding and Information Theory, 3 (2003)

I. Land, P.A. Höher, *Optimal Simulative Bit Error Rate Estimation for Transmission Systems with LogAPP Decoders,* Proc. Winter School on Coding and Information Theory, 22 (2003)

X. Chen, P.A. Höher, *Comparison of Suboptimal APP Equalization Techniques for Frequency-Selective Rayleigh Fading Channels,* Proc. Winter School on Coding and Information Theory, 39 (2003)

H. Schöneich, P.A. Höher, *Bit Error Bound on Maximum-Likelihood Cochannel Interference Cancellation,* Proc. Winter School on Coding and Information Theory, 40 (2003)

J. Mietzner, P.A. Höher, M. Sandell, *Compatible Improvement of the GSM/GPRS System by Means of Delay Diversity,* Proc. IEEE ICC, 1983 - 1987 (2003)

J. Mietzner, M. Kautza, P.A. Höher, *Application of the Alamouti Scheme in Resilient Microwave Links,* IEE Electronic Letters, **39**, 927 - 928 (2003)

J. Mietzner, P.A. Höher, M. Sandell, *Compatible Improvement of the GSM/GPRS System by Means of Space-Time Block Codes,* Proc. Signal Processing Advanced Wireless Communications, 241 (2003)

J. Mietzner, P.A. Höher, M. Sandell, *Compatible Improvement of the GSM/EDGE System by Means of Space-Time Coding Techniques,* IEEE Transactions on Wireless Communications, **2**, 690 - 702 (2003)

I. Land, S. Huettinger, P.A. Höher, J. Huber, *Bounds on Information Combining,* Proc. Int. Symp. on Turbo Codes & Related Topics, 39 - 42 (2003)

I. Land, P.A. Höher, *New Results on Monte Carlo Bit Error Simulation Based on the A Posteriori Log-Likelihood Ratio,* Proc. Int. Symp. on Turbo Codes & Related Topics, 531 - 534 (2003)

H. Schöneich, P.A. Höher, *Single Antenna Cochannel Interference Cancellation in Asynchronous TDMA Systems,* Proc. 6th Baiona Workshop on Signal Processing in Communications, 157 - 162 (2003)

H. Schöneich, P.A. Höher, *A Hybrid Multiple Access Scheme Approaching Single User Performance,* Proc. 6th Baiona Workshop on Signal Processing in Communications, 163 - 168 (2003)

X. Chen, P.A. Höher, *Design Considerations of Trellis-Based Adaptive Blind Sequence Estimators,* Proc. 6th Baiona Workshop on Signal Processing in Communications, 63 - 68 (2003)

Y. Wang, *Performance of a Receiver in Large Time-Frequency Spreading Channels,* Proc. IEEE Oceans, 292 - 295 (2003)

H. Schöneich, P.A. Höher, *Single Antenna Interference Cancellation: Iterative Semi-Blind Algorithm and Performance Bound for Joint Maximum-Likelihood Interference Cancellation,* Proc. IEEE Globecom, 1716 - 1720 (2003)

Patent-Anmeldungen

P.A. Höher, H. Schöneich und weitere Erfinder, *Verfahren zur Interferenzunterdrückung (Arbeitstitel),* Europäisches Patentamt, 31.03.2003, 2003E05481 DE

P.A. Höher und weitere Erfinder, *Verfahren zur Interferenzunterdrückung (Arbeitstitel),* Europäisches Patentamt, 08.12.2003, 2003E19252 DE

P.A. Höher und weitere Erfinder, *Verfahren zur Interferenzunterdrückung (Arbeitstitel),* Europäisches Patentamt, 12.12.2003, 2003E19209 DE

Präsentationen

I. Land, P.A. Höher, *Partially Systematic Turbo Codes - An Overview,* ITG-Fachgruppe "Angewandte Informationstheorie", Erlangen, 24.01.2003

J. Mietzner, P.A. Höher, *Compatible Improvement of the GSM/EDGE System by Means of Space-Time Coding Techniques,* Winter School on Coding and Information Theory, Ascona, Schweiz, 24.-27.02.2003

I. Land, P.A. Höher, *Optimal Simulative Bit Error Rate Estimation for Transmission*

Systems with LogAPP Decoders, Winter School on Coding and Information Theory, Ascona, Schweiz, 24.-27.02.2003

X. Chen, P.A. Höher, *Comparison of Suboptimal APP Equalization Techniques for Frequency-Selective Fading Channels,* Winter School on Coding and Information Theory, Ascona, Schweiz, 24.-27.02.2003

H. Schöneich, P.A. Höher, *Bit Error Bound on Maximum-Likelihood Cochannel Interference Cancellation,* Winter School on Coding and Information Theory, Ascona, Schweiz, 24.-27.02.2003

H. Schöneich, *Intelligentes Modem für digitale Kommunikationssysteme mit drahtlosem Zugang,* Universität Hannover, Hannover, 04.03.2003

H. Schöneich, *Bit Error Bound of Maximum-Likelihood Cochannel Interference Cancellation,* Universität Bremen, Bremen, 20.03.2003

J. Mietzner, *Compatible Improvement of the GSM/EDGE System by Means of Space-Time Coding Techniques,* Universität Bremen, Bremen, 20.03.2003

I. Land, *Optimal Simulative Bit Error Rate Estimation for Transmission Systems with LogAPP Decoders,* Universität Bremen, Bremen, 20.03.2003

J. Mietzner, P.A. Höher, *Compatible Improvement of the GSM/GPRS System by Means of Delay Diversity,* IEEE ICC' 03, Anchorage, USA, 14.05.2003

I. Land, P.A. Höher, *Capacity of Parallel Discrete Memoryless Channels,* ITG-Fachgruppe Angewandte Informationstheorie, Dresden, 20.06.2003

J. Mietzner, P.A. Höher, *Compatible Improvement of the GSM/GPRS System by Means of Space-Time Block Codes,* Signal Processing Adv. Wireless Commun. (SPAWC '03), Rom, Italien, 15.-18.06.2003

S. Badri-Höher, P.A. Höher, *Introduction to Co-Channel Interference Cancellation,* KIK Workshop, Kleinwalsertal, Österreich, 15.-17.07.2003

X. Chen, *Design Considerations of Trellis-Based Blind Sequence Estimators,* KIK Workshop, Kleinwalsertal, Österreich, 15.-17.07.2003

J. Mietzner, *Compatible Improvement of the GSM/GPRS System by Means of Delay Diversity,* KIK Workshop, Kleinwalsertal, Österreich, 15.-17.07.2003

H. Schöneich, I. Land, *Turbo Detection for a Hybrid Modulation Scheme,* KIK Workshop, Kleinwalsertal, Österreich, 15.-17.07.2003

Y. Wang, *Transmitter Optimization for a Multicarrier System,* KIK Workshop, Kleinwalsertal, Österreich, 15.-17.07.2003

I. Land, P.A. Höher, *Bounds on Information Combining,* Int. Symp. on Turbo Codes and Related Topics, Brest, Frankreich, 01.-05.09.2003

I. Land, P.A. Höher, *New Results on Monte Carlo Bit Error Simulation Based on the A Posteriori Log-Likelihood Ratio,* Int. Symp. on Turbo Codes and Related Topics, Brest, Frankreich, 01.-05.09.2003

P.A. Höher, S. Badri-Höher, *Single-Antenna Co-Channel Interference Cancellation,* Siemens AG, München, 24.10.2003

J. Mietzner, *Diversitätstechniken - Einfluss von räumlicher Korrelation auf die Performance von Mobilfunksystemen mit mehreren Antennen,* Siemens AG, München, 24.10.2003

I. Land, *Bounds on Information Combining,* TU München, München, 12.11.2003
I. Land, *Bounds on Information Combining,* Forschungszentrum für Telekommunikation (ftw.), Wien, Österreich, 14.11.2003
H. Schöneich, P.A. Höher, *Single Antenna Interference Cancellation: Iterative Semi-Blind Algorithm and Performance Bound for Joint Maximum-Likelihood Interference Cancellation,* IEEE GLOBECOM '03, San Francisco, USA, 03.12.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Gutachtertätigkeit für

- Industrieunternehmen
- den Bundesgerichtshof in Karlsruhe
- das Landgericht Mannheim
- die Deutsche Forschungsgemeinschaft in Bonn
- Promotionsverfahren im In- und Ausland (Uni Kiel, Uni Ulm, Uni Lund)
- Fachzeitschriften (z.B. IEEE Trans. Commun., IEEE Trans. Wireless Commun.)
- Konferenzen (z.B. IEEE GLOBECOM, IEEE ICC).

Associated Editor für IEEE Transactions on Communications (seit Mai 1999).

Organisation des Workshops "Kommunikation im Kleinwalsertal (KIK)", Hirschegg, Österreich, Juli 2003. Am Workshop nahmen Kollegen der Universitäten Bremen, Darmstadt, Erlangen-Nürnberg, Luxemburg, München und Notre-Dame (USA) teil.

Lehrstuhl für Leistungselektronik und Elektrische Antriebe

Das Gebiet „Leistungselektronik und Elektrische Antriebe“ umfasst zum einen die Umformung elektrischer Energie mit Hilfe von Leistungselektronik für ruhende Verbraucher, zum Beispiel bei Stromversorgungen in PCs, zum anderen beinhaltet es die Wandlung elektrischer Energie zur Drehzahlverstellung beim Betrieb elektrischer Maschinen, zum Beispiel bei elektrischen Bahnen, bei Industrierobotern oder Windkraftanlagen. Das Gebiet an der Grenze zwischen Automatisierungstechnik und Energietechnik basiert auf vielen Teilfächern der Elektrotechnik, z.B. Leistungshalbleiter, elektrische Maschinen und Regelungstechnik, und ist als hervorragendes Beispiel der fächerübergreifenden Arbeit anzusehen. Es ist sehr praktisch ausgerichtet. Die industrielle Bedeutung nimmt derzeit stark zu.

Der Lehrstuhl für Leistungselektronik und Elektrische Antriebe arbeitet im Bereich der **Energietechnik, Leistungselektronik und elektrischen Antriebstechnik, einschließlich ihrer Steuerung und Regelung** und ist auf diesem Feld mit sieben Lehrveranstaltungen und dem Laborpraktikum voll in die Lehre der Elektrotechnik integriert.

Für Forschungsarbeiten, Abschlussarbeiten der Studierenden und Laborpraktika stehen 10 Labor- und 12 Büro-Arbeitsplätze zur Verfügung, deren Ausstattung mit Standard- und Spezialmessgeräten, mit Rechnern und Simulationsprogrammen für Leistungshalbleiter, mit Leistungselektronikbaugruppen, elektrischen Antrieben (2 kW bis 100 kW) und ihrer Regelung dem Stand der Technik entspricht.

In der Forschung werden seit dem Start des Lehrstuhls im Jahr 1996 drei wesentliche Gebiete bearbeitet, und zwar **Anwendung von Leistungshalbleitern, (neue) Schaltungen der Leistungselektronik einschließlich ihrer Steuerung sowie drehzahlveränderliche elektrische Antriebe einschließlich ihrer Regelung** , wobei als Erweiterung seit dem Jahr 2002 bzw. 2003 zusätzlich die **Anwendung bei der elektrischen Umformung regenerativer Energien sowie die Diagnose von Stromrichtern** aufgenommen wurden. Da das Arbeitsgebiet sehr praxisnah ist und die Ergebnisse der Forschungsarbeit häufig Industriebezug haben, wird eine industrienahe Forschung angestrebt. Darüber hinaus werden große Bemühungen unternommen auch mit der Industrie in Schleswig-Holstein zusammenzuarbeiten, was für den Einstieg unter anderem durch die Übernahme von Dienstleistungsaufgaben, Erstellung von Gutachten und Unterstützung bei Problemlösungen in begrenztem Umfang geschieht.

Ergebnisse

Leistungshalbleiter, Anwendung moderner IGBT-Leistungshalbleiter:
Für drehzahlvariable Antriebssysteme sowie Stromversorgungen in der Industrie werden nach aktuellem technischen Stand Frequenzumrichter eingesetzt. Schlüsselelemente dieser Umrichter sind im Leistungsbereich von etwa 1 kW bis 3000 kW die Isolated Gate Bipolar Transistoren (IGBT), die die Frequenzwandlung ausführen. Deren dynamisches Verhalten, das Ein- und Ausschalten, ist dabei von besonderer Bedeutung. Nach umfangreichen und ergebnisreichen Arbeiten der Vorjahre (Helsper), die in diesem Jahr

noch präsentiert wurden, u.a. in der Promotionsschrift, erfolgte eine gewisse Weiterführung. In einem Industrieprojekt (Mohr) wurden Untersuchungen zum Schaltverhalten von Spezial-Leistungs-MOSFET-Transistoren (1500 A/70 V) duchgeführt. Zukünftig sind hier wieder stärkere Aktivitäten geplant.

Stromrichter, Netzseitige Pulsstromrichter mit Spannungs- und Stromeinprägung: Stromrichter zur Speisung von Drehstromantrieben oder von Gleichstromlasten oder zur Kompensation von Netzrückwirkungen werden aus den verschiedensten Gründen heute als Pulsstromrichter, auch aktive Gleichrichter genannt, ausgeführt. Neben der Standardvariante mit Spannungseinprägung (kapazitive Glättung) auf der Gleichstromseite kann - und wird - für ausgewählte Anwendungen vorteilhaft die Variante mit Stromeinprägung (induktive Glättung) verwendet werden. Das im Jahr 2002 gestartete Forschungsvorhaben wurde fortgeführt (Bierhoff). Es hat zum Ziel, Vor- und Nachteile beider Varianten herauszuarbeiten, zu vergleichen und zu bevorzugende Anwendungsgebiete aufzuzeigen. Untersuchungen zur Regelung des Netzstromes wurden weitergeführt. Insbesondere wurden im Jahr 2003 analytische Berechnungen der Verluste erarbeitet und präsentiert, entsprechende Berechnungen der Netzrückwirkungen und Filterauslegung laufen derzeit. Charakteristische Unterschiede und Abhängigkeiten für die Verluste wurden aufgezeigt. Die Berechnungen sollen durch numerische Simulation und Messungen an Versuchsaufbauten im Labor verifiziert werden, was zum Teil schon erfolgt ist. Vergleichende Untersuchungen zur Auslegung des Zwischenkreises sollen folgen.

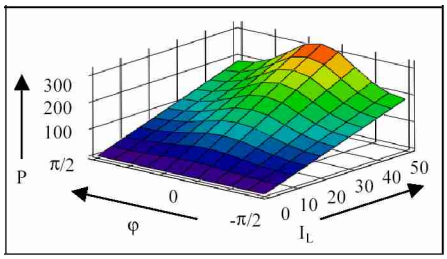


Abb. 1: Durchlass- und Schaltverluste von Pulsstromrichtern mit Spannungs- und Stromeinprägung

Stromrichter, Matrix-Umrichter: Im Bereich der neuartigen Stromrichterschaltungen wurde im Jahr 2002 die Forschungsarbeit am Matrix-Umrichter aufgenommen (Boll). Dies ist ein Umrichter mit direkter Energiespeisung, das heißt ohne zwischengeschaltete Glättungselemente, und sinusförmigen Ausgangsgrößen eines Drehstrom-Verbrauchers mit variabler Spannung und Frequenz. Allerdings benötigt er 18 statt der sonst üblichen 12 Ventile, eine aufwendige Steuerung und erzeugt nur verminderte Ausgangsspannungen. Die simulationstechnischen Untersuchungen zu Steuerverfahren und zum Betriebsverhalten der dreiphasigen Ausführung wurden in 2003 weitergeführt. Die wesentlichen Steuerverfahren nach Alesina/Venturini und über Vektormodulation wurden realisiert und untersucht. Ein Laboraufbau soll folgen. Das Ziel dieser Arbeit sind Untersuchungen von Steuerverfahren und Schutzkonzepten.

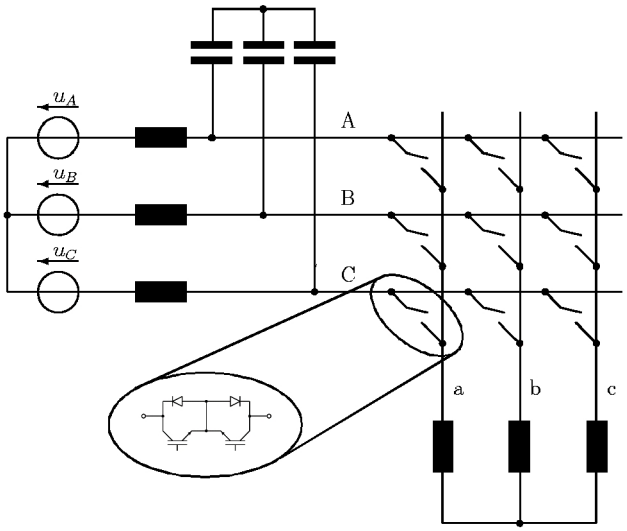


Abb. 2: Schaltbild des Matrixumrichters

Antriebe, Antriebssystem mit Asynchronmaschine und stromeinprägendem Umrichter: Drehzahlregelbare Drehstromantriebe in industriellen Anwendungen werden heute vorwiegend als Asynchronmaschine und spannungseinprägender Umrichter mit IGBT-Leistungshalbleitern ausgeführt. Antriebe mit Stromeinprägung und IGBT-Leistungshalbleitern sind eine interessante Alternative. Frühere Arbeiten hatten die Steuerung und Regelung (Klönne), in 2003 wurden hier Ergebnisse zum dynamischen Verhalten präsentiert, und Zweiflächenmodulation (Haberberger) zum Inhalt. Im Jahr 2003 wurden die Gebiete der Pulsweitenmodulation und des Schutzkonzeptes bearbeitet (Haberberger, Gastwissenschaftler). Insbesondere zum Schutz des Systems mit IGBT lagen kaum Untersuchungen vor. Es wurde ein neues Konzept entwickelt, das alle Schadensfälle bei Stromunterbrechungen einschließt. Das Konzept wurde durch theoretische Arbeiten und Labormessungen validiert.

Antriebe, Regelung einer permanterr. Synchronmaschine mit direkter Momentenregelung: Im Rahmen des Aufenthalts einer Gastwissenschaftlerin (Cenwei, Universität Zheijang) wurden Arbeiten zum Vergleich von Methoden der direkten Momentenregelung bei der permanenterregten Synchronmaschine durchgeführt. Ergebnisse der numerischen Simulation liegen vor. Eine Validierung der Ergebnisse am Laborantrieb steht aus. (An diesem Antrieb sollen auch die Simulationsuntersuchungen zur Abhängigkeit von Dynamik und Wirkungsgrad bei Windkraftanlagen validiert werden.)

Umrichter für regenerative Energie, Stromrichter für Windkraft, Brennstoffzellen und Solarmodule: Nach Arbeiten zur Dynamik und Leistungsausbeute bei Windkraftanlagen (Hünemörder), die weitergeführt werden sollen, wurde das Arbeitsgebiet Netzeinspeisung elektrischer Energie aus Brennstoffzellen aufgenommen (Mohr). Brennstoffzellen wandeln chemische Energie, z.B. aus Wasserstoff, direkt in elektrische Energie, in Gleichstrom, um. Aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades sind sie zukünftig

Alternativen zu herkömmlichen Energiewandlungssystemen. Zur Netzeinspeisung sind allerdings Frequenzumrichter erforderlich. Neben dem Standard-Pulsumrichter mit Spannungseinprägung zeigt derjenige mit Stromeinspeisung für diese Anwendung durchaus Vorteile. Ziel dieses Vorhabens ist es, die Dimensionierung von Umrichter und Brennstoffzelle so zu koordinieren, dass ein in Hinsicht auf Wirkungsgrad und Bauleistung optimales Gesamtsystem entsteht. Die Konkurrenzfähigkeit dieses Systems soll festgestellt werden. Grundsätzliche Merkmale sind dazu erarbeitet worden. Die Inbetriebnahme des entsprechenden Stromrichters mit 20 kW Leistung ist weit fortgeschritten.

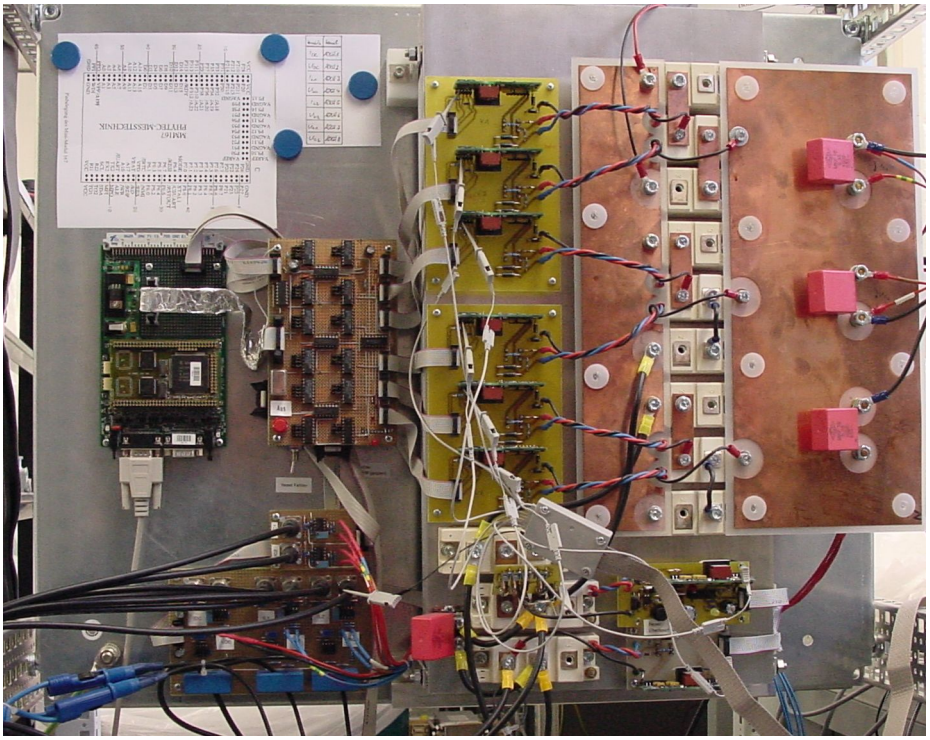


Abb. 3: Laboraufbau eines Stromrichters zur Netzeinspeisung elektrischer Energie aus Brennstoffzellen

Diagnose von Stromrichtern, Diagnose des Fehlers „offener Transistor“ in Umrichtern: Unter dem Gesichtspunkt der Forderung nach hoher Zuverlässigkeit, dem Bestreben, Folgeschäden durch Fehler zu vermeiden und Fehler und deren Ursachen schnell zu erkennen, hat die Diagnose eine steigende Bedeutung. Seit 2003 wird am Lehrstuhl auf dem Gebiet der Diagnose von Stromrichtern in elektrischen Antrieben gearbeitet (Fuchs, Rothenhagen). Eine Übersicht zu Diagnoseverfahren wurde erstellt (Fuchs) und präsentiert. Es wurden Untersuchungen zur Diagnose des Fehlers offener Transistor im Umrichter durch Simulation und Labormessungen durchgeführt (Rothenhagen), um bekannte Verfahren zu untersuchen und zu vergleichen. Die Verfahren wurden weiterentwickelt. Vertrauenswürdige Verfahren wurden ermittelt. Die Arbeiten sollen auf andere Fehler und insbesondere Anwendungen in der regenerativen Energie (Offshore-

Windfarmen) ausgeweitet werden.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. F.W. Fuchs; Sekretariat: C. Kurtz, E. Lange
Technisches Personal: B. Doneit

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. (FH) M. Bierhoff 01.01.-31.12.2003 CAU
Vergleich Netzstromrichter mit Spannungs- und Stromeinprägung

Dipl.-Ing. J. Boll 01.04.-31.12.2003 CAU
Matrix-Umrichter

Dipl.-Ing. M. Mohr 01.04.-31.12.2003 CAU
Umrichter für die Regenerative Energie

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Leistungselektronik I, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ M. Bierhoff)

Leistungselektronik III, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ M. Bierhoff)

Regelung elektrischer Antriebe, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ F.W. Fuchs)

Seminar Leistungselektronik, 2 Std. Seminar/Woche,
F.W. Fuchs

Exkursion Leistungselektronik, 1 Std. Exkursion/Woche,
F.W. Fuchs

Sommer 2003

Einführung in die Elektrische Energietechnik, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ J. Boll, M. Mohr)

Leistungselektronik II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ M. Bierhoff)

Elektrische Umformung regenerativer Energie, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ M. Mohr)

Praktikum Leistungslektronik, 4 Std. Praktikum/Woche,
F.W. Fuchs (+ M. Mohr, M. Bierhoff, J. Boll)

Seminar Leistungselektronik, 2 Std. Seminar/Woche,
F.W. Fuchs

Exkursion Leistungselektronik, 1 Std. Exkursion/Woche,
F.W. Fuchs

Winter 2003/2004

Leistungselektronik I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ M. Mohr)

Leistungselektronik III, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ M. Bierhoff)

Regelung elektrischer Antriebe, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F.W. Fuchs (+ J. Boll)

Seminar Leisatungselektronik, 2 Std. Seminar/Woche,
F.W. Fuchs

Exkursion Leistungselektronik, 1 Std. Exkursion/Woche,
F.W. Fuchs

Drittmittel

ESW Extel Systems Wedel GmbH, *Gutachten zum Verhalten von MOS-Transistoren,* 01.07.-01.10.2003 (5800 EUR)
Alstom Power Conversion GmbH, Berlin, *Internationale Vertretung als deutscher Sprecher im Normungskommittee DKE K331 Leistungselektronik (Reisen),* 01.01.-31.12.2003 (2000 EUR)
Repower GmbH, Rendsburg, *Patentgutachten,* 01.04.-20.06.2003 (2146 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

ESW Extel Systems Wedel GmbH, Wedel: Untersuchungen zu Regelung von Prüfständen und zum dynamischen Verhalten von Leistungs-MOSFET-Transistoren;

REpower Systems GmbH, Husum und Rendsburg: Patentgutachten und Generatorsysteme bei Windkraftanlagen;

Alstom Power Conversion GmbH: Normung von Leistungselektronik;

Danfoss Silicon Power GmbH, Schleswig: Charakterisierung von Leistungshalbleitern;

Arbeitsgruppe Leistungselektronik, Beantragung eines DFG-Schwerpunktprojektes: RWTH Aachen(Prof. De Doncker), Universität Bremen (Prof. Orlik), Universität Chemnitz (Prof. Hofmann), Universität Kiel (Prof. Fuchs), Universität Siegen (Prof. Pacas), Universität Wuppertal (Prof. Kennel);

Kompetenzzentrum Windenergie Schleswig-Holstein, Verbundprojekt der Hochschulen in Schleswig-Holstein (FH Flensburg, Universität Flensburg, Fachhochschule Kiel, Chris-

tian-Albrechts-Universität zu Kiel (Technische Fakultät sowie Forschungs- und Technologiezentrum Westküste), Fachhochschule Westküste); Ziele: Forschung und Entwicklung; Ausbildung, Fort- und Weiterbildung; Beratungsdienstleistungen; Netzwerkmanagement; Transfer Forschungseinrichtungen zur Industrie

Diplom- und Master-Arbeiten

J. Boll, *Steuerverfahren für Matrix-Umrichter (DA),* 28.02.2003
M. Mohr, *Auswahl, Aufbau und Untersuchung eines Umrichtersystems für Brennstoffzellen (DA),* 14.02.2003
S. Pischke, *Regelungsverfahren bei Asynchronmaschinen (SA),* 28.01.2003
K. Rothenhagen, *Steuer- und Regelverfahren für Netzpulsstromrichter an eingeprägter Spannung (SA),* 16.01.2003
K. Rothenhagen, *Untersuchung von Verfahren zur Diagnose von geregelten elektrischen Antrieben (DA),* 22.12.2003

Dissertationen

M. Helsper, *Analyse und Verbesserung des Verhaltens von Planar- und Trench-IGBT-Modulen in hart bzw. weich schaltenden Applikationen,* 29.09.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

F. W. Fuchs, *Some Diagnosis Methods for Voltage Source Inverters in Variable Speed Drives with Induction Machines - A Survey,* IECON03 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Roanoke, USA, 2003; Proceedings on CD, (2003)
M. Helsper, F. W. Fuchs, *Adaption of IGBT Switching Behaviour by means of Active Gate Drive Control for Low and Medium Power,* EPE 2003 European Conference on Power Electronics and Applications, Toulouse, Frankreich, 2003; Proceedings on CD, (2003)
A. Klönne, F. W. Fuchs, *High Dynamic Performance of a PWM Current Source Converter Induction Machine Drive,* EPE 2003 European Conference on Power Electronics and Applications, Toulouse, Frankreich, 2003; Proceedings on CD, (2003)
F.W. Fuchs, *Einsatz von modernen Leistungshalbleitern,* Unterlagen zum Seminar, Haus der Technik, Essen, (2003)
M. Helsper, *Analyse und Verbesserung des Verhaltens von Planar- und Trench-IGBT-Modulen in hart bzw. weich schaltenden Applikationen,* Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, (2003)

Präsentationen

F.W. Fuchs, *Teilvorträge zu Einsatz von modernen Leistungshalbleitern,* Haus der Technik, Essen, Deutschland, 04.03.2003

A. Klönne, *High Dynamic Performance of a PWM Current Source Converter Induction Machine Drive,* EPE 2003 European Conference on Power Electronics and Applications, Toulouse, Frankreich, 02.-03.09.2003

M. Helsper, *Analyse und Verbesserung des Verhaltens von Planar- und Trench-IGBT-Modulen in hart bzw. weich schaltenden Applikationen,* Promotionsvortrag, Kiel, Deutschland, 29.09.2003

F.W. Fuchs, *Some Diagnosis Methods for Voltage Source Inverters in Variable Speed Drives with Induction Machines- A Survey,* IECON03 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Roanoke, USA, 03.-06.11.2003

M. Helsper, *Charakterisierung des harten Schaltens von Feldstopp IGBT,* Kolloquium 2003 ISLE, Ilmenau, Deutschland, 20.11.2003

M. Helsper, *Adaption of IGBT Switching Behaviour by means of Active Gate Control for low and Medium Power,* EPE 2003 European Conference on Power Electronics and Application., Toulouse, Frankreich, 02.09.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Gastwissenschaftler: Shi Cenwei, PhD, Zheijang Universität, Hangtshou, 01.04.2003 - 30.09.2003; Dipl.-Ing. Markus Haberberger, 01.01.2003 - 31.12.2003

Weiterbildungsveranstaltungen: Seminar „Einsatz von modernen Leistungshalbleitern“ , Haus der Technik, Essen, 4.-5.03.2003, Leitung Prof. Fuchs

Gäste: Delegation der Zheijang University of Science and Technology, Hangtshou, 15.04. 2003; Prof. Orlik, Universität Bremen, 23.06.2003; Dr. Mitlehner, SiCED, 17.11.2003

Gremienarbeit (Prof. Fuchs): Prodekan der Technischen Fakultät (07.02 - 06.04); Leiter Prüfungsausschuss Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik und Informationstechnik; Obmann und deutscher Sprecher in internationalen Gremien des Normungskomitees Leistungselektronik (K331; Deutsche Kommission Elektrotechnik); Begutachtung von DFG-Anträgen; Reviewer, Session Chair und z.T. Topic Chair bei Fachkonferenzen (PESC Power Electronics Specialists Conf., EPE European Conf. on Power Electronics and Applications, IECON Industrial Electronics Conf.); Reviewer bei einer Fachzeitschrift (IEEE Transact. on Industrial Electronics)

Sonstiges: Geführter Besuch der Industriemesse Hannover für SchülerInnen, duchgeführt vom Lehrstuhl, 04.2003; Beteiligung am Tag der offenen Tür der CAU, 05.03; Schülerprojektwoche Regenerative Energie am Lehrstuhl, 11.2003

Lehrstuhl für Nachrichten- und Übertragungstechnik

Forschungsschwerpunkte:

- Optische Nachrichtenübertragung (Messtechnik, Prototypen-Evaluierung, Simulation von hochbitratigen Übertragungssystemen, optische Verstärker für WDM, Entzerrung optischer Übertragungskanäle, neue Modulationsformate, Kanalcodierung, WDM-Netzwerke)

- Simulation und Modellierung nachrichtentechnischer Systeme (Entwicklung und Anwendung eines modularen Simulationssoftwarepaketes auf Systemebene)

- Synchronisationsaufgaben der Nachrichtentechnik (Takt- und Trägersynchronisation, PLL-Anwendung)

Ergebnisse

Kanalentzerrung

In diesem Themenbereich werden Ansätze zur Entzerrung des optischen Übertragungskanals sowohl im optischen Bereich als auch im elektrischen Bereich nach der optisch/elektrischen Wandlung im Empfänger behandelt.

Für die Kanalentzerrung in der Weitverkehrsübertragung wurden optische Filter, vor allem in Transversalstruktur, behandelt. Dabei können die Filterkoeffizienten über Beeinflussung von Koppelverhältnissen durch Thermoelemente eingestellt und die Entzerrung adaptiv an veränderliche Kanaleigenschaften angepasst werden. Es wurden verschiedene Adaptionskriterien untersucht. Als besonders leistungsfähig erweisen sich hier Adaptionsverfahren, die den Intersymbolinterferenzfehler minimieren. Damit sind dann auch Kanalverzerrungen unabhängig von der physikalischen Ursache des Degradationseffektes möglich, wie zum Beispiel die Entzerrung von chromatische Dispersion, von Polarisationsmodendispersion und von Selbstphasenmodulation. Die Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner durchgeführt.

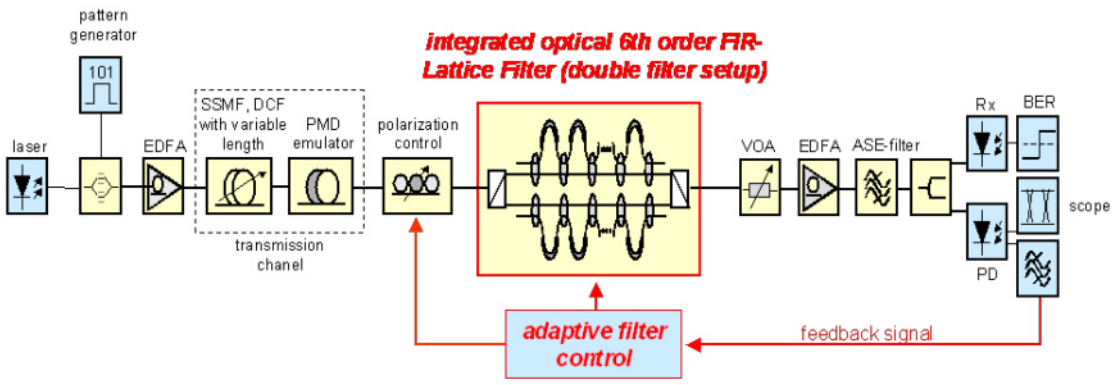


Abb. 1: FIR-Lattice Filter

Ein anderer Anwendungsbereich für Entzerrer ist die optische Kurzzstreckenübertragung über Multimode-Glasfasern, z.B. bei der Rechnervernetzung mit dem Ethernet-Standard. Auch hier werden heute Datenraten von 10 Gb/s und mehr angestrebt. Die Eigenschaften der Multimodefaser erlauben dabei Übertragungsreichweiten von wenigen 10-Metern. Zur Reichweitensteigerung werden am Lehrstuhl elektrische Entzerrerstrukturen entwickelt und untersucht. Dabei erweist sich die Nichtlinearität des Modulations- und Detektionsprozesse als Herausforderung an den Entzerrerentwurf. Entsprechend wurden nichtlineare Entzerrerstrukturen mit hoher Leistungsfähigkeit entwickelt und im Simulationsmodell getestet.

Recirculating Loop

Als Ergänzung der Messmöglichkeiten im Labor „Optische Nachrichtentechnik“ wurde ein sogenannter „recirculating loop“ aufgebaut. Dabei handelt es sich um eine ringförmige Anordnung einer Glasfaserstrecke mit optischen Verstärkern und ggf. Komponenten zur Dispersionskompensation. Der Ring wird mit einem optischen Signal bestückt, welches dann den Ring mehrfach durchläuft, so dass damit auch sehr lange Übertragungsstrecken (z.B. 5000 km) emuliert werden können, ohne dass entsprechende Glasfaserkabel vorgehalten werden müssen.

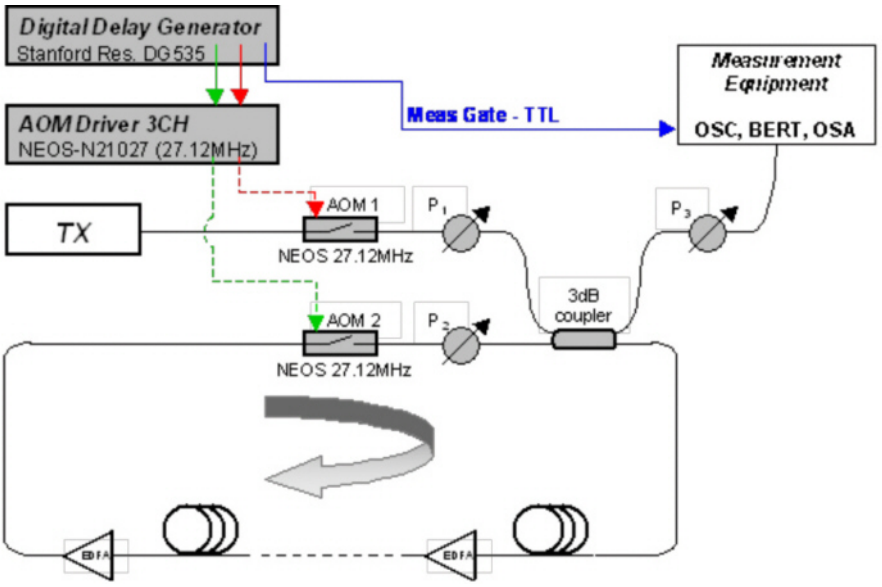


Abb. 2: Recirculating Loop

Simulationswerkzeug

Das am Lehrstuhl entwickelte modulare Simulationswerkzeug zur Systemsimulation von (optischen) Übertragungssystemen wurde weiterentwickelt. Insbesondere sind jetzt durch effiziente Algorithmen Simulationen von sehr seltenen Fehlerereignissen (Zum Beispiel Bitfehlerwahrscheinlichkeiten von 10(-9)) möglich.

Weiterhin wurde der nichtlineare Einfluß der stimulierten Raman Streuung (SRS) in

die Simulation aufgenommen. Die Relevanz der Stimulierten Raman Streuung (SRS) als nichtlinearer elastischer Streuprozess auf der optischen Faser basiert auf der Tatsache, dass die SRS, im Gegensatz zur Kreuzphasenmodulation (XPM) und Vierwellenmischung (FWM), bei sehr großen Gesamtbandbreiten signifikanten Einfluss auf die Signaldegradation besitzt. Es konnte anhand von Simulationen gezeigt werden, dass die Aufweitung des '1'-Levels - basierend auf dem SRS-Energietransfer im WDM System von Kanälen mit hohen Trägerfrequenzen zu Kanälen mit niedrigen Trägerfrequenzen - bei Verwendung des RZ-DPSK Modulationsformates nahezu komplett unterdrückt werden kann.

40Gb/s-Übertragungsexperimente

Die messtechnische Ausstattung des Labors „Optische Nachrichtentechnik" des Lehrstuhls wurde ergänzt, so dass jetzt auch Untersuchungen bei der extrem hohen Datenrate von 40Gb/s möglich sind. Hierzu wurden elektronische Multiplexer und Demultiplexer, sowie weitere optische und elektronische Komponenten für diese Datenrate angeschafft. Die Investition im 6-stelligen EUR-Bereich wurde aus Drittmitteln finanziert. Damit behält der Lehrstuhl seine im universitären Bereich in Deutschland führende Position bei den messtechnischen Untersuchungsmöglichkeiten und eine äußerst wichtige Basis für weitere Industriekooperationen und Veröffentlichungen bleibt gegeben.

Kohärente optische Empfänger

Kohärente optische Empfänger haben im Vergleich zu Direktempfängern eine verbesserte Empfängerempfindlichkeit. Auch können Fasereffekte im Elektrischen durch konventionelle Elektronik entzerrt und Kanäle in WDM-Systemen durch elektrische Filter selektiert werden. Allerdings ist der Aufbau solcher Empfänger sehr komplex. Ebenso sind die Anforderungen an die notwendigen Laser sehr hoch. Die Untersuchungen richten sich im Besonderen darauf, in wie weit der Gewinn durch kohärenten Empfang den hohen Aufwand und die dadurch entstehenden Kosten rechtfertigt.

Modulationsverfahren

Der Trend in Weitverkehrsnetzen geht hin zu einer hohen optisch-transparenten Länge sowie zur Steigerung der Kapazität bei einer möglichst kosteneffizienten Umsetzung des Systems.

Eine Möglichkeit dieses Ziel zu erreichen, besteht in der Verwendung von alternativen Modulationsformaten. Diese müssen eine hohe Rauschfestigkeit, eine gute Interferenzfestigkeit gegenüber linearen und nichtlinearen Signalverzerrungen aufweisen sowie eine hohe Spektraleffizienz in WDM-Systemen ermöglichen.

Im Rahmen dieser Arbeit werden zwei- und vierstufig differentiell phasengetastete Signale (engl. DPSK und DQPSK), die aus der klassischen Nachrichtenübertragung bekannt sind, auf ihren Einsatz in faseroptischen Weitverkehrssystemen hin untersucht. Dabei werden Konzepte vorgeschlagen und messtechnisch verifiziert, die eine weitestgehende Kompatibilität zur herkömmlichen Intensitätsmodulation erlauben.

Außerdem wird gezeigt, dass die DPSK und DQPSK Modulationsformate in fast allen

Fällen eine höhere Robustheit gegenüber den vielfältigen Verzerrungen, die bei der faseroptischen Übertragung auftreten können, aufweisen. Vergleiche werden nicht nur zur herkömmlichen Intensitätsmodulation sondern auch zu anderen vielversprechenden alternativen Modulationsformen wie z.B. Duobinärmodulation, Einseitenbandmodulation und verschiedenen Mehrstufenformaten durchgeführt.

Für die Implementierung in konkreten Systemen ist bei der differentiellen Phasenmodulation eine Vorcodierung nötig, die insbesondere bei DQPSK und den geforderten hohen Datenraten aufwendig ist. Diese Schlüsselkomponente wurde am Lehrstuhl entwickelt und erstmals bei 10Gb/s Datenrate aufgebaut und erfolgreich eingesetzt.

Weiterhin wird die Kombination von DQPSK mit Polarizationsmultiplex und eine bandbegrenzte DQPSK-Übertragung vorgeschlagen, um die Kapazität weiter zu steigern.

Die Arbeiten sind stark experimentell betont und werden von einem Industriepartner unterstützt.

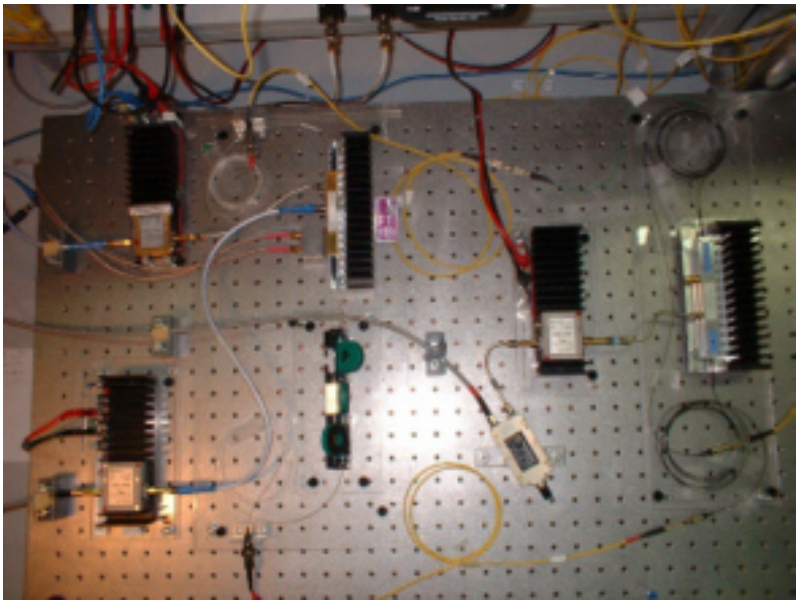


Abb. 3: Meßaufbau

Personal

Leiter: Prof. Dr. W. Rosenkranz; Sekretariat: P. Usinger
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) S. Robien

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. M. Ajgaonkar	19.05.2003-28.04.2004	Industrie
Dipl.-Ing. M. Bohn	01.05.2000-30.04.2004	Industrie
M.Sc. P. Faraj	01.07.2002-30.06.2004	BMBF

Dipl.-Ing. C. Hebebrand	01.11.2003-30.09.2004		Industrie
Dipl.-Ing. J. Leibrich	01.11.1998-30.06.2004		Landesmittel
Dipl.-Ing. S. Schöllmann	01.12.2003-30.11.2005		Landesmittel
Dipl.-Ing. M. Serbay	01.08.2003-31.07.2005		Landesmittel
M.Sc. A. Szkotnicki	01.05.2002-30.06.2004	(50%)	DFG
Dipl.-Ing. M. Wichers	15.07.1997-31.03.2003		Landesmittel
Dipl.-Ing. C. Wree	01.03.2000-31.03.2004		Landesmittel
Dipl.-Ing. T. Wuth	01.01.1998-31.03.2003		Landesmittel
M.Sc. C. Xia	01.09.2002-30.06.2004	(50%)	DFG

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Seminar Ausgewählte Kapitel der Nachrichtentechnik, 3 Std. Seminar/Woche,
W. Rosenkranz

Digital Communications, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ J. Leibrich)

Nachrichtenübertragung II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ M. Wichers)

Optical Communications, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ C. Wree)

Optische Kommunikationstechnik, 72 Std. Exkursion/Woche,
W. Rosenkranz

Optische Kommunikationstechnik I (Grundlagen und Komponenten), 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ C. Wree)

Praktikum Nachrichten- und Informationstechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,
W. Rosenkranz

Seminar über Studien- und Diplomarbeiten der Nachrichtentechnik, 2 Std. Seminar/Woche,
W. Rosenkranz

Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten für Studierende der Elektrotechnik u. Informationstechnik, 2 Std. Seminar/Woche,
W. Rosenkranz

Sommer 2003

Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten für Studierende der Elektrotechnik und Informatonstechnik, 2 Std. Seminar/Woche,

W. Rosenkranz

Nachrichtenübertragung I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ J. Leibrich)

Optische Kommunikationstechnik II (Systeme und Netze) (OKT II), 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ C. Wree)

Praktikum Nachrichten- und Informationstechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,
W. Rosenkranz

Seminar über Studien- und Diplomarbeiten der Nachrichtentechnik, 2 Std. Seminar/Woche,
W. Rosenkranz

Signale und Systeme, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ R. Thobaben)

Topics in Digital and Optical Communications, 3 Std. Seminar/Woche,
W. Rosenkranz

Advanced Communications Networks, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ C. Wree)

Winter 2003/2004

Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten für Studierende der Elektrotechnik und Informationstechnik, 2 Std. Seminar/Woche,
W. Rosenkranz

Digital Communications, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ J. Leibrich, S. Schöllmann)

Nachrichtenübertragung II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ M. Serbay)

Optische Kommunikationstechnik, 72 Std. Exkursion/Woche,
W. Rosenkranz

Optische Kommuniktionstechnik I (Grundlagen und Komponenten), 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Rosenkranz (+ C. Wree)

Communcations Lab, 4 Std. Praktikum/Woche,
W. Rosenkranz (+ P. Faraj)

Praktikum Nachrichten- und Informationstechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,
W. Rosenkranz

Seminar über ausgewählte Kapitel der Nachrichtentechnik, 3 Std. Seminar/Woche,
W. Rosenkranz

Seminar über Studien- und Diplomarbeiten der Nachrichtentechnik, 2 Std. Seminar/Woche,

W. Rosenkranz

Drittmittel

DFG, *Untersuchungen zu Interferenzerscheinungen und Bandbreiteneffizienz in optischen Übertragungssystemen mit Vielkanal-Wellenlängenmultiplex,* 01.07.2002-30.06.2004 (129,9 kEUR)

BMBF, *Optimale Kanalcodierungs- und Modulationsverfahren für die hochtolerante Übertragungstechnologie für transparente optische Netze,* 01.09.2002-28.02.2005 (162,5 kEUR)

Industrie, *Effektive Modulationstechniken für hochkapazitive optische Nachrichtensysteme,* 01.05.2003-30.09.2004 (520,0 kEUR)

Diplom- und Master-Arbeiten

S. Schöllmann, *Hochbitratige optische WDM-Übertragung mit neuartigen Modulationsformaten unter dem Einfluss des Raman-Effektes,* 22.10.2003

M. Serbay, *Untersuchungen der optischen differentiellen vierstufigen Phasenumtastung in WDM-Umgebung,* 05.05.2003

N. Uhlig, *Auswirkung der Vierwellenmischung auf differentiell phasenmodulierte Signale bei hochbitratiger Glasfaserübertragung,* 02.12.2003

Y. Zadoya, *Optimum dispersion compensation scheme for phase-shift keyed signals in long-haul fiber-optic transmission links,* 04.11.2003

Dissertationen

W. Kaiser, *Impact of advanced modulation formats on the system performance of high-speed optical transmission systems,* 07.07.2003

S. Otte, *Nachrichtentheoretische Modellierung und elektronische Entzerrung hochbitratiger optischer Übertragungssysteme,* 03.02.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

W. Rosenkranz, J. Leibrich, *Modeling and Performance Evaluation of Improved Data Formats for Optical Communications,* (2003)

J. Leibrich, A. Dochhan, C. Wree, *Implementierung und Anwendung optimierter Blockverarbeitungsalgorithmen zur BER-Schätzung per Monte-Carlo-Simulation bei niedrigen Fehlerraten,* (2003)

W. Rosenkranz, J. Leibrich, M. Serbay, C. Wree, T. Wuth, M. Wichers, *Innovative Modulation Schemes for Future Optical WDM-Transmission,* (2003)

C. Wree, M. Serbay, W. Rosenkranz, *Vergleich und Optimierung von Duobinärmodulation und vierstufiger Phasenmodulation im WDM-Übertragungsexperiment,* (2003)

C. Wree, M. Serbay, W. Rosenkranz, *Towards 1.6b/s/Hz spectral efficiency by strong*

optical filtering of RZ-DQPSK, (2003)

M. Bohn, F. Horst, B.J. Offerein, G.L. Bona, W. Rosenkranz, P. Krummrich, *Simultaneous adaptive equalization of group velocity and polarization mode dispersion at 40Gb/s with integrated optical FIR-filters and electrical spectrum monitoring,* (2003)

C. Wree, N. Hecker-Denschlag, E. Gottwald, P. Krummrich, *High spectral efficiency 1.6b/s/Hz transmission (8x40Gb/s with a 25GHz grid) over 200km SSMF using RZ-DQPSK and polarization multiplexing,* (2003)

P. Faraj, J. Leibrich, W. Rosenkranz, *Coding Gain of Basic FEC Blcok-Codes in the Presence of ASE-Noise,* (2003)

C. Wree, J. Leibrich, W. Rosenkranz, *Differentielle vierstufige Phasenumtastung zur kostengünstigen Verdopplung der Kapazität in bestehenden WDM-Systemen,* (2003)

J. Leibrich, W. Rosenkranz, *Efficient Numerical Simulation of Multi-Channel WDM Transmission Systems Limited by XPM,* (2003)

C. Wree, J. Leibrich, D. Mohr, J. Eick, W. Rosenkranz, *Experimental Investigation of Receiver Sensitivity of RZ-DQPSK Modulation Format Using Balanced Detection,* (2003)

J. Leibrich, *Effiziente und ergebnissichers Untersuchung praktisch relevanter WDM-Übertragungssysteme durch geeignete Kombination von Engineering Rules mit verbesserten numerischen Verfahren,* (2003)

Patent-Anmeldungen

M. Bohn, *Erkennung u. Identif. von Signalverz. durch Analyse von Regelparam. opt. u. elektr. Signalentzerrer,* Siemens, 03.06.2003, 2003E08315 DE

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Auszeichnungen:

Marc Bohn: IEEE Laser and Electro-Optics Society, Venice Summer School on Polarization Mode Dispersion AWARDS for: „Simultaneous adaptive equalizaion of group velocity and polarization mode dispersion at 40Gb/s with integrated optical FIR-filters and electrical spectrum monitoring“ presented at ECOC-IOOC 2003 by Marc Bohn Supported by: IEEE Laser and Electro-Optics Society, AEI Photonics.

Murat Serbay: Professor Dr. Werner Petersen-Stiftung, „Prof. Dr. Werner Petersen-Preis der Technik 2003“ für seine Diplomarbeit: „Untersuchungen der optischen differentiellen vierstufigen Phasenumtastung in WDM-Umgebung“ an der Technischen Fakultät der CAU zu Kiel.

Mitgliedschaften: W. Rosenkranz: Mitglied im Fachausschuss 5.1 der ITG im VDE: „Informations und Systemtheorie“ W. Rosenkranz: Mitarbeiter im Normungsausschuss 412.2 „Komponenten für Kommunikationskabelanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE W. Rosenkranz: Mitglied im Programmkommitee: „4th International ITG Conference on Source and Channel Coding

(SCC)“ W. Rosenkranz: Mitglied im Programmkommitee: „International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)“ W. Rosenkranz: Mitglied im Programmkommitee: „Asia-Pacific Conference on Optical and Wireless Communications (APOC)“

Lehrstuhl für Netzwerk- und Systemtheorie

Der Lehrstuhl besteht seit Oktober 1993. Zu Beginn des Jahres 2003 waren neben dem Leiter und einer Sekretärin (auch zuständig für die Arbeitsgruppe „Informations- und Codierungstheorie“ (AG-ICT) von Prof. Höher) fünf wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt, davon drei auf Landesstellen. Hinzu kamen drei Gastwissenschaftler, die insgesamt ca. 2.5 Monate mit uns arbeiteten. Die ebenfalls mit der AG-ICT gemeinsame Technikerstelle konnte nach langer Wartezeit endlich wieder dauerhaft besetzt werden. Tatkräftige Hilfe kam darüber hinaus stärker als früher von wissenschaftlichen Hilfskräften - eine Folge der gestiegenen Studentenzahlen, insbesondere im Programm „Master of Science“ im Fach „Digital Communications“ .

Zwei Doktoranden reichten im Jahre 2003 ihre Dissertationen ein, drei Promotionen wurden absolviert: Ein Mitarbeiter, der schon 2002 seine Arbeit fertiggestellt hatte, ein externer Kandidat und einer der langjährigen Mitarbeiter waren erfolgreich. Der letztgenannte verließ den LNS und arbeitete drei Monate lang als „Post-Doc“ im Auftrag der mit uns eng kooperierenden Forschungsanstalt für Wasserschall und Geophysik (FWG) im SACLANT-Centre in La Spezia. Seine dauerhafte Beschäftigung findet er in der Industrie in Hamburg.

Erwähnenswert ist das erste Forschungs-Semester, das der Leiter im SS 2003 antreten durfte - das erste seiner 10 Jahre in Kiel, das erste eines Kollegen auf dem Ostufer seit Start der Fakultät. Die Mehrarbeit der LNS-Mitarbeiter machte es ihm möglich, ein Buchkapitel zu schreiben, ein Zeitschriften - Sonderheft herauszugeben, zwei Journal-Papers fertig zu stellen, zwei Forschungsthemen neu aufzugreifen und, last but not least, zu eingeladenen Vorträgen und Fachgesprächen nach Trondheim, Vaasa und Tampere zu reisen.

Ergebnisse

Erneut konnten zahlreiche Erkenntnisse der LNS-Arbeit für Publikationen aufbereitet werden. Das geschah - insbesondere aufgrund des erwähnten Freisemesters - durch Prof. Heute selbst auf den Gebieten

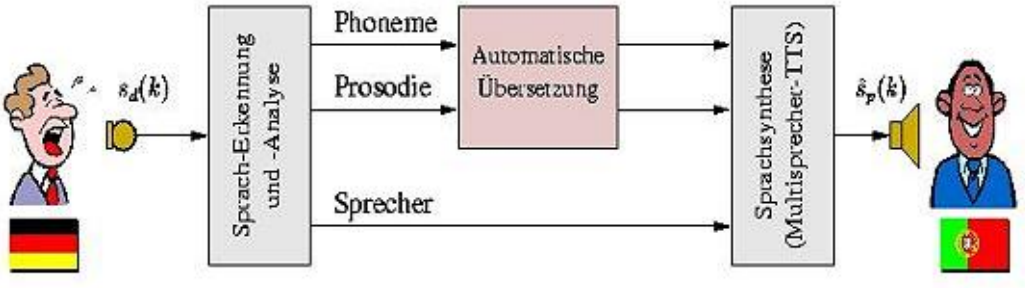


Abb. 1: Übersetzungssystem mit Sprecherumwandlung in der Synthese

*** Sprachkodierung** : Der Stand der Technik bei der Kodierung von Telefonsprache mit mittleren bis niedrigen Raten (16...4...kbit/sec) wurde im Rahmen eines Kapitels in einem Buch wiedergegeben, das von der „European Acoustical Association“ (EAA) im Springer-Verlag herausgegeben wird. Mit der Codierung eng verbunden ist das Thema „Sprecher-Umwandlung“ (s. Abb. 1), das mit einer Dissertation zwar einen vorläufigen Abschluss fand, aber in einer neuen Kooperation in 2004 wieder aufgegriffen werden soll.

*** Sprachverbesserung** : In einem Journalartikel (in SIGNAL PROCESSING, ELSEVIER) präsentiert wurden eine Reihe verbesserter Varianten von Geräuschreduktionstechniken für Sprachsignale (s. Abb. 2). Hieran wird ab 2004 ein neues Forschungsprojekt zur Verbesserung von Breitbandsprache anknüpfen, für das Stipendienmittel eingeworben wurden.

*** Teilband-Signalverarbeitung** : Anlässlich eines Forschungsaufenthaltes von Prof. Hossen (SQU Oman) Mitte 2003 wurden neue Untersuchungen eingeleitet und zwei Publikationen vorbereitet. Zwei gemeinsame Zeitschriftenartikel sind (bei SIGNAL PROCESSING und AEÜ) erschienen.

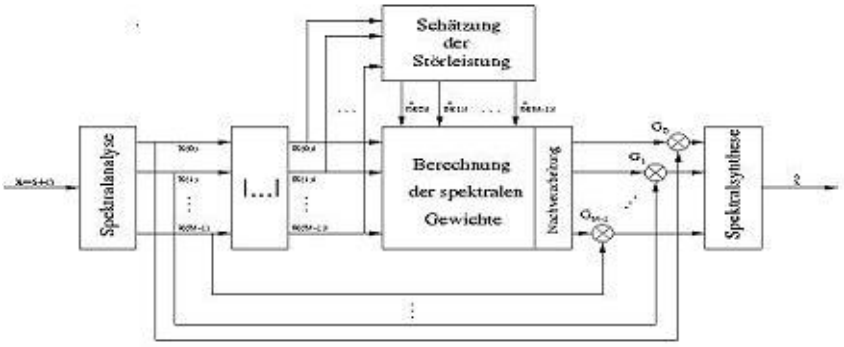


Abb. 2: Typisches Geräusch-Reduktionssystem

Dr. Kliewer hat, oft zusammen mit Herrn Thobaben, z.T. auch „gruppenübergreifend“ mit Herrn Land vom Bereich ICT, weiter an Ideen zur gemeinsamen Quellen- und Kanalcodierung gearbeitet:

*** Gemeinsame Quellen- und Kanalkodierung** : Das Thema „Fehlerschutz für (Bild-) Daten mit variablen Kodewortlängen“ wurde weiterverfolgt. Publiziert wurden Zeitschriftenartikel (bei IEEE und IEE) und drei Beiträge zu internationalen (IEEE-) Konferenzen.

Darüberhinaus gelang es Herrn Kliewer, zur Bearbeitung hiermit zusammenhängender, vertiefter Probleme einen Forschungs- „Award“ der Universität Southampton (in Form eines zehnmonatigen Arbeitsaufenthaltes) sowie einen zweijährigen Forschungsaufenthalt in USA (DFG) zu gewinnen.

Weierhin wurde an Fragen der Realisierung digitaler Systeme gearbeitet:

*** Filterbanksysteme** : Auf dem „klassischen“ LNS-Gebiet „Frequenzanalyse und Frequenzsynthese“ mit digitalen Transformationen und darauf aufbauenden (Polyphasen-) Filterbänken wurden Fragen der Koeffizienten-Quantisierung untersucht. Hieran arbeitete Herr Rusc mit einem DFG-Stipendium im Rahmen des Graduiertenkollegs „Effiziente Algorithmen und Mehrskalensysteme“ (GEAM; dazu Industriemittel); er trug darüber im Rahmen der GEAM-Klausurtagung und des GEAM-Kolloquiums vor.

*** Filterrealisierung** : Ein Industrieprojekt betraf die Auswirkungen der Koeffizientenquantisierung auf extrem schmalbandige Filter. Hierüber wurde auf einem GEAM-Workshop vorgetragen.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. U. Heute; Sekretariat: A. Kruse (50%)
Technisches Personal: Dipl.-Ing. T. Rabsch (50%)

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. N. Arendt Schule u. Wissenschaft	01.07.-31.12.2003		EU
M.Sc. D. Janardhanan Sprachverbesserung	15.03.2004-14.03.2006	(50%)	Grad.-F.
Dr.-Ing. J. Kliewer DSV f. Kommunikationstechnik	06.12.1993-05.12.2005		CAU
Dr.-Ing. L. Leutelt Sprachcodierung	01.06.1998-31.05.2003		CAU
Dipl.-Ing. T. Rusc Effiz. Algorithmen	01.11.2001-31.10.2004	(50%)	DFG
Dipl.-Ing. K. Scholz Sprachqualitäts-Messung	01.06.2002-31.05.2007		EU / CAU
Dipl.-Ing. R. Thobaben Quellen- u. Kanalcodierung	01.10.2001-30.09.2006		CAU
Dipl.-Phys. S. Wörmke Schule u. Wissenschaft	01.11.2003-31.03.2004		EU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Systemtheorie, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
U. Heute (+ R. Thobaben)

Advanced Signals & Systems, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,

U. Heute (+ L. Leutelt)

Applied DSP II : Speech-Signal Processing, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
U. Heute (+ U. Heute)

Advanced Digital Signal Processing, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
J. Kliewer (+ T. Ludwig)

Ausgewählte Kapitel der Systemtheorie, 2 Std. Seminar/Woche,
U. Heute

Communications Lab', 4 Std. Praktikum/Woche,
U. Heute (+ T. Rusc, K. Scholz)

Advanced Topics Lab', 4 Std. Praktikum/Woche,
U. Heute (+ K. Scholz)

Sommer 2003

Digitale Signalverarbeitung I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
J. Kliewer (+ K. Scholz)

Wavelets, Filterbänke & ihre Anwendungen, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
J. Kliewer (+ J. Kliewer)

Ausgewählte Kapitel der Systemtheorie, 2 Std. Seminar/Woche,
U. Heute

Systemtheorie, 4 Std. Praktikum/Woche,
U. Heute (+ T. Rusc)

Winter 2003/2004

Systemtheorie, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
U. Heute (+ R. Thobaben)

Advanced Signals and Systems, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
U. Heute (+ L. Leutelt)

Applied DSP II: Speech-Signal Processing, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
U. Heute (+ U. Heute)

Advanced Digital Signal Processing, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
J. Kliewer (+ J. Kliewer)

Ausgewählte Kapitel der Systemtheorie, 2 Std. Seminar/Woche,
U. Heute

Communications Lab I, 4 Std. Praktikum/Woche,
U. Heute (+ T. Rusc)

Advanced Topics Lab', 4 Std. Praktikum/Woche,
U. Heute (+ K. Scholz, R. Thobaben)

Drittmittel

EFRE (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung, *Technik-Verständnis und Technik-Wissen – Transfer zu Jugend und Lehrerschaft,* 01.01.-31.12.2003 (99.800,- EUR)

Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, *Neue Konzepte für die Passiv-Sonar Signalverarbeitung,* 01.01.-31.12.2003 (100.091,76 EUR)

EADS Deutschland GmbH, *Aufwandsoptimierte digitale Schmalfilter,* 30.01.-31.12.2003 (2.500,- EUR)

Ulrich Heute, *Spende,* 16.07.2003 (3.700,- EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Weiterhin intensiv zusammengearbeitet wurde mit der Forschungsanstalt für Wasserschall und Geophysik (FWG) im Rahmen eines Forschungsprojektes, aus dem ein Mitarbeiter finanziert wird. Verstärkt wurde die Kooperation mit dem Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der CAU: Das LNS-Projekt „Schule und Wissenschaft“ (mit Drittmitteln u.a. für einen wissenschaftichen Mitarbeiter) wurde eng verbunden mit dem IPN-Projekt „PRONAT“ , das sich mit „außerschulischen Lernorten“ befaßt.

Diplom- und Master-Arbeiten

Nils Arendt, *Anwendung der kombinierten Quellen- u. Kanaldecodierung zur robusten Übertragung von entropiecodiereten DCT-Blöcken,* 24.06.2003

Deepa Janardhanan, *Robust Decoding of Noisy Compressed Image Data Using a Markov Random Field Source Model,* 18.11.2003

Dissertationen

T. Ludwig, *Messung von Signaleigenschaften zur referenzfreien Qualitätsbewertung von Telefonbandsprache,* 14.02.2003

W. Koch, *Optimierungen für einen universellen Spracherkenner mit robusten, effizienten Algorithmen,* 30.10.2003

L. Leutelt, *Stimmcharakteristika und deren Transformation auf der Grundlage parametrischer Codierung,* 18.12.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

T. Gülzow, U. Heute, *Spectral-Subtraction Speech Enhancement in Multirate Systems with and without Non-uniform and Adaptive Bandwidths,* Signal Processing, **83**, 1613 - 1631 (2003)

A. Hossen, U. Heute, G. Seraji, *Arithmetic Errors in the Sub-Band FFT,* Signal Processing, **83**, 413 - 429 (2003)

A. Hossen, U. Heute, *Different Approximate Cepstra Using Subband-Transforms: Theory and Applications,* AEÜ, **57**, 247 - 254 (2003)

N. Görtz, J. Kliewer, *Memory-Efficient Adaptation of Vector Quantizers to Time-Varying Channels,* Signal Processing, **83**, 1519 - 1528 (2003)

J. Kliewer, R. Thobaben, *Parallel Concatenated Joint Source-Channel Coding,* IEE Electronics Letters, **29**, 1664 - 1666 (2003)

R. Thobaben, J. Kliewer, *Robust Decoding of Variable-Length Encoded Markov Sources Using a 3-Dimensional Trellis,* IEEE Communications Letters, **7**, 320 - 322 (2003)

T. Ludwig, K. Scholz, *Speech-Quality Evaluation in Telephone Networks,* Proceed. DAGA'03 / Aachen, (2003)

J. Kliewer, T. Karp, *Clipping-Error Resilience for Peak-Power Constrained DMT Transmission via Implicit Frequency-Domain Redundancy,* Proceed. ISSPA'03 / Paris, (2003)

R. Thobaben, J. Kliewer, *On Iterative Source-Channel Decoding for Variable-Length Encoded Markov Sources Using a Bit-Level Trellis,* Proceed. IEEE SPAWC'03 / Rom, (2003)

J. Kliewer, R. Thobaben, *A-Posteriori Probability Decoding for Variable-Length Encoded Markov Sources Using a Bit-Level Trellis,* Proceed. IEEE Globecom'03 / San Francisco, (2003)

T. Ludwig, *Messung von Signaleigenschaften zur referenzfreien Qualitätsbewertung von Telefonbandsprache,* Arb. Dig. Sig. Verarb. / Shaker, Aachen, **23**, (2003)

W. Koch, *Optimierungen für einen universellen Spracherkenner mit robusten, effizienten Algorithmen,* Arb. Dig. Sig.-Verarb. / Shaker, Aachen, **24**, (2003)

L. Leutelt, *Stimmcharakteristika und deren Transformation auf der Grundlage parametrischer Codierung,* Arb. Dig. Sig.-Verarb. / Shaker, Aachen, **25**, (2003)

Präsentationen

U. Heute, *Speech and Audio Coding – a Brief Overview,* Colloq. El. Engineering, Trondheim, Norwegen, 02.-04.07.2003

U. Heute, *Reduction of Noise and Distortions,* Colloq. El. Engineering, Vaasa, Finnland, 07.-08.07.2003

U. Heute, *Narrow-Band FIR Filter Design with Fixed-Point Coefficients,* Seminar Inst. Dig. Sig. Process., Tampere, Finnland, 10.-12.07.2003

U. Heute, *Unser täglich' Telefon - was bringt UMTS?,* Univ.-Gesellschaft SH, Elmshorn, D / SH, 28.10.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Mitgliedschaft U. Heute in folgenden Gremien:

* Wiss. Beirat der Technologiestiftung Schleswig-Holstein

* Wiss. Beirat des Zentrums für angewandte Meeresforschung (ZAM) der CAU

* Stiftungsrat des Forschungsinstituts für Marine Geowissenschaften (GEOMAR)

* Redaktion der Universitätszeitschrift „Christiana Albertina“ der CAU

* Ausschuß für gute wissenschaftliche Praxis der CAU

* Advisory Committee der European Association for Signal, Speech, and Image Processing (EURASIP), Ernennung zum Leiter

* Editorial Board „SIGNAL PROCESSING“

* Editorial Board „Journal of Applied Signal Processing“

Einladung J. Kliewer zu einem Forschungsaufenthalt (1 Monat) bei Microsoft Research, Seattle, USA

Arbeitsgruppe Numerische Feldberechnung

Die Arbeiten in der Arbeitsgruppe umfassen die numerische Berechnung elektromagnetischer Felder und ihre Anwendung auf technisch relevante Problemstellungen.

Im Bereich der Forschung geht es dabei um die Entwicklung und Verbesserung von numerischen Verfahren zur Feldberechnung (Finite Differenzen, Finite Elemente, Integralgleichungsverfahren). Schwerpunktmäßig werden Hybridverfahren betrachtet, die aus geeigneten Kombinationen verschiedener numerischer sowie ggf. analytischer Verfahren (mit zueinander komplementären Eigenschaften) entstehen. Anwendung finden die numerischen Verfahren bei Simulationen elektromagnetischer Felder in vielen Gebieten der Elektrotechnik (z.B. für Hochfrequenzbauelemente und Antennenkonfigurationen, für Systeme der biomedizinischen Technik, bei Untersuchungen zur Elektromagnetischen Verträglichkeit). Daneben werden Arbeiten durchgeführt zur Lösung von sogenannten kanonischen Problemen, insbesondere zur Beugung und Streuung am elliptischen Kegel und an dessen Entartung zum Sektor. Die mit der Multipolanalyse in elliptischen Kegelkoordinaten gewonnenen Felddarstellungen werden benötigt zur Vervollständigung asymptotischer Verfahren wie der Geometrischen bzw. der Uniformen Beugungstheorie.

In der Lehre werden die Grundlagen der wichtigsten numerischen Methoden zur Feldberechnung vermittelt. In direktem inhaltlichen Zusammenhang damit werden zusätzlich Lehrveranstaltungen über 'Mathematische Methoden in der Feldtheorie' sowie über 'Elektromagnetische Verträglichkeit' angeboten.

Ergebnisse

Kanonische GTEM-Zelle

Das Projekt wurde von der DFG im Normalverfahren gefördert (Kl815-4/1&2) und konnte in 2003 mit der Abgabe des Abschlussberichts sowie zweier Dissertationen erfolgreich abgeschlossen werden. Eine GTEM-Zelle kann im Prinzip als konisch aufgeweiteter koaxialer Wellenleiter aufgefasst werden. Der Innenleiter besteht allerdings aus einem Sektor und der Außenleiter besitzt einen rechteckförmigen Querschnitt. In dem (leeren) Zwischenraum zwischen Innen- und Außenleiter existiert ein elektromagnetisches Feld, dessen Struktur dem Feld im freien Raum ähnlich ist. Eine GTEM-Zelle wird daher als Ersatz für Freiraum-Emissionsmesseinrichtungen (bzw. Absorberhallen) verwendet. Wird der Zwischenraum jedoch mit einem Testobjekt teilweise gefüllt, ist eine Wechselwirkung zwischen dem Testobjekt und der Zelle vorhanden; diese Wechselwirkung wäre im freien Rauem nicht vorhanden. Ziel des Forschungsvorhabens war eine qualitative Untersuchung dieser Wechselwirkung. Dazu wurde ein zweidimensionales Modell der GTEM-Zelle mittels eines neuartigen hybriden Verfahren (Kombination der Integralgleichungsmethode mit Modalentwicklungen) untersucht. Die Ergebnisse des Vorhabens können u.a. herangezogen werden, um zu einer feldtheoretisch basierten und messtechnisch umsetzbaren Definition der Feldqualität von GTEM-Zellen zu kommen.

Effiziente Nahfeld-Fernfeld-Transformation

Die Multipolanalyse ist eine klassische Technik zur analytischen Darstellung elektromagnetischer (und akustischer) Felder in Form von Reihenentwicklungen. Es handelt sich dabei um die lineare Zerlegung eines allgemeinen Feldes in die kanonischen Felder von Dipolen, Quadrupolen, Oktopolen, usw., die alle im Ursprung der Multipolentwicklung, d.h. im Koordinatenursprung lokalisiert sind. Sie wurde erfolgreich eingesetzt zur exakten Lösung einiger klassischer Randwertprobleme im Frequenzbereich. Im Zusammenhang mit Problemstellungen mit sphärischer Symmetrie ist neben der Beugung an der Kugel (Mie'sche Lösung) unter anderem die Streuung am ideal leitenden Kegel zu nennen. In der Numerik der Maxwellschen Gleichungen hat die Schnelle Multipolmethode Bedeutung erlangt bei der schnellen Lösung von dicht besetzten Gleichungssystemen, die aus der Diskretisierung von Feldintegralgleichung stammen

Die ausgezeichneten mathematischen Eigenschaften der Multipolanalyse werden im Forschungsprojekt für Zwecke der Darstellung und Weiterverarbeitung von numerisch bestimmten Feldern gewinnbringend eingesetzt. Bei einer Nahfeld-Fernfeld Transformation im Zeitbereich im Rahmen der FDTD- (*Finite-Difference Time-Domain*) Methode werden üblicherweise zunächst unter Anwendung des Äquivalenzprinzips die Quellen durch Ersatzströme, welche auf einer geschlossenen, die tatsächlichen Quellen vollständig umschließenden Oberfläche lokalisiert sind, ersetzt. Nachteilig bei der üblichen Methode ist, dass eine numerische Integration über alle Punkte der Oberfläche mit den Ersatzquellen prinzipiell für jeden neuen Aufpunkt neu durchzuführen ist. Mit dem neuen Ansatz wird dieser Nachteil vermieden, wie zunächst für den Frequenzbereich und später für den Zeitbereich gezeigt wurde. Daneben ermöglicht die Multipolentwicklung des Fernfeldes eine nachträgliche Verbesserung der numerisch erzielten Resultate durch Anwendung einer Raumfrequenz-Tiefpassfilterung. Diese vielversprechende Multipolschnittstelle für numerische Feldberechnungsverfahren ist weiter untersucht und ausgebaut worden. In 2003 konnte für das Projekt eine DFG-Sachbeihilfe (Normalverfahren) eingeworben werden.

Mehrgitterverfahren für den Helmholtzoperator bei niedrigen Wellenzahlen

Seit Dezember 2001 wird innerhalb des DFG-Graduiertenkollegs 357 'Effiziente Algorithmen und Mehrskalenmethoden' ein Forschungsvorhaben durchgeführt, bei dem das strukturierte, teils dicht, teils dünn besetzte Gleichungssystem, welches bei einer hybriden Finite-Elemente und Randelementeformulierung entsteht, unter Verwendung eines dafür geeigneten Mehrgitterverfahrens effizient gelöst werden soll. Zur Anwendung kommen soll der Algorithmus bei der Untersuchung der niederfrequenten elektromagnetischen Beeinflussung von biologischem Gewebe. Bei niedrigen Frequenzen mit relativ kleinen Wellenzahlen ($k < 1$) lassen sich die bei der numerischen Lösung der Helmholtzgleichung mit Mehrgitterverfahren bekannten Konvergenzschwierigkeiten auch bei Verwendung linearer Glättungsmethoden durch den Einsatz spezieller Algorithmen (*nested iteration*) überwinden. Das Forschungsprojekt wird im Rahmen des Graduiertenkollegs in enger Abstimmung zwischen den Ingenieurwissenschaften und der Mathematik (Prof. Hackbusch) durchgeführt.

Mehrgitterverfahren zur iterativen Finite-Differenzen Lösung der Maxwellschen Gleichungen

Die FDTD (*Finite-Difference Time-Domain*) Methode ist aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften ein derzeit sehr populäres Verfahren zur Berechnung von elektromagnetischen Feldern im Zeitbereich. Nachteilig - etwa im Vergleich zu Finite-Elemente-Approximationen - ist jedoch das relative starre Diskretisierungsgitter, das im Allgemeinen eine sehr hohe Anzahl von Unbekannten zur Folge hat. Im Rahmen dieses Projektes, das eine Gastwissenschaftlerin im Rahmen eines Stipendiums der chinesischen Regierung bearbeit, wird die Gitterweite der FDTD-Diskretisierung sukzessive verfeinert, so dass auf dem nächst feineren Gitter mit einem jeweils optimalen Startwert begonnen werden kann. Die Effizienz der Methode zeigt sich insbesondere bei der Analyse von resonanten Strukturen, bei denen mit der Standardmethode eine sehr lange Rechenzeit (sehr viele Zeitschritte) in Kauf genommen werden muss.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. L. Klinkenbusch; Sekretariat: S. Thielbörger
Technisches Personal: Dipl.-Ing. J. Buschmann

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

M. Sc. S. Gheorghe	01.-01.01.2003	DFG
Mehrgitterverfahren für den Helmholtzoperator		
Dipl.-Ing. C. Möller	01.-01.01.2003	CAU
Multipolanalyse inverser Probleme		
Dipl.-Ing. C.-C. Oetting	01.-01.01.2003	CAU
Nahfeld-Fernfeld-Transformation		
B. Sc. X. Wu	01.-01.01.2003	Chin. Regierung
Mehrgitterverfahren für FDTD		
Dipl.-Ing. M. Zellerhoff	01.-01.01.2003	CAU
GTEM-Zelle		

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Grundgebiete der Elektrotechnik I, 3 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
L. Klinkenbusch (+ C.-C. Oetting, A. Gülck, A. Dochhan)

Numerische Feldberechnung, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
L. Klinkenbusch (+ C.-C. Oetting)

Sommer 2003

Grundgebiete der Elektrotechnik II, 3 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
L. Klinkenbusch (+ C.-C. Oetting, E. Hamidovic, A. Dochhan)

Elektromagnetische Verträglichkeit, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
L. Klinkenbusch (+ S. Gheorghe)

Intensivübung Grundgebiete der Elektrotechnik, 1 Std. Blockkurs/Woche,
L. Klinkenbusch (+ E. Hamidovic, C.-C. Oetting, A. Dochhan)

Winter 2003/2004

Theoretische Elektrotechnik I, 3 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
L. Klinkenbusch (+ C. Möller)

Seminar Feldtheorie, 1 Std. Seminar/Woche,
L. Klinkenbusch

Drittmittel

DFG, *Mehrgitterverfahren für den Helmholtzoperator,* 01.-01.01.2003 (0 EUR)
Chin. Regierung, *Mehrgitterverfahren bei FDTD,* 01.-01.01.2003 (0 EUR)
DFG, *Multipolschnittstelle,* 01.-01.01.2003 (0 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

1) Philips Research, Eindhoven (Niederlande)

Prof. Dr. P. Urbach

Thema: Numerische Untersuchung der elektromagnetischen Eigenschaften von DVD-Oberflächen.

2) Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Universität Wuppertal

Prof. Dr.-Ing. H. Chaloupka

Thema: Multipolantennen (Untersuchungen zu elektrisch kleinen Mehrtorantennen).

3) McGill-University, Montreal (Kanada)

Prof. Dr. M. Popovic

Thema: Elektromagnetische Felder in biologischem Gewebe.

4) Politechnika Szczecinska, Stettin (Polen)

Prof. Dr. R. Sikora

Thema: Zerstörungsfreie Prüfung.

Dissertationen

J. Hannemann, *Hybrid Field Analysis of the Canonical GTEM-Cell - An Object-Oriented Approach.,* 18.12.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

M. Zellerhoff, L. Klinkenbusch, *Numerical analysis of the interaction between a GTEM-cell and a device-under-test using a hybrid method,* Advances in Radio Science, 49 - 51 (2003)

L. Klinkenbusch, *Applications of multipole techniques in EMC-analysis. (invited),* Festschrift, ed. Politechnika Szczecinska, Problemy Elektrotechniki Teoretycznej I Stosowanej, zecinska), Szczecin (Poland), 129 - 134 (2003)

L. Klinkenbusch, *Multipole Analysis in Electromagnetics - Theory and Practice. (invited),* Przeglad Elektrotechniczny, **10**, 649 - 657 (2003)

Präsentationen

L. Klinkenbusch, *Multipole Analysis in Electromagnetics - Theory and Practice (eingeladener Übersichtsvortrag),* International Symposium on Theoretical Electrical Engineering, Warschau, Polen, 06.-09.07.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Mitarbeit (Wissenschaftliche Beratung) im DIN-Ausschuss NPS (Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung), DIN 32780-100: Schutz gegen hochfrequente elektromagnetische Felder im Frequenzbereich 80 MHz - 1 GHz: Anforderung und Prüfung.

Professur für Diskrete Optimierung

Die Diskrete oder Kombinatorische Optimierung ist ein Teilgebiet der mathematischen Optimierung. Ihr Anliegen ist die effiziente Lösung diskreter, endlicher Optimierungsprobleme.

Methoden und Resultate der modernen diskreten Optimierung berühren verschiedene Gebiete der Mathematik und Informatik wie z. B. Kombinatorik, Graphentheorie, Stochastik und Komplexitätstheorie.

Ein zentrales Thema der diskreten Optimierung ist der Entwurf effizienter Algorithmen für NP-harte, diskrete Optimierungsprobleme unter suboptimalen Paradigmen wie Randomisierung und Approximation.

Die Arbeitsbereiche in Kiel sind die Theorie der approximativen, randomisierten und derandomisierten Algorithmen, Algorithmen für Multicast-Netzwerke, die kombinatorische und analytische Diskrepanztheorie und Aspekte der kombinatorischen Spieltheorie.

Ergebnisse

Die Forschungsarbeiten konzentrierten sich auf den Entwurf von Algorithmen in der Kombinatorischen Optimierung und ihre Anwendung u.a. in der Numerik, Elektrotechnik und Medizin. Die Themen sind:

a) Färbung von Hypergraphen und kombinatorische Diskrepanztheorie
b) Geometrische Diskrepanztheorie
c) Routingalgorithmen für Multicastnetzwerke und Netzwerkdesign
d) Schedulingalgorithmen und mehrdimensionale Packungsprobleme
e) Multikriterielle Optimierung

Zur Zeit werden vier Dissertationen und vier Postdoc-Projekte bearbeitet.

Personal

Leiter: Prof. Dr. A. Srivastav; Sekretariat: G. Thiel

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. N. Ahuja	01.09.1999-31.03.2004	DFG/CAU
Efficient Derandomization and Parallelization		
Dr. A. Baltz	01.01.2001-31.08.2005	DFG
Entwurf effizienter Architekturen und Algorithmen für Multicast-ATM-Netzwerke		
Dr. B. Doerr	01.04.2001-31.12.2005	CAU
Kombinatorische Diskrepanztheorie		

Dr. M. Gnewuch	01.10.2002-31.03.2005		CAU/DFG
Diskrepanztheorie und Fourier-Analysis			
Dipl.-Math. R. Hakenjos	01.10.2003-31.03.2005	(50%)	DFG
Geometrische Diskrepanztheorie und hochdimensionale Integration			
Dipl.-Math. N. Hebbinghaus	01.05.2002-31.03.2005	(50%)	DFG
Diskrepanzen und lineare Codes			
Dr. G. Jäger	01.10.2002-31.03.2003		DFG
Partitionsprobleme in Netzwerken			
Dipl.-Math. L. Kliemann	01.05.2003-31.12.2004		Stipendium
Routing in Netzwerken			
Dipl.-Math S. Werth	01.05.2002-31.03.2005	(50%)	DFG
Multikriterielle Optimierung			

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Harmonische Analysis in der Diskreten Mathematik, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
A. Srivastav

Kombinatorische Optimierung I, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
A. Srivastav (+ M. Gnewuch, N. Hebbinghaus)

Spieltheorie, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
B. Doerr (+ S. Werth)

Oberseminar: Algorithmen, Kombinatorik und Komplexität, 2 Std. Seminar/Woche,
A. Srivastav

Sommer 2003

Kombinatorische Optimierung II, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
A. Srivastav (+ L. Kliemann)

Proseminar Diskrete Mathematik, 2 Std. Seminar/Woche,
B. Doerr

Oberseminar Algorithmen, Kombinatorik und Komplexität, 2 Std. Seminar/Woche,
A. Srivastav

Winter 2003/2004

Kombinatorische Optimierung I, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
B. Doerr (+ L. Kliemann)

Oberseminar Diskrete Mathematik, 3 Std. Seminar/Woche,
B. Doerr

Drittmittel

DFG, *Graduiertenkolleg 'Effiziente Algorithmen und Mehrskalenmethoden',* 01.01.-31.12.2003 (50000 EUR)
DFG, *Postdoc-Projekt 'Entwurf effizienter Architekturen und Algorithmen für Multicast-ATM-Netzwerke',* 01.09.2001-31.08.2005 (262854 EUR)
DFG, *Postdoc-Projekt 'Struktur und Algorithmik kombinatorischer Diskrepanzen',* 01.04.2003-31.03.2005 (131013 EUR)

Diplom- und Master-Arbeiten

V. Sauerland, *Mathematische Optimierung im Design von Filterbänken,* 15.02.2003
R. Hakenjos, *Konvexgeometrie und kombinatorische Diskrepanztheorie,* 26.05.2003

Dissertationen

N. Ahuja, *Efficient derandomization of the Lovasz-Local-Lemma,* 14.02.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

A. Baltz, A. Srivastav, *Fast Approximation of Minimum Multicast Congestion – Implementation versus Theory,* Proceedings of the 5th Conference on Algorithms and Complexity (CIAC), (2003)
A. Baltz, G. Jäger, A. Srivastav, *Construction of Sparse Asymmetric Connectors,* Proceedings of the 23rd Conference on Foundations of Software Technology and Theoretical computer Science (FSTTCS), Lecture notes in Computer Science, **2914**, 13 - 22 (2003)
B. Doerr, *Non-independent Randomized Rounding,* Proceedings of the 14th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA 2003), 506 - 507 (2003)
B. Doerr, *Non-independent Randomized Rounding, Linear Discrepancy and an Application to Digital Halftoning,* J. Fiala (Ed.), Eurocomb '03, Prague (2003), 95 - 99 (2003)
B. Doerr, A. Srivastav, *Multicolour Discrepancies,* Combinatorics, Probability and Computing, **12**, 365 - 399 (2003)
N. Hebbinghaus, T. Schoen, A. Srivastav, *Discrepancy of Linear Hyperplanes in vector spaces,* J. Fiala (Ed.), Eurocomb '03, Prague (2003), 196 - 201 (2003)
G. Jäger, *Parallel Algorithms for Computing the Smith Normal Form of Large Matrices,* Proceedings 10th European PVM/MPI, Lecture Notes in Computer Science, **2840**, 170 - 179 (2003)

Präsentationen

A. Baltz, *Fast Approximation of Minimum Multicast Congestion – Implementation versus Theory,* 5th Conference on Algorithms and Complexity (CIAC), Rom, Italien, 28.-30.05.2003

B. Doerr, *Non-independent Randomized Rounding,* SODA '03, Baltimore, USA, 12.-14.01.2003
B. Doerr, *Discrepancies and Image Processing,* Gemeinsamer Workshop der Graduiertenkollegs 'Effiziente Algorithmen und Mehrskalenmethoden' (Uni Kiel) und 'Algorithmische Mathematik' (TU München), Kiel, 31.01.-01.02.2003
B. Doerr, *Non-independent Randomized Rounding,* The 11th International Conference on Random Structures and Algorithms, Poznan, Polen, 09.-13.08.2003
B. Doerr, *Non-independent Randomized Rounding,* Dagstuhl Seminar 03361: Algorithmic Aspects of Large and Complex Networks, Dagstuhl, 31.08.-05.09.2003
B. Doerr, *Randomized Rounding, Linear Discrepancy and an Application to Digital Halftoning,* Eurocomb '03, Prag, Tschechien, 08.-12.09.2003
B. Doerr, *Matrix Rounding, Discrepancy and the Digital Halftoning Problem,* Jahrestagung der DMV, Rostock, 14.-19.09.2003
B. Doerr, *Discrepancies and Rounding Problems,* HNI Paderborn, AG Meyer auf der Heide, Paderborn, 27.11.-01.12.2003
M. Gnewuch, *Differentiable functional calculus for a class of non-commuting operators,* Seminaire d'Analyse Harmonique, Orleans, Frankreich, 08.04.2003
R. Hakenjos, *Konvexgeometrie und kombinatorische Diskrepanztheorie,* Studentenkonferenz Mathematik, Rostock, 17.-19.09.2003
N. Hebbinghaus, *Über die Struktur minimalparabolischer Gruppen der lokalen Charakteristik p,* Studentenkonferenz Mathematik, Rostock, 17.-19.09.2003
N. Hebbinghaus, *Discrepancy of Hyperplanes in Vector Spaces,* The 11th International Conference on Random Structures and Algorithms, Poznan, Polen, 09.-13.08.2003
N. Hebbinghaus, *Discrepancy of Hyperplanes in Vector Spaces,* Eurocomb '03, Prag, Tschechien, 08.-12.09.2003
N. Hebbinghaus, *Discrepancy of Hyperplanes in Vector Spaces,* Kolloquium über Kombinatorik, Magdeburg, 15.11.2003
G. Jäger, *Improved Approximation Algorithms for Maximum Graph Partitioning Problems,* APPOL 2 Workshop, Bertinoro, Italien, 23.-28.03.2003
G. Jäger, *Improved Approximation Algorithms for Maximum Graph Partitioning Problems,* The 11th International Conference on Random Structures and Algorithms, Poznan, Polen, 09.-13.08.2003
G. Jäger, *Parallel Algorithms for Computing the Smith Normal Form of Large Matrices,* 10th PVM/MPI Users' Group Meeting, Venedig, Italien, 29.09.-02.10.2003
G. Jäger, *Constructions of Sparse Asymmetric Connectors,* The 23rd Conference on Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science, Mumbai, Indien, 15.-17.12.2003
H. Schnieder, *Digital Halftoning through Non-independent Randomized Rounding,* Studentenkonferenz Mathematik, Rostock, 17.-19.09.2003
A. Srivastav, *Graphpartitioning: Complexity and Algorithms,* 19th GAMM-Seminar, Leipzig, 23.-25.01.2003
A. Srivastav, *Konstruktion asymmetrischer Connectoren,* Tagung des DFG-Schwerpunktes Große und komplexe Netzwerke, Tübingen, 26.-28.03.2003
A. Srivastav, *Probabilistic Methods,* Summer School on Algorithms for NP-hard

Problems, Lugano, Schweiz, 19.-23.05.2003

A. Srivastav, *Entwurf von Multicast-Connectoren konstanter Tiefe,* Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, Berlin, 09.05.2003

A. Srivastav, *Construction of Sparse Connectors,* Symposium 'Information Theory and some friendly neighbors - ein Wunschkonzert', Bielefeld, 11.-15.08.2003

A. Srivastav, *Constructions of Sparse Asymmetric Connectors,* Eurocomb'03, Prag, Tschechien, 08.-12.09.2003

A. Srivastav, *Construction of Sparse Connectors,* Dagstuhl Seminar on Algorithmic Aspects of Large and Complex Networks, Dagstuhl, 31.08.-05.09.2003

A. Srivastav, *Randomization in Combinatorial Optimization,* Math. Statistics Dep., Chalmers University, Göteborg, Schweden, 18.09.2003

A. Srivastav, *Complexity of Computing - Classical, Probabilistic and Quantum Computing,* Vortragsreihe, Department of Mathematics, Deemed University DEI, Agra, Indien, 15.10.-14.11.2003

A. Srivastav, *Randomized Algorithms for Cut-Problems,* Department of Mathematics, Indian Institute of Technology, Bombay, Indien, 04.11.2003

S. Werth, *Multi-Color Discrepancy of Rectangles,* DMV Jahrestagung, Rostock, 14.-19.09.2003

S. Werth, *Multi-color Discrepancy of Rectangles,* Kolloquium über Kombinatorik, Magdeburg, 15.11.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Organisation von Tagungen und Workshops

A. Srivastav:

- Workshop der Graduiertenkollegs "Algorithmische Mathematik" (TU München) und "Effiziente Algorithmen und Mehrskalenmethoden" (Uni Kiel), 31.1.-1.2.2003, Kiel
- Klausurtagung DFG-Graduiertenkolleg 357, 10.-12.10.2003, Leck
- Winterschule "Approximation Algorithms and Randomization", 29.11.-4.12.2003, Zürich

Lehrstuhl/Professur für Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme

Unser Forschungsinteresse ist der systematische Entwurf und die Analyse von Computern, welche nicht in erster Linie als Computer wahrgenommen werden. Dies ist eine Definition für *eingebettete Systeme* - welche uns auf vielfältigste Art und Weise begegnen, von miniaturisierten Hörgeräten über Röntgengeräte, Handys, Airbag-Controller, ABS-Bremsen bis zu Fly-by-Wire Flugzeugen. Solche Systeme müssen typischerweise nicht nur die richtigen Ausgaben an die Umwelt liefern, sondern dies auch rechtzeitig tun - es handelt sich hierbei also um *Echtzeitsysteme* .

Auch wenn die Anzahl eingebetteter Echtzeitsysteme inzwischen deutlich die der „klassischen“ Computer übersteigt, ist dies aus Sicht der Informatik ein noch relativ junges Themengebiet. In der Vergangenheit wurden solche Systeme weitgehend von Anwendungsexperten ohne ausgeprägte Informatikgrundlagen entwickelt, welches sich aber aufgrund der ansteigenden Komplexität der zu entwickelnden Systeme als immer weniger praktikabel erweist. An der Christian-Albrechts-Universität wurde der Lehrstuhl für Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme 2001 erstmalig besetzt.

Ergebnisse

Laufende Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die modellbasierte Entwicklung eingebetteter Echtzeitsysteme. Ein Schwerpunkt dabei ist die Codesynthese, in welcher aus einem funktionalem Modell des System-under-Development (SUD) sowie möglicherweise auch seiner Umgebung automatisch Code für das SUD erzeugt werden soll. Eine für die modellbasierte Entwicklung von Echtzeitsystemen besonders geeignete Basis sind synchrone Sprachen, wie zum Beispiel Esterel, welche eine gesonderte Betrachtung des reaktiven Verhaltens und des zeitlichen Verhaltens erlauben. Eine Problematik, welche am Lehrstuhl untersucht wird, ist die Synthese von Code für synchrone Programme, in welchen zyklische Abhängigkeiten bestehen. Hierfür wurde ein Ansatz entwickelt, um solche zyklischen Programme in semantisch äquivalente, azyklische Programme zu übersetzen [Lukoschus-vonHanxleden03]. Ein weiterer Schwerpunkt ist der Entwurf zeitgesteuerter, verteilter Architekturen, basierend auf dem synchronen Paradigma; dies wird am Lehrstuhl auch in Zusammenarbeit mit EADS Airbus und im Rahmen des in 2004 beginnenden Projektes DECOS (Dependable Embedded Components and Systems) des sechsten EU-Rahmenprogramms untersucht.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt, welcher auf die Unterstützung des modellbasierten Entwurfs an sich abzielt, ist die Entwicklung intelligenter Modelleditoren, welche vorgegebene Entwurfsrichtlinien automatisch überprüfen und beim graphischen Layout unterstützen. Im Gegensatz zu den typischerweise textuellen Programmiersprachen sind Modellierungssprachen häufig graphisch; graphische Systemmodelle sind erfahrungsgemäß schnell zu erfassen, aber mit den gängigen Editoren mühsam zu erstellen. Insbesondere wenn Modelle komplexer werden oder bestehende Modelle modifiziert werden sollen, ist der Entwickler zunehmend mit reiner Eingabe- und Layout-Tätigkeit beschäftigt, soll der Vorteil der Lesbarkeit nicht gänzlich verloren gehen. Die Definition von

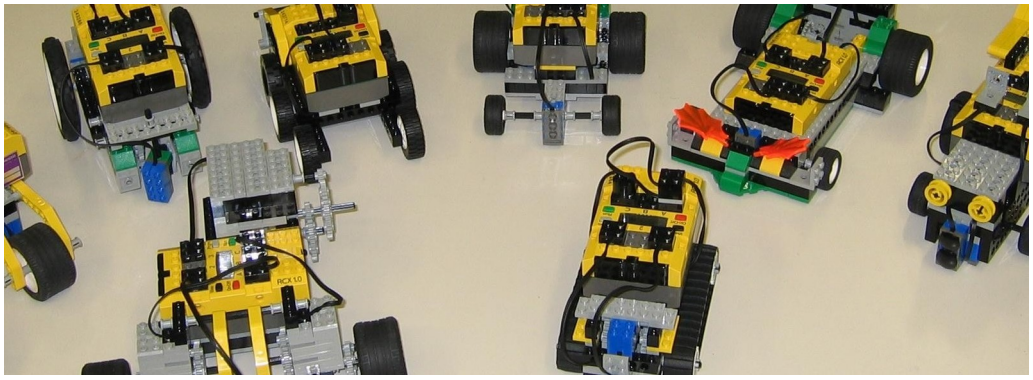


Abb. 1: Lego-Mindstorms-Roboter, welche im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen entstanden sind

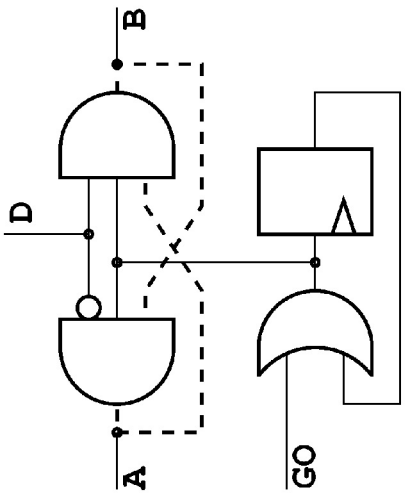
gut lesbaren „graphischen Normalformen“ für Systemmodelle und deren automatisierte Umsetzung für gegebene Modelle verspricht hier für die Entwicklung realer, komplexer Systeme einen erheblichen Gewinn an Entwicklungszeit und Qualität. Am Lehrstuhl werden hierfür entsprechende Verfahren entwickelt, und mit Hilfe des Simulationswerkzeuges KIEL (Kiel Integrated Environment for Layout) validiert, welches durch Layoutautomatisierung und weitere Anpassungsmöglichkeiten den modellbasierten Entwurf komplexer Systeme unterstützt.

```
module DRIVER_CYC:
input D;
inputoutput A, B;

loop
  present D then
    present A then
      emit B
    end
  else
    present B then
      emit A
    end
  end;
  pause
end
end module
```

(a)

```
module DRIVER_ACYC:
input D;
inputoutput A;
input B;
output B_;

loop
  present D then
    present A then
      emit B_
    end
  else
    present B then
      emit A
    end
  end;
  pause
end
end module
```

(b)



(c)

Abb. 2: Beispielhafte Transformation eines zyklischen Esterel-Programms

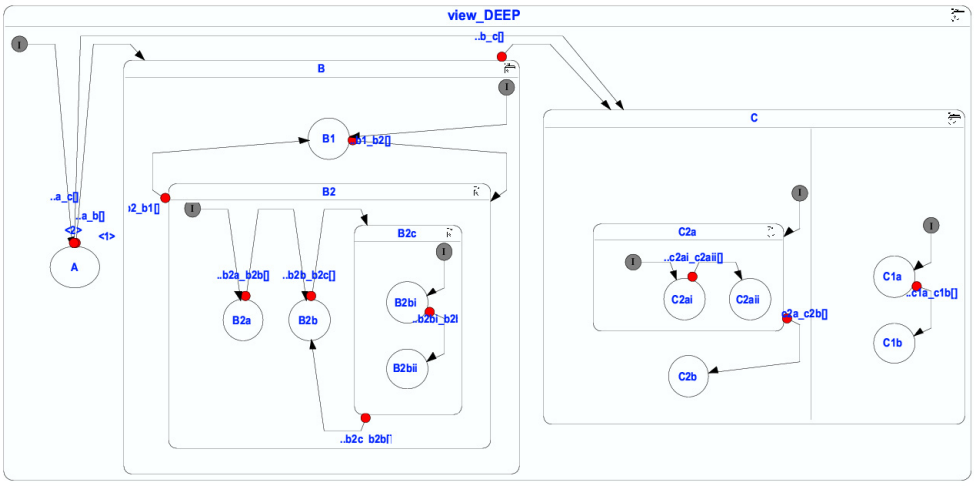


Abb. 3: Vom Werkzeug KIEL erstelltes Statechart-Diagramm zur Verhaltensvisualisierung

Personal

Leiter: Prof. Dr. R. von Hanxleden; Sekretariat: R. G. Rosenfeld
Technisches Personal: Dipl.-Phys. I. Cembrowski

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Inf. J. Lukoschus 01.01.-31.12.2003 CAU
Modellierung eingebetteter Systeme

S. Prochnow 01.08.-31.12.2003 CAU
Visualisierung komplexer reaktiver Systeme

Dipl.-Phys. A. Stengel 01.01.-31.12.2003 CAU
Simulation eines Magnet-Resonanz-Tomographen zur Validierung von MRT-Sequenzen

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Echtzeitsysteme I, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. von Hanxleden (+ A. Stengel)

Analyse von Programmausführungszeiten, 2 Std. Seminar/Woche,
R. von Hanxleden

Entwurf eingebetteter Echtzeitsysteme, 4 Std. Praktikum/Woche,
J. Lukoschus (+ M. Steffen)

Diplomandenseminar, 2 Std. Seminar/Woche,
R. von Hanxleden

Sommer 2003

Echtzeitsysteme II, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus, A.. Stengel)

Oberseminar, 2 Std. Seminar/Woche,
R. von Hanxleden

Organisation und Architektur von Rechnern, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus, A. Stengel)

Codeanalyse und Optimierung für Echtzeitsysteme, 2 Std. Seminar/Woche,
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus, A. Stengel)

Winter 2003/2004

Echtzeitsysteme I, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. von Hanxleden (+ R. von Hanxleden)

Modellbahnpraktikum, 4 Std. Praktikum/Woche,
J. Lukoschus (+ S. Prochnow)

Oberseminar, 2 Std. Seminar/Woche,
R. von Hanxleden

Modellbasierter Systementwurf, 2 Std. Seminar/Woche,
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus)

Vorkurs Informatik, 2 Std. Vorkurs/Woche,
R. von Hanxleden (+ A. Stengel)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Zusammenarbeit mit der Charité Berlin, Campus Virchow Klinikum, Institut für Radiologie (Prof. Felix/Dr. Venz), zum Thema Magnetresonanz-Tomographie Konsultationen mit der Philips Medical Systems GmbH, Hamburg

Präsentationen

R. von Hanxleden, *Graphical languages for modelling complex systems,* Synchron 2003, Marseille-Luminy, France, 01.-05.12.2003

J. Lukoschus, R. von Hanxleden, *Efficient compilation of Esterel cyclic programs,* Synchron 2003, Marseille-Luminy, France, 01.-05.12.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Exkursion zu Vossloh Systemtechnik in Kiel Wellsee (11.02.03)

Exkursion zu Vossloh Locomotives in Kiel Friedrichsort (15.07.03)

Kolloquium anlässlich der Verleihung zur Ehrendoktorwürde an Leslie Lamport (10.07.2003)

R. von Hanxleden:

Tätigkeit als Vertrauensdozent für das DaimlerChrysler Stipendiatenprogramm (2003: Neuaufnahme eines Stipendiaten der CAU)

Programm Komitee 22nd Symposium on Reliable Distributed Systems, International Workshop on Dependable Embedded Systems (SRDS 2003)

Programm Komitee Telecommunications and Mobile Computing, Workshop on 'Wearable Computing' (TCMC2003)

Reviewer für The International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN 2004)

Lehrstuhl für Kognitive Systeme

Die Schwerpunkte der Forschung der Arbeitsgruppe Kognitive Systeme werden durch den Entwurf lernfähiger Systemarchitekturen für visuelle Wahrnehmung und Handlung sowie durch die Einbettung des Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklus in die geometrische oder Clifford-Algebra gebildet.

Leider kann Forschungsarbeit manchmal aber nicht so geradlinig erfolgen wie geplant. Dafür drei Beispiele: Der im Jahr 1992 gestellte DFG-Antrag zur Förderung des Projektes „Clifford-Algebra“ als Einbettungsrahmen des Workshop-Handlungs-Zyklus“ wurde positiv entschieden. Wegen fehlenden Personals konnte das Projekt im Jahr 2003 allerdings nicht starten.

Einen ernsthaften Rückschlag stellt die Nichtbewilligung des Fortsetzungsantrages für die dritte Etappe des Graduiertenkollegs GEAM (Graduiertenkolleg „Effiziente Algorithmen und Mehrskalenmethoden“) dar, in dem wir uns gerne engagierten.

Für den im August 2002 gestellten HBFG-Antrag zur Erneuerung der technischen Grundausstattung des Lehrstuhls lag bis Jahresende 2003 noch keine Entscheidung vor.

Erfreulicher war hingegen die zum Jahresende eingetroffene Entscheidung, dass das von der Universität Linköping mit den Partnern Kiel, Surrey und Prag im Jahresverlauf ausgearbeitete EU-Forschungsprojekt COSPAL genehmigt wurde.

Ergebnisse

Im Zentrum der Forschungsaktivitäten der Arbeitsgruppe stand das von Kiel aus koordinierte EU-Projekt VISATEC. Projektpartner ist das Computer Vision Lab der Universität Linköping. Im Oktober wurde erfolgreich die Zwischenverteidigung absolviert. Das Forschungsjahr war für dieses Projekt durch drei Schwerpunktaktivitäten geprägt. Erstens wurde die Softwarebibliothek PacLib mit weiteren funktionalen Bausteinen gefüllt und es wurde ein dynamisches Verfahren zum Laden der Module implementiert. Zweitens wurde das Spektrum der Merkmalsextraktoren und der verfügbaren Klassifikations- bzw. Lernverfahren erweitert. Drittens wurde an der Fixierung des finalen Testszenarios und am Entwurf der Systemarchitektur gearbeitet. Mehr Details sind auf der Projektwebsite zu finden.

B. Rosenhahn schloss sehr erfolgreich seine Dissertation zur Problematik Poseschätzung von 3D-Freiformobjekten mittels konformer geometrischer Algebra ab. In diesem Projekt konnten wir sehr positive Erfahrungen mit der Modellierungskraft der konformen geometrischen Algebra sammeln. Sie erwies sich als idealer Einbettungsrahmen für Robot Vision. In Verbindung mit der Lie-Algebra-Repräsentation (Twist-Repräsentation) der starren Körperbewegung konnten wir Video-Echtzeitfähigkeit bei der Bewegungsschätzung erreichen. Darüber hinaus eignet sich die Twist-Repräsentation auch, um die Gestalt von Objekten zu modellieren. Kurven werden als Orbits verkoppelter Generatoren der speziellen Euklidischen Gruppe (Twists) im konformen Raum interpretiert. Nach Abschlus der Dissertation wurde das Modell auf Freiform-Oberflächen erweitert.

In einem völlig anderen Zusammenhang erwies sich die konforme geometrische Algebra ebenfalls als ein glücklicher Modellierungsrahmen. V. Banarer und C. Perwass verallgemeinerten das Perzeptron zum Hypersphären-Neuron. Das bedeutet, dass dieses Neuron in der Lage ist, eine Hypersphären-Trennfläche im Eukliden Vektorraum linear zu lernen, wie dies das Perzeptron lediglich im Fall einer Hyperebene erreicht. C. Perwass stellte im Herbst eine erweiterte Version seines Visualisierungsprogrammes für Probleme der geometrischen Algebra, CLUCalc, vor. Die Anwendung dieses Systems konnte er erfolgreich in Magedeburg und Kyoto auf Tagungen präsentieren.
Y. Kassahun hat seine systematischen Studien zu Lernen und Adaption in dem Szenario der Navigation in einer künstlichen Roboter-Welt fortgesetzt. Dieser Methodenvergleich am gleichen Problem vertiefte unsere Einsicht in neuronale Verfahren, evolutionäre Algorithmen und Hybridverfahren. Außerdem implementierte er eine 3D-Poseschätzung von Freiformflächen mit evolutionären Algorithmen.
D. Zang und M. Chavarria haben sich im Berichtszeitraum in ihre Dissertationsprojekte eingearbeitet. Frau Zang zeigte in diesem Zusammenhang experimentell die erwarteten Vorzüge des monogenen Signals für die lokale Signalrekonstrution aus dem Phasenvektor im monogenen Skalenraum. Da hier auch eine lokale Orientierungsinformation verfügbar ist, ergeben sich deutlich bessere Rekonstruktionsergebnisse im Vergleich mit der Gaborphase.

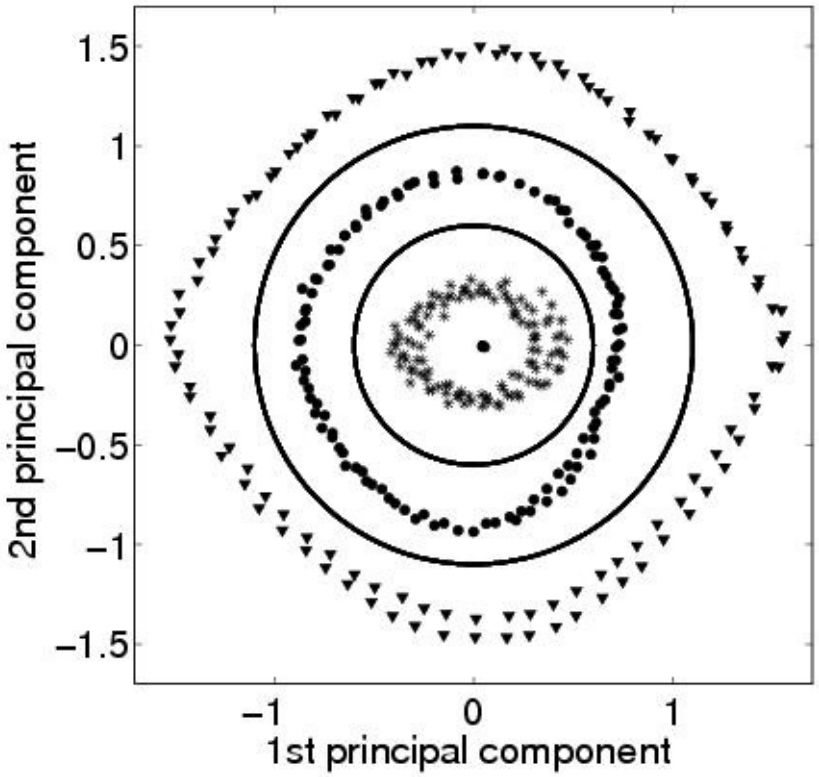


Abb. 1: Bild 1: Separierung der ersten beiden Hauptkomponenten dreier rotierter Holzspielzeug-Bausteine mittels Hypersphären-Neuronen.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. G. Sommer; Sekretariat: F. Maillard
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) G. Diesner, Dipl.-Ing. (FH) H. Schmidt

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Inf. V. Banarer CLANEUR	01.01.-31.12.2003	CAU
MSc. M. Chavarria CGAPOSE	01.10.-31.12.2003	DAAD
Dipl.-Inf. O. Granert VISATEC	01.01.-31.12.2003	EU
MSc. Y. Kassahun LERNROB	01.01.-31.12.2003	DAAD
Dipl.-Phys. M. Krause VISATEC	01.01.-31.12.2003	EU
Dr. C. Perwass CLASTAT	01.01.-31.12.2003	CAU
Dr.-Ing. B. Rosenhahn CGAPOSE	01.01.-21.12.2003	CAU
Dr. N. Siebel ROBVIS	01.04.-31.12.2003	CAU
MSc. D. Zang MONSIGN	01.07.-31.12.2003	DFG

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Geometrie und Algebra in Computer Vision, 2 Std. Seminar/Woche,
C. Perwass

Grundlagen der Bildverarbeitung in Computer Vision, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
C. Perwass (+ V. Banarer)

Oberseminar Kognitive Systeme, 2 Std. Seminar/Woche,
C. Perwass

Übungen zu Computer Vision und Robotik (Fortgeschrittenen-Praktikum), 4 Std. Praktikum/Woche,
B. Rosenhahn

Sommer 2003

Computer Vision I (Fortgeschrittenenpraktikum), 4 Std. Praktikum/Woche,
B. Rosenhahn

Geometrische Algebra und ihre Anwendungen in Computer Vision, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
C. Perwass

Informatik II für Ingenieure, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
G. Sommer (+ N. Siebel)

Neuroinformatik, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
G. Sommer (+ V. Banarer)

Oberseminar Kognitive Systeme, 2 Std. Seminar/Woche,
G. Sommer

Seminar Computer Vision und Robotik, 2 Std. Seminar/Woche,
B. Rosenhahn

Winter 2003/2004

Oberseminar Kognitive Systeme, 2 Std. Seminar/Woche,
G. Sommer

Seminar Robot Vision, 2 Std. Seminar/Woche,
N. Siebel

Signaltheoretische Grundlagen der Bildverarbeitung, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
G. Sommer (+ N. Siebel)

Übungen zu Computer Vision und Robotik (Fortgeschrittenen-Praktikum), 4 Std. Praktikum/Woche,
C. Perwass

Drittmittel

AvH, *Besuch Perth (Sommer),* 01.-15.02.2003 (700 EUR)
DAAD, *LERNROB (Kassahun),* 01.01.-31.12.2003 (11700 EUR)
DFG, *MONSIGN (Zang),* 01.07.-31.12.2003 (6588 EUR)
EU, *VISATEC,* 01.01.-31.12.2003 (137374 EUR)
DAAD, *CGAPOSE (Chavarria),* 01.10.-31.12.2003 (1952 EUR)
DFG, *Postdoc Rosenhahn,* 01.-31.12.2003 (3.500 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Im Jahr 2003 konnte die wissenschaftliche Zusammenarbeit mit Prof. R. Klette, Center for Image Technology (CITR), Auckland, NZ, weiter intensiviert werden. Während des Forschungsfreisemesters WS 02/03 war Prof. Sommer zwei Monate als Foundation Visitor Gast der Universität Auckland. Er stellte dort die aktuellen Forschungsergebnisse der Kieler Gruppe vor und regte an, dass auch in Auckland mit geometrischer Algebra

modelliert wird. Seit November 2003 ist Dr. Rosenhahn als Postdoc am CITR tätig, finanziert durch die DFG. Die Zusammenarbeit mit ihm führte zur Erweiterung der Pose-Schätzung mittels Freiform-Oberflächen und zu gemeinsamen Arbeiten auf dem Gebiet des Motion Capture mittels konformer geometrischer Algebra. Auch mit Prof. R. Kozera, Dept. of Computer Science, University of Western Australia, Perth, Australien, konnte die Zusammenarbeit vertieft werden. Im Februar besuchte Prof. Sommer während seines Forschungsfreisemesters die UWA, finanziert durch die AvH-Stiftung. Im September erwiderte Prof. Kozera diesen Besuch in Kiel. Es wurde die Planung des Sabbatical konkretisiert, das Prof. Kozera im ersten Halbjahr 2004 in Kiel verbringen wird. Die fortdauernde Zusammenarbeit mit Dr. W. Yu, Dept. of Diagn. Radiology, Yale University, New Haven, führte zu weiteren Publikationen aus der gemeinsamen Arbeit mit Prof. K. Daniilidis, GRASP Laboratory, University of Pennsylvania, Philadelphia.

Mit Prof. H. Li, Institute of Automation Research, Academia Sinica, Beijing, PR China, wurde die langjährige Zusammenarbeit in der Weise fortgeführt, dass er uns manche harte Nuss mit der konformen geometrischen Algebra zu knacken half.

Neue wissenschaftliche Kontakte wurden in Deutschland mit drei Forschungsgruppen hergestellt. Das Interesse dieser Gruppen besteht insbesondere darin, eigene Arbeiten zur Anwendung der geometrischen Algebra aufzunehmen. Im Falle von Dr. Hillenbrand, TU Darmstadt, besteht die Vorstellung, computergrafische Animationen realistisch und effizient modellieren zu können. Anlässlich eines NATO-Workshops wurden Kontakte zu der Forschungsgruppe von Prof. M. Clausen, Institut für Informatik III, Universität Bonn, hergestellt. Während des Sommers/Herbstes wurde anlässlich mehrerer wechselseitiger Besuche die Möglichkeit der Modellierung von algebraischen Image-Retrieval-Methoden (die in Bonn entwickelt wurden) unter Einbeziehung der geometrischen Algebra diskutiert. Eine weitere Zusammenarbeit mit der Universität Bonn wurde durch einen Besuch von Prof. W. Förstner, Institut für Photogrammetrie, in Kiel gestartet. Zielstellung der Kooperation, in der sich aus unserer Gruppe Dr. Perwass vorrangig engagiert, ist die Entwicklung statistischer Schätzmethoden in der Sprache der geometrischen Algebra.

Der Schwerpunkt internationaler Kooperation lag selbstverständlich bei unseren Partnern aus dem EU-Projekt VISATEC in Linköping, Schweden. Unsere Projektgruppe besuchte im Januar 2003 die schwedischen Partner. Umgekehrt waren wir Anfang September Gastgeber für Prof. G. Granlund, Dr. K. Nordberg, R. Söderberg und F. Viksten vom Computer Vision Lab des Institute of Electrical Engineering.

Über mehrere Monate hat Prof. Sommer die Ausarbeitung eines weiteren EU-Projektes (COSPAL) durch unseren ehemaligen Mitarbeiter Dr. M. Felsberg unterstützt, der von Linköping aus dieses, nun ebenfalls genehmigte, Projekt koordinieren wird. Weitere Partner sind Prof. J. Kittler, Surrey und Prof. V. Hlavac, Prag. Im Almanach 2004 wird erstmalig hierüber zu berichten sein.

Diplom- und Master-Arbeiten

C. Gebken, *Implementierung eines Koprozessors für geometrische Algebra auf einem FPGA,* 23.06.2003
T. Rabsch, *Implementierung eines Dichte-Korrespondenzfindungs-Algorithmus auf einem FPGA,* 23.06.2003
K. Köser, *Dense Image Point Matching with Explicit Occlusion Detection for Stereo Disparity and Optical Flow,* 18.06.2003

Dissertationen

B. Rosenhahn, *Pose Estimation Revisited,* 12.06.2003
Kai Neckels, *Multidimensional Wavelets and Computer Vision,* 24.04.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

V. Banarer, C. Perwass, G. Sommer, *Design of a multilayered feed-forward neural network using hypersphere neurons,* Proc. 10th Int. Conf. Computer Analysis of Images and Patterns, CAIP 2003, Groningen, The Netherlands, Springer-Verlag, LNCS, **2756**, 571 - 578 (2003)
V. Banarer, C. Perwass, G. Sommer, *The hypersphere neuron,* Proc. 11th European Symposium on Artificial Neural Networks, ESANN 2003, Bruges, d-side publications, Evere , Belgium, 469 - 474 (2003)
J. Pauli, *Aspects of learning-based robot vision,* Künstliche Intelligenz, **2**, 5 - 11 (2003)
J. Pauli, *Künstliche Intelligenz, Schwerpunktheft: Vision, Learning, Robotics,* Gesellschaft für Informatik, **2**, (2003)
C. Perwass, V. Banarer, G. Sommer, *Spherical decision surfaces using conformal modelling,* 25. Symposium für Mustererkennung, DAGM 2003, Magdeburg, Springer-Verlag, LNCS, **2781**, 9 - 16 (2003)
C. Perwass, C. Gebken, G. Sommer, *Implementation of a Clifford algebra co-processor design on a field programmable gate array,* Clifford Algebras: Application to Mathematics, Physics, and Engineering, Progress in Mathematical Physics, 6th Int. Conf. on Clifford Algebras and Applications, Cookeville, TN, Birkhäuser, Boston, 2003, 561 - 575 (2003)
C. Perwass, J. Pauli, G. Sommer, *VISATEC: Vision-based integrated systems adaptive to task and environment with cognitive abilities,* Künstliche Intelligenz, **3**, 69 - 71 (2003)
C. Perwass, G. Sommer, *An iterative Bayesian technique for dense image point matching,* Dynamic Perception, Workshop of GI Section 1.0.4, 283 - 288 (2003)
B. Rosenhahn, *Pose estimation for visual landmark based robot navigation,* Künstliche Intelligenz, **2**, 39 - 40 (2003)
B. Rosenhahn, C. Perwass, G. Sommer, *Modeling adaptive deformations during free-form pose estimation,* Proc. 10th Int. Conference on Computer Analysis of Images and Patterns, CAIP 2003, Groningen, The Netherlands, Springer-Verlag,

LNCS, **2756**, 664 - 672 (2003)
B. Rosenhahn, C. Perwass, G. Sommer, *Pose estimation of free-form surface models,* 25. Symposium für Mustererkennung, DAGM 2003, Magdeburg, Springer-Verlag, LNCS, **2781**, 574 - 581 (2003)
B. Rosenhahn, G. Sommer, *Pose estimation of cycloidal curves by using twist representations,* Clifford Algebras: Application to Mathematics, Physics, and Engineering, Progress in Mathematical Physics, 6th Int. Conf. on Clifford Algebras and Applications, Cookeville, TN, Birkhäuser, Boston, 2003, 597 - 612 (2003)
W. Yu, G. Sommer, K. Daniilidis, *Multiple motion analysis: in spatial or in spectral domain?,* Computer Vision and Image Understanding, **90(2)**, 129 - 152 (2003)
W. Yu, G. Sommer, K. Daniilidis, *Three dimensional orientation signatures with conic kernel filtering for multiple motion analysis,* Image and Vision Computing, **21(5)**, 447 - 458 (2003)
B. Rosenhahn, *Pose Estimation Revisited,* Technical Report, Christian-Albrechts-Univer-sität zu Kiel, Institut für Informatik und Praktische Mathematik, **0308**, (2003)
K. Neckels, *Multidimensional Wavelets and Computer Vision,* Technical Report, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Informtik und Praktische Mathematik, **0303**, (2003)
C. Perwass, D. Hildenbrand, *Aspects of Geometric Algebra in Euclidean Projective and Conformal Space,* Technical Report, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Informatik und Praktische Mathematik, **0310**, (2003)
Y. Kassahun, G. Sommer, *Learning and Adaptation: A Comparison of Methods in Case of Navigation in an Artificial Robot World,* Technical Report, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Informatik und Praktische Mathematik, **0309**, (2003)
D. Betten, E. Montanucci, *An Elementary Introduction to Lie Groups,* Technical Report, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Informatik und Praktische Mathematik, **0312**, (2003)

Präsentationen

G. Sommer, *Applications of geometric algebra in robot vision,* RIMS Symposium, Innovative Teaching in Mathematics with Geometric Algebra, Kyoto, Japan, 20.11.2003
G. Sommer, *A geometric algebra approach to some problems of robot vision,* NATO ASI Workshop, Computational Noncommutative Algebra and Applications, Il Ciocco, Italien, 06.07.2003
V. Banarer, C. Perwass, G. Sommer, *The Hypersphere Neuron,* 11th European Symposium on Artificial Neural Networks, ESANN 2003, Bruges, Belgien, 23.04.2003
B. Rosenhahn, C. Perwass, G. Sommer, *Pose estimation of free-form surface models,* 25. Symposium für Mustererkennung, DAGM 2003, Magdeburg, Deutschland, 10.09.2003

V. Banarer, C. Perwass, G. Sommer, *Design of a multilayered feed-forward neural network using hypersphere neurons,* 10th Int. Conf. Computer Analysis of Images and Patterns, CAIP 2003, Groningen, The Netherlands, 25.08.2003

K. Ehmcke, N. Krüger, *Haptic exploration of objects,* Towards Intelligent Mobile Robots, TIMR'03, 4th British Conference on (Mobile) Robotics, Bristol, Großbritanien, 28.08.2003

B. Rosenhahn, C. Perwass, G. Sommer, *Modeling adaptive deformations during free-form pose estimation,* 10th Int. Conf. Computer Analysis of Images and Patterns, CAIP 2003, Groningen, The Netherlands, 25.08.2003

C. Perwass, V. Banarer, G. Sommer, *Spherical decision surfaces using conformal modelling,* 25. Symposium für Mustererkennung, DAGM 2003, Magdeburg, Deutschland, 10.09.2003

C. Perwass, *Vorstellung des VISATEC Projektes,* ICVS 2003, Graz, Österreich, 01.04.2003

C. Perwass, *Clifford Algebra - Introduction and Applications,* Tutorium anläßlich des 25. Symposiums für Mustererkennung, DAGM 2003, Magdeburg, Deutschland, 09.09.2003

C. Perwass, *Teaching Geometric Algebra with CLUCalc,* ITMga 2003 Konferenz, Kyoto, Japan, 21.11.2003

B. Rosenhahn, *Theorie und Anwendung zur 2D-3D Poseschätzung,* 5. Arbeitskreis Bildverarbeitung der TSH, Kiel, Deutschland, 26.06.2003

G. Sommer, *Pose estimation of 3D free-form contours in conformal geometry,* CITR, University of Auckland, Auckland, Neuseeland, 20.01.2003

G. Sommer, *Monogenic signal and Poisson scale-space,* CITR, University of Auckland, Auckland, Neuseeland, 24.01.2003

G. Sommer, *Pose estimation of 3D free-form contours in conformal geometry,* Dept. of Computer Science, The University of Western Australia, Perth, Australien, 05.02.2003

G. Sommer, *Monogenic signal and Poisson scale-space,* School of Mathematics and Statistics, University of Western Australia, Perth, Australien, 07.02.2003

G. Sommer, *The geometric algebra approach to robot vision,* Tutorium anäßlich des 25. Symposiums für Mustererkennung, DAGM 2003, Magdeburg, Deutschland, 09.09.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

An erster Stelle sei hier die Verleihung von vier Preisen an Studenten und Mitarbeiter genannt, die ihre erfolgreichen Arbeiten in der Arbeitsgruppe Kognitive Systeme durchführten.

Dipl.-Inf. Kevin Köser, nun in der Arbeitsgruppe Multimediale Systeme zur Informationsverarbeitung, erhielt für seine Diplomarbeit den Prof. Dr. Werner Petersen-Preis der Technik, 2003, verliehen.

Dr.-Ing. Michael Felsberg, nun Associate Professor an der Universität Linköping, wurde

mit dem Dissertationspreis der Christian-Albrechts-Universität, 2003, ausgezeichnet.

Dr.-Ing. Bodo Rosenhahn, nun als Postdoc an der Universität Auckland tätig, erhielt den Dr.-Ing. Siegfried Werth-Preis für Innovationen auf dem Gebiet opto-elektronischer Messtechnik für seine Dissertationsschrift.

Dipl.-Inf. Vladimir Banarer und Dr. Christian Perwass wurden für ihren Beitrag zum Hypersphären-Neuron auf der DAGM-Jahrestagung in Magdeburg mit dem DAGM-Preis 2003 ausgezeichnet. Dieser Preis wurde von der Dr. Wolf GmbH für innovative 3D-Bildverarbeitung ausgeschrieben.

Auch in diesem Jahr beteiligte sich die Arbeitsgruppe als Mitglied des europäischen Konsortiums ECVision an der Beförderung von Aktivitäten zur Entwicklung kognitiver Visionsysteme.

Prof. Sommer wurde zum stellvertretenden Vorsitzenden der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Mustererkennung e.V. (DAGM) gewählt.

Prof. Sommer ist als Mitglied des Editorial Boards des Int. Journals of Image and Graphics und als Mitglied des Advisory Boards von Machine Graphics & Vision tätig.

Prof. Sommer hatte im Wintersemester 2002/2003 ein Forschungsfreisemester. Er folgte einer Einladung der University of Auckland, Neuseeland, als Foundation Visitor und stellte an dieser Universität sowie an der University of Western Australia, Perth, die Forschungsergebnisse der Arbeitsgruppe vor.

Arbeitsgruppe Kommunikationssysteme

Die Arbeitsgruppe Kommunikationssysteme wurde im Okt. 2000 im Institut für Informatik u. Praktische Mathematik der CAU Kiel unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Norbert Luttenberger eingerichtet. Im Jahre 2003 waren vier wissenschaftliche Mitarbeiter in der AG Kommunikationssysteme tätig.

Ergebnisse

Die Forschungsarbeiten der AG Kommunikationssysteme lassen sich vier Arbeitsbereichen zuordnen: „Nomadic Computing“ , „Selbstorganisierende mobile Systeme“ , „Softwaretechnologie für XML-basierte Applikationen“ und „Innovative Methoden für den Schutz sensibler Daten“ .

Nomadic Computing

Der Terminus Nomadic Computing bezeichnet eine Nutzungsform von vernetzten Rechensystemen, die dadurch charakterisiert ist, dass Nutzer mit wechselnden Aufenthaltsorten (“ Nomaden“) von verschiedenen Netzzugangspunkten (points-of-attachment) aus Zugang zu Netzwerkdiensten (z.B. e-Mail, Dateitransfer, Remote Login, allgemeine web services) und den darüber zugänglichen Daten bekommen möchten. Diese Netzwerkdienste werden in privaten und öffentlichen Netzwerken angeboten, wobei unter dem Aspekt der Netzwerksicherheit diejenigen Daten und Dienste, die in privaten Netzen (Intranets) angeboten werden, die größere Aufmerksamkeit beanspruchen.

Die erarbeiteten Sicherheitsinfrastrukturen, in der sowohl die nomadischen Benutzer als auch die Anbieter von Netzwerkdiensten ihre Sicherheitsinteressen wahrnehmen können, gestatten dem Nomaden einen Zugang zu Netzwerkdiensten, ohne dass dabei die Sicherheit der anbietenden Netze kompromittiert wird. Konzeptuell basieren sie auf einer strikten Trennung von Authentifizierung und Autorisierung und beziehen in die Entscheidung, für welche Dienste und Daten ein Nomade autorisiert werden und unter welchen Sicherheitsvorkehrungen die Nutzung stattfinden soll, die Situation des Nomaden (gespiegelt durch seinen jeweiligen Aufenthaltsort) mit ein: Wir sprechen von situations- oder kontextbezogener Autorisierung. Dahinter steht die nicht unbegründete Annahme, dass mit unterschiedlichen Situationen/Kontexten/Aufenthaltsorten unterschiedliche Potentiale für die Gefährdung der Vertraulichkeit, Integrität, Authentizität und Verfügbarkeit von Daten und Dienste verbunden sind. Im Kern geht es dabei um ein neuartiges Konzept für Serversoftware, die so gestaltet ist, dass die vom Nomaden angeforderten Dienste nach Authentifizierung und Autorisierung des Nomaden in einer spezifischen situations-/kontextbezogenen Variante dynamisch instantiiert werden. Die entwickelte Technik ermöglicht somit einen fallweisen Ausgleich zwischen den Interessen des zugriffswilligen mobilen Benutzers auf der einen Seite und des Besitzers der jeweiligen Datenbestände auf der anderen Seite.

Selbstorganisierende mobile Systeme

Der zweite Arbeitsbereich beschäftigt sich mit einem datenzentrierten Paradigma für

die Kommunikation zwischen kleinen und kleinsten Geräten in mobilen selbstorganisierenden funkbasierten Netzwerkumgebungen, d.h. in sog. Ad-hoc-Netzen. In solchen Umgebungen stößt das Client/Server-Kooperationsparadigma erkennbar an seine Grenzen, da mit diesem Paradigma die Erreichbarkeit bestimmter Dienste in einer mehr oder weniger statischen Infrastruktur verbunden ist. Diese Erreichbarkeit ist jedoch unter den Bedingungen der Mobilität nicht dauerhaft oder nur um den Preise hoher Kommunikationskosten gegeben. In Ad-hoc-Netzen, in denen „Schwärme" von mobilen funkvernetzten Systemen einem gemeinsamen Operationsziel folgen, bietet sich als Alternative zum Client/Server-Paradigma ein datenzentriertes Kooperationsparadigma an. Dieses Paradigma sieht vor, dass die Einzelsysteme eines Schwarms miteinander in egalitärer Weise dadurch kooperieren, dass sie sich gegenseitig Informationen über einen gemeinsamen sog. virtual shared information space zur Verfügung stellen. Im Unterschied zu älteren Ansätzen mit shared information spaces wird der hier angesprochene virtual shared information space nicht auf einem zentralen Server vorgehalten, sondern existiert als Menge von Teilsichten der Einzelsysteme nur als virtuelles und verteiltes Gebilde. Dabei wird bewusst davon ausgegangen, dass nicht immer alle Mitglieder des Schwarms vollständig funktionsfähig und funktechnisch erreichbar sind. Die Anwendungssoftware kann über eine in Entwicklung befindliche Middleware mit Hilfe von lesenden und schreibenden Funktionen auf diesen virtual shared information space zugreifen. Diese sog. Swarms-Middleware umfasst diverse Filterfunktionen, über die der Zugriff auf den virtual shared information space dem jeweiligen Kooperationsziel angepast werden kann. In einer simulativen Studie wurde untersucht, welche Konsequenzen für die Kommunikation sich ergeben, wenn die Kooperation in Anwendungssystemen auf dieses datenzentrierte Kooperationsparadigma aufgebaut wird. Es zeigte sich, daß die Anzahl der benötigten Pakete unter anderem linear von einem „Dokumentengrenzwert" abhängt, der direkt mit der Informationsrepräsentation zusammenhängt. Auf der Basis dieser Ergebnisse können nun gezielt leistungsfähigere Algorithmen für Ad-hoc-Netze entwickelt werden. Zukünftige Arbeiten werden den Zusammenhang zwischen dem Dokumentgrenzwert und der XML-Kodierung der ausgetauschten Information untersuchen. In diesem Arbeitsbereich erfolgt seit Mai 2002 eine Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die das gemeinsam mit der TU Braunschweig (Prof. Dr. S. Fischer) durchgeführte Swarms-Projekt im Rahmen ihres Schwerpunktprogramms „Basissoftware für selbstorganisierende Infrastrukturen für vernetzte mobile Systeme" (DFG-SPP 1140) unterstützt.

Softwaretechnologie für XML-basierte Applikationen

Für die Kodierung von semistrukturierten Daten ist die eXtensible Markup Language (XML) mittlerweile zu einer allgemein akzeptierten Metasprache geworden, die eine Vielzahl von Standards mitsamt den entsprechenden Werkzeugen hervorgebracht hat. Es sei hier nur auf XMLSchema, DOM, SAX, XSL(T) und die web services hingewiesen. Werden die zwischen kommunizierenden Systemen auszutauschenden Dateneinheiten - wie z.B. bei web services - mit Hilfe von XML kodiert, dann stellen sich u.a. die beiden folgenden wichtigen Fragen: „Wie konstruiert man effiziente, validierende XML-Parser?" und eng damit verbunden: „Wie sieht ein gutes language binding für XML aus?" Diesen beiden Forschungsaufgaben widmet sich der Arbeitsbereich „Softwaretechnologie für

XML-basierte Applikationen“ . Für das effiziente Parsen wird aus unserer Sicht eine neuartige Klasse von Automaten benötigt, die Klasse der sog. Cardinality Constraint Automata (CCA). CCAs sind spezielle push down-Automaten, die im XML-Umfeld zwei Vorzüge aufweisen: Für die Schema-Konstrukte all, derivation-by-extension und minOccurs/maxOccurs, die in der XMLSchema-Definition des W3C enthalten und gerade für Kommunikationsprotokolle sehr wichtig sind, akzeptieren sie eine reichere Semantik als die derzeit vorgesehene, und gleichzeitig lassen sich auf der Basis von CCAs sehr effiziente und kleine validierende Parser konstruieren, die z.B. auf SmartCards untergebracht werden können. Für kleine Geräte fehlt derzeit auch ein effizientes XML language binding. Wir gehen davon aus, dass ein solches language binding - ähnlich wie z.B. das Simple API for XML (SAX) - ereignisorientiert sein sollte, da solche APIs mit weniger Speicher auskommen. Ferner sind wir der Meinung, dass ein gutes XML language binding getypt sein muß, d.h. dass dem Programmierer eine Abbildung der W3C-Schemata in Klassenmodelle zur Verfügung gestellt wird. Aufbauend auf dem ereignisorientierten und getypten Ansatz und den CCAs entwickeln wir deshalb ein objektorientiertes Simple Typed API for XML (STAX), das mit den von CCAs vorgesehenen Datentypen kompatibel ist. Die auf den beschriebenen Technologien aufbauende Software wird innerhalb des oben erwähnten Swarms-Projekts verwendet, und sie geht in den Aufbau eines Content Filters ein, der zur Überwachung der Verkehrs zwischen Netzen eingesetzt werden kann.

Innovative Methoden für den Schutz sensibler Daten

Die Forschungsaufgaben in diesem Bereich haben das Ziel, den Datenschutz durch den Einsatz von Pseudonymisierung, Zugangskontrollverfahren und allgemeinen kryptographischen Verfahren wirkungsvoll zu unterstützen und durch die Einbettung in rechtlich-organisatorische Zusammenhänge zu geschlossenen Prozessen zu kommen, die hinsichtlich ihrer „Datenschutzqualität“ bewertet werden können. Für diesen Bereich sind die im Jahre 2003 durchgeführten praktischen Arbeiten zum Aufbau einer Datenschutzinfrastruktur für die pharmakogenetische Forschung der Schering AG in Berlin besonders hervorzuheben. Anders als andere Forschungszweige innerhalb der Genetik zielt die Pharmakogenetik nicht auf die Diagnose von genetisch bedingten Erkrankungen, sondern auf die Ermittlung der genetischen Grundlagen von optimierter und individualisierter Therapie einer bereits vorliegenden Erkrankung. Der Schutz personenbezogener genetischer Daten hat selbstverständlich in der Pharmakogenetik einen hohen Stellenwert. Die gewonnenen genetischen Daten erlauben in gewisser Weise einen Blick in die Zukunft: Sie können die Prognose einer Erkrankung betreffen, und auch die Aussage, ob mit den vorhandenen Behandlungsansätzen eine erfolgreiche Therapie möglich ist, kann von entscheidender Bedeutung für den Patienten sein. Die damit entstehende Verantwortung für den Schutz genetischer Daten wird bei Schering sehr ernst genommen. Von der Schering AG wurde deshalb die AG Kommunikationssysteme beauftragt, an der Entwicklung eines Datenschutzkonzepts mitzuwirken und dieses vom Unabhängigen Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein in Kiel (ULD) nach den ULD-Regeln für das „Datenschutz-Behördenaudit“ überprüfen zu lassen. Das ULD ist in seinem mittlerweile vorliegenden Gutachten zu der Bewertung gekommen, dass das vorgelegte Konzept die „Wahrung des Datenschutzes auch langfristig sicherstellt, [...] einen Sicherheitsstandard

gewährleistet, der über die bisherige Praxis hinausgeht, und [...] geeignet ist, das Vertrauen von Probanden in den langfristigen Schutz der eigenen personenbezogenen Daten im Rahmen der pharmakogenetischen Arzneimittelforschung zu stärken.“ Die zu diesem Konzept zugehörigen technischen Komponenten wurden in Berlin unter Mitwirkung der AG Kommunikationssysteme entwickelt. Kernstück ist eine mit hohen Sicherheitsschwellen ausgestattete Datenbank zur Verwaltung von Pseudonymisierungsinformationen.

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. N. Luttenberger; Sekretariat: M. Lutz (50%)
Technisches Personal: I. Cembrowski (50%)

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Inf. N. Gruschka Innovativer Datenschutz	01.01.-31.12.2003	WIS
Dipl.-Ing. J. Koberstein SWARMS	01.04.-31.12.2003	DFG
Dipl.-Ing. (FH) C. Link Nomadic Computing	01.01.-31.12.2003	
Dipl.-Inf. F. Reuter XML Language Binding	01.01.-31.12.2003	

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Kommunikationssysteme-1, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
N. Luttenberger (+ F. Reuter)

Systemorientierte Informatik 1 (Digitale Systeme), 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
N. Luttenberger (+ N. Gruschka, C. Link)

Peer-to-Peer-Systeme, 4 Std. Praktikum/Woche,
F. Reuter

Sommer 2003

Kommunikationssysteme-2, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
N. Luttenberger (+ N. Gruschka, C. Link)

Kommunikationssysteme (Zertifikat), 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
N. Luttenberger (+ F. Reuter)

Dokumentieren und Präsentieren, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
N. Luttenberger (+ N. Luttenberger)

Drittmittel

Schering AG Berlin, *Projekt GENOMatch,* 01.10.-31.12.2003 (10.000 Eur)
DFG, *Projekt SWARMS,* 01.04.-31.12.2003 (35.000 Eur)

Diplom- und Master-Arbeiten

Michael Wieseke, *Simulation und Bewertung verschiedener Verfahren zur Broadcast-Kommunikation in Ad-hoc-Netzen.,* 01.04.2003
Jochen Pape, *Entwicklung und Implementierung eines Online-Börseninformationssystems auf der Basis von XML,* 01.04.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

C. Link, N. Luttenberger, *Sicherer Zugang zu privaten Diensten über Virtual Service Networks,* 13. ITG/GI Fachtung Kommunikation in Verteilten Systemen, (2003)
F. Reuter, J. Koberstein, *XCast-Kommunikation im Virtual Shared Information Space.,* Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (PIK), **26(4)**, 216 - 222 (2003)

Präsentationen

N. Luttenberger, *Auditierter Datenschutz für die pharmakogenetische Forschung der Schering AG,* Sommerakademie des Unabhängigen Landeszentrums für Datenschutz Schleswig-Holstein, Kiel, 25.08.2003

Professur für Multimediale Systeme zur Informationsverarbeitung

Die Arbeitsgruppe **Multimediale Systeme zur Informationssverwaltung** befasst sich mit der automatischen Analyse, der Darstellung von und der Interaktion mit dreidimensionalen Szenen. Ein Schwerpunkt bildet die automatische geometrische und visuelle 3D-Rekonstruktion von Szenen aus freihandbewegten Kamerasystemen. Die Arbeitsgruppe ist hierzu am EU-Forschungsprojekt IST-ORIGAMI beteiligt und arbeitet im Bereich der Bildanalyse und Visualisierung.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt im Bereich der kamerabasierten Fahrerassistenzsysteme. In dem zusammen mit der DaimlerChrysler Forschungsabteilung Esslingen initiierten Teilprojekt des BMBF Vorhabens INVENT wird eine kamerabasierte Analyse von Rechts-vor-Links-Situationen im Kreuzungsbereich durchgeführt.

Das Multimedia-Interaktionslabor der Arbeitsgruppe bietet Möglichkeiten, neuartige Mensch-Computer-Interaktionstechniken zu untersuchen.Hierzu werden vor allem die kamerabasierte Personenverfolgung sowie Gesichts- und Gestenerkennung untersucht.

Ein neuaufkommender Forschungsschwerpunkt befindet sich im Gebiet der erweiterten Realität(Augmented Reality), bei der alle vorgenannten Techniken zum Einsatz kommen. Hierbei werden für den Benutzer in Echtzeit zusätzliche Informationen über die gerade sichtbaren Objekte - etwa auf einer Spezialbrille - der tatsächlichen Umgebung überlagert.

Ergebnisse

3D-Rekonstruktion und Visualisierung von dreidimensionalen Szenen

Im Rahmen des EU-Projektes IST-ORIGAMI (2001-2004) wurde die automatische Kamerakalibrierung und die 3D-Rekonstruktion von komplexen Szenen aus Bildfolgen erfolgreich weitergeführt. Die Kameratrajektorie wird durch Verfolgung von Bildmerkmalen in der Bildsequenz bestimmt. Stereoskopische Bildanalyse erlaubt die Vermessung von dichten und zuverlässigen Tiefenkarten. Ein portables 4-Kamera-Aufnahmesystem erlaubt die Modellierung von sehr komplexen Szenen und ermöglicht es, auch 3D-Szenen mit Objektbewegungen zu analysieren. Ein neuartiges Visualisierungssystem zur interaktiven tiefenkompensierten Bildinterpolation erlaubt die Darstellung komplexer Szenen mit geometrisch unscharfen Objekten wie Bäumen und Sträuchern. Das Verfahren wurde erfolgreich bei der Mischung von realen und virtuellen Szenen eingesetzt.

Rekonstruktion der Fahrumgebung mit einer monokularen Schwenk-Neige-kamera

Im Rahmen des BMBF-Projektes INVENT (2002-2004) wird untersucht, inwieweit die 3D-Umgebung eines Fahrzeuges mittels einer monokularen Schwenk-Neige-Kamera analysiert und Gefahrensituationen in Vorfahrtssituationen (Rechts-vor-Links) erkannt werden können. Dazu wurde die Analyse des unbewegten Außenraums untersucht. Hierzu wurde eine Schätzung der Kameraposition sowie der Fahrzeugbewegung aus vorgegebe-

Abb. 1: 3D-Modellierung und Visualisierung von realen und künstlichen Szenen

nen Fahrzeugdaten und gemessenen Bilddaten vorgenommen. Diese Daten erlauben eine Vorhersage der unbewegten Fahrumgebung und eine Detektion von bewegten Objekten, insbesondere eine Kollisionserkennung. Aufgrund von Peilmessungen aus dem optischen Fluss kann eine Kollision mit einem in die Kreuzung einfahrenden Fahrzeug erkannt werden. Tests im Simulator sowie an realen Szenen konnten den Ansatz bestätigen.

Abb. 2: Automatische Erkennung eines bewegten Fahrzeugs im Echtzeitbetrieb

Visuelle Interaktion

Das Multimedialabor der Arbeitsgruppe wurde genutzt, um dem Betrachter dreidimensionale Szenen interaktiv darzustellen. Der Betrachter kann durch einfache Körperbewegung und Sprache interagieren. Die virtuelle Umgebung wird von mehreren (Stereo-) Projektionsleinwänden dargestellt, während der Betrachter von mehreren Kameras verfolgt wird.

Dies ermöglicht die Lokalisation des Kopfes und die Bestimmung der Körperhaltung. Insgesamt werden bis zu neun Rechner genutzt, um die Bewegung zu analysieren und die virtuelle Szene zu projizieren. Die Bewegungsanalyse erfolgt mittels Farbhistogrammen zur Gesichtsverfolgung sowie mittels Differenzbildverfahren zur Bestimmung der Fussposition. Zur Fusion der unterschiedlichen Sensordaten werden auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen basierende Zustandsschätzer verwendet.

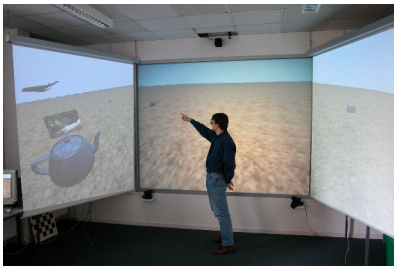


Abb. 3: Interaktive 3D-Visualisierung mit 3 Leinwänden im Multimedialabor

Personal

Leiter: Prof. Dr.-Ing. R. Koch; Sekretariat: R. Staecker (50%)
Technisches Personal: T. Storm

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

J.-F. Evers-Senne ORIGAMI	01.01.-31.12.2003	EU
J.-M. Frahm	01.01.-31.12.2003	CAU
D. Grest 3D-Fahrumgebungserfassung	01.01.-31.12.2003	Daimler/CAU
K. Koeser ORIGAMI	16.06.-31.12.2003	EU
F. Woelk Multimedia-Labor	01.01.-31.12.2003	CAU/WIS
J. Woetzel ORIGAMI	01.01.-31.12.2003	EU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Diplomandenseminar, 2 Std. Diplomandenseminar/Woche,
R. Koch (+ F. Woelk)

Multimedia Communications, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm)

Multimedia Communications, 4 Std. Practical Exercises/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm)

Multimediale Informationsverarbeitung, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm)

Seminar Visuelle Modellierung, 2 Std. Seminar/Woche,
R. Koch (+ F. Woelk)

Virtual Reality, 4 Std. Fortgeschrittenenpraktikum/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm, J.-F. Evers-Senne, F. Woelk, D. Grest, J. Woetzel)

Sommer 2003

Seminar Visuelle Modellierung, 2 Std. Seminar/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm)

Vertiefende Übung Multimedia, 4 Std. Fortgeschrittenenpraktikum/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm, J.-F. Evers-Senne, F. Woelk, D. Grest)

Winter 2003/2004

Computer Graphik, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Koch (+ F. Woelk)

Multimedia Communications, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm)

Multimedia Communications - Practical Exercises, 4 Std. Practical Exercises/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm)

Seminar Visuelle Modellierung, 2 Std. Seminar/Woche,
R. Koch (+ D. Grest)

Vertiefende Übung Multimedia, 4 Std. Fortgeschrittenenpraktikum/Woche,
R. Koch (+ J.-M. Frahm, J.-F. Evers-Senne, F. Woelk, D. Grest, J. Woetzel)

Drittmittel

EU, *A new paradigmen for high-quality mixing of real and virtual - ORIGAMI,*
01.09.2001-30.04.2204 (430.809 EUR)
Daimler-Chrysler, *Fahrumgebungserfassung und Interpretation INVENT,*
01.01.2002-31.12.2004 (293.068 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

mit:

Dr. Rick Szeliski, **Microsoft Research** , Redmont, WA. USA

Prof. Augusto Sarti, Prof. Stefano Tubaro, **Politecnico di Milano** , Mailand, Italien

Dr. Oliver Grau, **BBC Research and Development** , Kingswood, UK

Prof. Fabio Lavagetto, **Universita degli Studi di Genova** , Genua, Italien

Dr. Uwe Franke, **Daimler-Chrysler Research and Technology** , Esslingen

Dr. Hunger, **Fa. IBAK** , Kiel

Diplom- und Master-Arbeiten

I. Thomsen, *Kombination struktur- und farbbasierter Verfahren zur Gesichtsdetektion,* 15.07.2003

M. Nimser, *Dichte Tiefenschätzung aus mehreren Kameras mittels Graph-Cut-Algorithmen,* 10.10.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

J.-F. Evers-Senne, R. Koch, *Interactive Rendering with View-dependent Geometry and Texture,* Proceedings of SIGGRAPH 2003, Sketches and Applications, San Diego, (2003)

J.-F. Evers-Senne, R. Koch, *Image-Based Interactive Rendering with View Dependent Geometry,* Proceedings of Eurographics 2003, Granada, Spain, 573 - 582 (2003)

J.-F. Evers-Senne, R. Koch, *Image Based Rendering from Handheld Cameras using Quad Primitives,* Proceedings of VMV 2003, Munich, Germany, 19 - 26 (2003)

J.-M. Frahm, R. Koch, *Camera Calibration and 3D Scene Reconstruction from image sequence and rotation sensor data,* Proceedings of VISION, MODELING, AND VISUALIZATION 2003, Munich, Germany, 79 - 86 (2003)

J.-M. Frahm, R. Koch, *Camera Calibration with known Rotation,* Proceedings of the International Conference Computer Vision Nice, France, 1418 - 1425 (2003)

J.-M. Frahm, J.-F. Evers-Senne, R. Koch, *Distributed Interaction Processing and Vizualization of 3D Scenes in Realtime,* Proceedings of 3rd, International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, Rome, Italy, (2003)

J.-M. Frahm, R. Koch, *Robust Camera Calibration from Images and Rotation Data,* Proceedings of DAGM 2003 Magdeburg, Germany, 249 - 256 (2003)

O. Grau, R. Koch, F. Lavagetto, M. Milne, E. Murphy, M. Price, O. Razzoli, A.. Sarti, S. Spallarossa, S. Tubaro, J. Woetzel, *New production tools for the planning and the on-set visualization of virtual and real scenes,* Conference Publication of the International Broadcasting Convention, WHP 073, (2003)

D. Grest, J.-M. Frahm, R. Koch, *A Color Similarity Measure for robust Shadow Removal in Real Time,* Proceedings of VISION, MODELING, AND VISUALIZATION 2003, Munich, Germany, 253 - 260 (2003)

R. Koch, *3D-Scene Modelling from Image Sequences,* Proceedings of PIA The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, **XXXIV**, 3 - 9 (2003)

Patent-Anmeldungen

J.-M. Frahm, R. Koch, *Verfahren zur Selbstkalibrierung eines Kamerasystems,* Deutsches Patentamt München, 28.08.2003, DE 103 400 23.0

Präsentationen

R. Koch, *Interactive Rendering with View-dependent Geometry and Texture,* SIGGRAPH, San Diego, USA, 30.07.2003

J.-F. Evers-Senne, *Image-Based Interactive Rendering with View Dependent Geometry,* Eurographics, Granada, Spanien, 03.09.2003

J.-F. Evers-Senne, *Image Based Rendering from Handheld Cameras using Quad Primitives,* VMV, München, 20.11.2003

J.-M. Frahm, *Distributed Interaction Processing and Vizualization of 3D Scenes in Realtime,* International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, Rom, Italien, 18.09.2003

J.-M. Frahm, *Robust Camera Calibration from Images and Rotation Data,* DAGM, Magdeburg, 11.09.2003

D. Grest, *A Color Similarity Measure for robust Shadow Removal in Real Time,* VMV, München, 20.11.2003

R. Koch, *3D-Scene Modelling from Image Sequences,* PIA, München, 18.09.2003

R. Koch, *Computerr Visionen - Der Einsatz von Bildverarbeitung und Computer Graphik in interaktiven visuellen Medien,* Mediatage Nord, Kiel, 26.11.2003

R. Koch, *3D Modeling from Images,* Microsoft Research, Seattle, USA, 13.06.2003

R. Koch, *Visual-Geometry-Scene Modelling form Image Sequences,* Workshop on New Developments on Close Range Photogrammetrie, Bonn, 26.03.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Am 19./20.02.03 blieben die Lichter der CAU eine ganze Nacht lang an. Der Beitrag der Arbeitsgruppe Multimediale Systeme zur Informtionsverarbeitung war ein Vortrag von Professor Koch zum Thema „Von realen Bildern zu virtuellen Räumen“

Die Arbeitsgruppe war auf der **CeBIT** 12.03.2003 bis 19.03.2003 auf dem Norddeutschen Gemeinschaftsstand unter dem Logo „From Images to 3D-Models“ vertreten.

Wissen macht Spaß war das Motto der Kinderuni mit einer Vorlesung von Professor Koch zum Thema „Autos der Zukunft: Wie Autos sehen lernen“ am 03.09.2003 vor 600 Kindern zwischen 6 und 12 Jahren.

Die Veranstaltung **Multimedia meets IT** fand im Rahmen der Media Tage Nord am 26.11.03 auf dem Multimedia Campus statt. Der Abschlussvortrag von Prof. Koch lautete: Computer Vision - Der Einsatz von Bildverarbeitung und Computer Graphik in interaktiven visuellen Medien.

Interuniversitäre Gremien

- Vorsitzender des Prüfungsausschusses „Ingenieurinformatik“

- Berufungskommission Nachfolge Jammel, Nachfolge Kluge, Nachfolge Kandzia.

- Transdisziplinäre Kommission zum Studiengang „Phonetik und Sprachverarbeitung“

- Gemeinsame Kommission der Christian-Albrechts-Universität, der Fachhochschule Kiel

und der Muthesius Schule für den Multimedia-Campus Kiel

Gutachtertätigkeit

Mitglied in folgenden Programm-Komitees internationaler Tagungen: - DAGM 2003: Symposium der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Mustererkennung, Magdeburg - VMV 3003: International Workshop on Vision, Modeling, and Visualisation, München

Gutachter für folgende Zeitschriften:

- IEEE Transactions for Pattern Analysis and Machine Intelligence

- IEEE-IE Transactions IE, Special Issue on Optomechatronics

- International Journal of Image and Graphics (IJIG), Special Issue on „Image and Graphics“

- Journal of Mathematical Imaging and Vision

- Transactions CSVT: Special Issue on Immersive Telecommunication

- Springer Verlag, Buchbegutachtungen

Lehrstuhl für Praktische Mathematik

Wegen Beurlaubung an der CAU werden Veranstaltungen nur im Zeitrahmen eines Tages pro Woche in Kiel durchgeführt. Die Haupttätigkeit findet am Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften in Leipzig statt.

Ergebnisse

Hauptarbeitsbereich im Jahr 2003 war die Technik der hierarchischen Matrizen.

Hierarchische Matrizen

Die hierarchische Matrixtechnik ($\mathcal{H}$-Matrixtechnik) ist eine Verallgemeinerung der Paneel-Clusterungsmethode, die 1983 in Kiel begonnen wurde.

Ziel der Methode ist es, vollbesetzte Matrizen so zu behandeln, dass der Speicheraufwand und die arithmetischen Kosten bis auf einen logarithmischen Faktor $O(n)$ beträgt (n: Dimension der Matrix). Die hierdurch erzeugten Approximationsfehler dürfen den Diskretisierungsfehler nicht übersteigen. Während die Paneel-Clusterungsmethode benutzt wird, um die Matrix-Vektor-Multiplikation mit der Randelementmatrix schnell durchzuführen, werden jetzt auch Matrixoperationen wie die Addition, Multiplikation und Inversion unterstützt. Die hierarchische Matrixtechnik ist wesentlich allgemeiner als die Multipolmethode, deren Anwendung auf die Fälle beschränkt ist, in denen explizit bekannte Kerne mit wohlbekannten Entwicklungsformeln gegeben sind.

Die Kandidaten für die vollbesetzten Matrizen sind nicht nur Diskretisierungen der Integraloperatoren (insbesondere der Randelementmethode (BEM)), sondern auch inverse Finite-Element-Matrizen oder Schur-Komplemente in der FEM.

Die Wichtigkeit schneller Techniken wie dieser begründet sich darin, dass nur Algorithmen optimaler Ordnung für großskalige Anwendungen überleben können. Je größer die Computer werden, um so stärker ist die Notwendigkeit einer (fast) optimalen Methode. Ein anderer Aspekt ist, dass die $\mathcal{H}$-Matrixtechnik Möglichkeiten für neuartige Algorithmen eröffnet (vgl. zum Beispiel die Riccati-Gleichung, s.u.). Die Anwendung dieser Techniken ist sehr breit, da sie alle Felder betrifft, in denen z.B. Randelementmethoden benutzt werden. Ein besonderer Aspekt ist, dass wegen ihres 'black-box'-Charakters die $\mathcal{H}$-Matrixtechnik eine Alternative zu iterativen Verfahren darstellt.

Wichtig ist die Tatsache, dass die Methode eher einen 'black-box'-Charakter besitzt und neben der Matrix-Vektor-Multiplikation die Matrixoperationen wie Matrixaddition, Matrixmultiplikation und sogar die Matrixinversion unterstützt.

Die Kosten der Matrixoperationen sind im Detail von Dr. Grasedyck untersucht. Es stellt sich heraus, dass neben der Tiefe des Clusterbaumes zwei Konstanten C_S ('sparsity') und C_{id} ('idempotency') die Schlüsselgrößen sind, die den Rechenaufwand der Addition, Multiplikation und der Inversion beschreiben. Unter natürlichen Annahmen an das Finite-Element-/Randelement-Gitter kann man Schranken C_S und C_{id} nachweisen, die unabhängig von der Gitterweite sind. Dies schließt lokal verfeinerte Gitter ein.

$\mathcal{H}^2$-Matrizen

Bei $\mathcal{H}$-Matrizen besitzt jeder Block eine allgemeine Rang-k-Untermatrix. Die $\mathcal{H}^2$-Matrizen erlauben nur Untermatrizen aus einem bestimmten Tensorraum. Die Unterräume sind wieder hierarchisch strukturiert. Hieraus ergibt sich, dass nur k^2 Koeffizienten pro Block abzuspeichern sind, aber nicht die Basisvektoren. Stattdessen benutzt man die Transformationen zwischen den Hierarchiestufen. Die Situation ist in etwa zum Wavelet-Fall ähnlich, wo auch die Basisvektoren nie direkt verwandt werden und stattdessen die Maskenkoeffizienten benutzt werden.Dank der zusätzlichen Struktur gewinnt man log-Faktoren beim arithmetischen und Speicheraufwand. Die Anwendung des $\mathcal{H}^2$-Matrix-Konzeptes auf Diskretisierungen von Integralgleichungen ist offensichtlich, da die Wahl der Unterräume bekannt ist. Für allgemeine Matrizen ist es möglich, eine (fast) optimale Basis adaptiv zu konstruieren.

Matrix-Riccati-Gleichung

Eine wichtige weitere Anwendung betrifft die Lösung der Matrix-Riccati-Gleichung. In optimalen Kontrollproblemen treten Matrix-Gleichungen wie die (algebraische Matrix-) Riccati-Gleichung

$$A^T X + XA - XFX + G = 0$$

auf. Hierbei sind die $n \times n$-Matrizen $A, GundF$gegeben, die $n \times n$-Matrix X ist gesucht. Für $F = 0$ vereinfacht sich die Gleichung zur Ljapunov-Gleichung. Das Standardverfahren zur Lösung der Riccati-Gleichung ist das Newton-Verfahren, das zu einer Folge von Ljapunov-Gleichungen führt. Traditionell wird X als vollbesetzte Matrix behandelt, d.h. eine quadratische Gleichung mit n^2 Unbekannten ist zu lösen. Unter diesen Umständen führen selbst optimale Methoden wie Mehrgitterverfahren zu Kosten $O(n^2)$. Die unbekannte Matrix wird durch eine hierarchische Matrix approximiert. Es ist bekannt, dass die Lösung Riccati-Gleichung mittels der sign-Funktion (Vorzeichen des Realteils) angewandt auf Matrizen formuliert werden kann. Diese Matrix-sign-Funktion ist das Resultat einer quadratisch konvergenten Iteration der Form

$$M \longrightarrow 0.5(M + M^{-1}) \quad .$$

Dank der $\mathcal{H}$-Matrixarithmetik erfordert die Lösung der Riccati-Gleichung $O(n\log^q n)$ Operationen.

Personal

Leiter: Prof. Dr. Dr. h.c. W. Hackbusch; Sekretariat: A. Jöhnk

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Math. J. Burmeister	01.01.-31.12.2003	CAU
Dipl.-Math. A.-V. Kramer	01.01.-31.10.2003	DFG

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Mathematisches Praktikum: Mehrgitterverfahren für lineare und nichtlineare Probleme, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Hackbusch (+ J. Burmeister)

Oberseminar zur Praktischen Mathematik, 2 Std. Seminar/Woche,
W. Hackbusch

Sommer 2003

Der Stabilitätsbegriff in der Numerik, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Hackbusch

Oberseminar zur Praktischen Mathematik, 2 Std. Seminar/Woche,
W. Hackbusch

Winter 2003/2004

Mathematisches Praktikum: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Hackbusch (+ J. Burmeister)

Oberseminar zur Praktischen Mathematik, 2 Std. Seminar/Woche,
W. Hackbusch

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

M. Bebendorf, W. Hackbusch, *Existence of H-matrix approximants to the inverse FE-matrix of elliptic operators with L^∞-coefficients,* Numerische Mathematik, **95**, 1 - 28 (2003)

S. Börm, L. Grasedyck, W. Hackbusch, *Introduction to hierarchical matrices with applications,* Engineering Analysis with Boundary Elements, **27**, 405 - 422 (2003)

S. Börm, L. Grasedyck, W. Hackbusch, *Hierachical Matrices,* Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Lecture Note, **21**, (2003)

L. Grasedyck, W. Hackbusch, B. Khoromskij, *Construction and arithmetics of H-matricesC,* Computing, **70**, 295 - 334 (2003)

L. Grasedyck, W. Hackbusch, *Solution of large scale algebraic matrix Riccati equations by use of hierarchical matrices,* Computing, **70**, 121 - 165 (2003)

Lehrstuhl für Programmiersprachen und Übersetzerkonstruktion

Die Arbeiten des Lehrstuhls für Programmiersprachen und Übersetzerkonstruktion konzentrieren sich auf den Bereich des Entwurfs, der Realisierung und der Anwendung von Programmiersprachen zur zuverlässigen Programmierung komplexer Systeme. Die Untersuchungen reichen dabei von objektorientierten Entwurfsmethoden über die Analyse verteilter Systeme bis zur Implementierung und Anwendung deklarativer Programmiersprachen. Unterstützt wurden die wissenschaftlichen Arbeiten durch die DFG und den DAAD, der die Zusammenarbeit mit Partnern in den USA und Spanien ermöglichte. Darüberhinaus wurde im Berichtszeitraum ein von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung gefördertes Projekt zur Entwicklung eines Leistungspunktsystems in Fachbereichen Elektrotechnik und Informatik durchgeführt.

Ergebnisse

Im Berichtszeitraum lag der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten im Bereich der deklarativen Programmiersprachen, was auch durch entsprechende Drittmittel unterstützt wurde. Die Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Valencia, die vom DAAD durch Bereitstellung von Reisemitteln unterstützt wurde, ist fortgeführt worden. Ziel dieser Zusammenarbeit ist die Entwicklung neuer Techniken zum Debugging deklarativer Programmiersprachen. Deklarative Programmiersprachen abstrahieren stärker von konkreten Rechnerarchitekturen und bieten daher ein höheres Programmierniveau als herkömmliche Programmiersprachen. Insbesondere liegt ihnen ein anderes Ausführungsmodell zugrunde, welches sich aus Gründen der Optimierung der Ausführungsreihenfolge nicht am sequentiellen Programmtext orientiert. In vielen Fällen führt dies zu einer effizienteren Programmentwicklung. Falls jedoch Programmierfehler auftreten, sind herkömmliche Debugging-Methoden durch Verfolgung des konkreten Berechnungsablaufs unzureichend. Aus diesem Grund wurden in diesem Projekt neue Debugging-Methoden entwickelt, die auf die Besonderheiten deklarativer Programmiersprachen zugeschnitten sind. Nachdem im Jahr 2002 durch die Definition einer geeigneten Semantik ein theoretisches Fundament für Debugging-Methoden gelegt worden ist, sind bei gegenseitigen Besuchen Tracing-Methoden entwickelt worden, die in Kiel in ein Debugging-Werkzeug umgesetzt worden sind, mit dem man den Berechnungsverlauf auf einem abstrakten Niveau verfolgen und daher Fehler leicht aufspüren kann.

In einer weiteren Zusammenarbeit mit der Universität Kent (England) wurde ein Programmierwerkzeug entwickelt, mit dem man Berechnungen in logisch-funktionalen Programmen beobachten kann, indem man bestimmte Programmobjekte zur Beobachtung kennzeichnet. Da diese Beobachtungsobjekte sowohl Daten als auch Funktionen oder logische Variablen sein können, kann sich der Programmierer hiermit einen guten Überblick über die Auswertung der jeweiligen Programmobjekte in einem Programmablauf verschaffen.

Im Berichtszeitraum wurde auch eine Zusammenarbeit mit der Portland State University (USA) abgeschlossen, bei der einerseits die Techniken zur Auswertung deklarati-

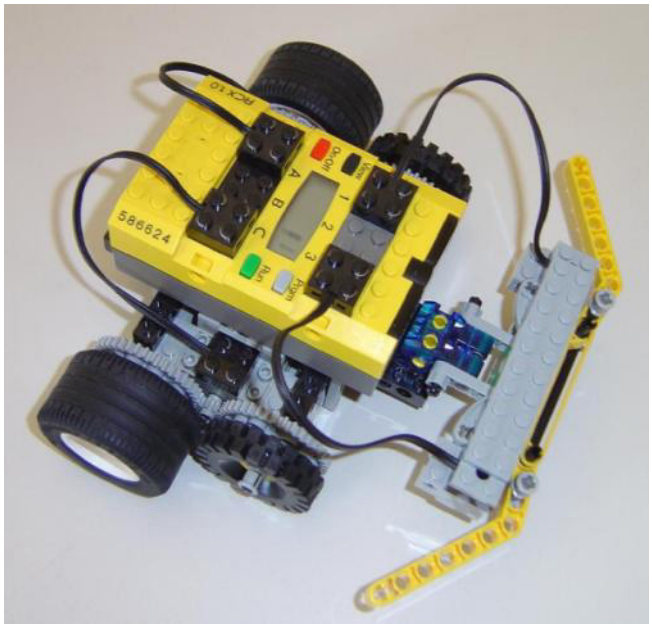


Abb. 1: Ein LEGO-Mindstorm-Roboter

ver Programme durch Entwicklung einer neuen Strategie für bedingte Regelsysteme verbessert wurden, andererseits die Programmentwicklung mit deklarativen Sprachen durch geeignete Entwurfsmuster weiterentwickelt wurde. Um die praktische Anwendung dieser Sprachen in größeren Projekten weiter zu evaluieren, wurde im Wintersemester 2002/2003 ein studentisches Projekt durchgeführt, bei dem ein offenes, Internet-basiertes System zur Unterstützung selbstorganisierter Lernformen realisiert worden ist. Da der Bedarf an entsprechenden Lernformen steigt, wurden solche Lernformen auch in einem EU-geförderten Projekt zum selbstorganisierten Lernen weiterentwickelt, wobei ein weiteres Internet-basiertes System entwickelt und in einem realen Weiterbildungslehrgang eingesetzt worden ist.

Ein weiterer Anwendungsbereich deklarativer Programmiersprachen, der im Berichtszeitraum untersucht worden ist, ist die Programmierung eingebetteter Systeme. Üblicherweise werden solche Systeme im imperativen Stil programmiert, da deklarative Sprachen von zeitlichen Aspekten abstrahieren, welche aber gerade für diesen Anwendungsbereich relevant sind. Um die Vorteile deklarativer Sprachen auch in diesem Anwendungsbereich auszunutzen, wurde eine allgemeine Erweiterung deklarativer Sprachen um Zeitaspekte entwickelt und speziell im Bereich der Programmierung eingebetteter Systeme am Beispiel der LEGO-Mindstorm-Roboter untersucht. Diese Arbeiten wurden auch am Tag der offenen Tür der CAU Kiel präsentiert. Die Programmierung dieser Kleinroboter mittels deklarativer Sprachen ist eine nicht-triviale Aufgabe, da diese Roboter, wie auch typische eingebettete Systeme, äußerst wenig Speicher und Rechenkapazität besitzen. Aus diesem Grund wurden im Berichtszeitraum neue Übersetzungstechniken entwickelt, die speziell auf diese Ressourcenbeschränkungen zugeschnitten sind.

Ende September 2003 wurde das Verifix-Projekt „Korrekte Übersetzer“ abgeschlossen, das von der DFG sei Anfang 1995 in drei zweijährigen Projektphasen gefördert worden ist. Verifix ist eine Forschungskooperation mit den Gruppen von Prof. Goos an der Universität Karlsruhe und Prof. von Henke an der Universität Ulm mit dem Ziel der Erforschung und Entwicklung praktikabler Verfahren zur Konstruktion von verifizierten Programmiersprachübersetzern, damit diese für praktisch eingesetzte imperative und objektorientierte Sprachen und reale Maschinen nachweisbar korrekten Zielcode produzieren.

In einem von der BLK geförderten Verbundprojekt zur Einführung von Leistungspunktsystemen wurden Studien zur Akzeptanz von Bachelor- und Masterstudiengängen bei den Arbeitgebern und zur Erfassung studentischer Workload, die die Basis zur Vergabe von Leistungspunkten bildet, durchgeführt. Weiterhin wurde in diesem Rahmen ein Webbasiertes Modulinformationssystem entwickelt, das die Modularisierung der Informatik-Studiengänge technisch unterstützen soll.

Abb. 2: Das Wormworld-Spiel

Weiterhin wurde im Rahmen des wissenschaftliches Jahreskolloquiums des Instituts für Informatik und Praktische Mathematik ein Programmierwettbewerb veranstaltet, bei dem die Studierenden Spieler für ein Strategiespiel (Wormworld) programmieren sollten, deren Sieger beim Jahreskolloquium ermittelt wurden. Der Programmierwettbewerb fand große Resonanz, so dass aus 13 Teilnehmergruppen in einer Vorrunde die drei besten Teilnehmer ermittelt wurden, die dann in einem live durchgeführten Endkampf gegeneinander angetreten sind.

Personal

Leiter: Prof. Dr. M. Hanus; Sekretariat: U. Pollakowski-Geuther
Technisches Personal: Dipl.-Inform. F. Steiner

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Inform. B. Bennemann Leistungspunkte	01.01.-31.12.2003	BLK
Dipl.-Inform. B. Braßel Analyse deklarativer Programmiersprachen	01.03.-31.12.2003	DFG
Priv.-Doz. Dr. W. Goerigk	01.01.-31.12.2003	CAU
Dr. F. Huch	01.01.-31.12.2003	CAU
Dipl.-Inform. K. Höppner	01.01.-31.12.2003	CAU
Dr. F. Simon	01.01.-31.12.2003	CAU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Prinzipien von Programmiersprachen, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
M. Hanus (+ K. Höppner)

Internet-Programmierung, 4 Std. Fortgeschrittenen-Praktikum/Woche,
M. Hanus, F. Huch

Nebenläufige und verteilte Programmierung, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Huch

Objektorientierte Programmierung, 2 (+4) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Simon

Diplomandenseminar, 2 Std. Seminar/Woche,
M. Hanus

Arbeitsgemeinschaft Informatik, Logik und Mathematik, 2 Std. Seminar/Woche,
M. Hanus, R. Berghammer

Sommer 2003

Logikprogrammierung, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
M. Hanus (+ K. Höppner)

Programmierung verteilter Systeme, 2 Std. Seminar/Woche,
M. Hanus (+ F. Huch)

Systematisches Programmieren, 2 (+4) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Simon

Diplomandenseminar, 2 Std. Seminar/Woche,
M. Hanus

Arbeitsgemeinschaft Informatik, Logik und Mathematik, 2 Std. Seminar/Woche,
M. Hanus, R. Berghammer

Winter 2003/2004

Informatik I (Programmierung), 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
M. Hanus (+ R. Berghammer, W. Goerigk, K. Höppner)

Programmierpraktikum P1, 3 Std. Praktikum/Woche,
M. Hanus, F. Huch

Übersetzerbau, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
M. Hanus (+ F. Huch)

Programmiertechniken für die Künstliche Intelligenz, 2 (+4) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Simon

Implementierung objektorientierter Sprachen, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Goerigk

Diplomandenseminar, 2 Std. Seminar/Woche,
M. Hanus

Arbeitsgemeinschaft Informatik, Logik und Mathematik, 2 Std. Seminar/Woche,
M. Hanus, R. Berghammer

Drittmittel

DAAD, *Projektbezogener Personenaustausch mit Spanien,* 01.01.2002-31.12.2003 (5.112 Euro)
EU, *Selbstorganisiertes Lernen in der KERN-Region,* 01.03.2002-31.12.2003 (18.309 Euro)
DFG, *Eine Analyse- und Programmierumgebung für deklarative Sprachen,* 01.02.2002-31.01.2004 (117.085 Euro)
BLK, *Projekt "Entwicklung eines Leistungspunktesystems an Hochschulen",* 01.10.2001-30.09.2004 (123.469 Euro)
DFG, *Verifix,* 01.01.-30.09.2003 (5.772 Euro)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Kooperation mit schiff-gmbh, Datenzentrale Schleswig-Holstein, eCONNEX AG, frau-franz konzept & dezign und IPN im Bereich "Selbstorganisiertes Lernen im Bereich der IT-Nutzung in der KERN-Region".

Diplom- und Master-Arbeiten

J. Rienow, *Modellbasierte generative Softwaretechnik als Werkzeug bei der Konzeption hochgradig multimedialer Präsentationen,* 17.08.2003
S. Lemke, *Ein Softwareentwicklungsprozess für Workflow-Anwendungen,* 29.08.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

E. Albert, M. Hanus, G. Vidal, *A residualizing semantics for the partial evaluation of functional logic programs,* Information Processing Letters, Vol. 85, No. 1, 19 - 25 (2003)

M. Hanus, K. Höppner, F. Huch, *Towards Translating Embedded Curry to C,* Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Vol. 86, No. 3, (2003)

S. Antoy, M. Hanus, *Concurrent Distinct Choices,* Journal of Functional Programming (to appear), (2003)

M. Alpuente, M. Hanus, S. Lucas, G. Vidal, *Specialization of Functional Logic Programs Based on Needed Narrowing,* Journal of Theory and Practice of Logic Programming (to appear), (2003)

S. Antoy, B. Braßel, M. Hanus, *Conditional Narrowing without Conditions,* Proc. of the 5th International ACM SIGPLAN Conference on Principles and Practice of Declarative Programming, PPDP 2003, 20 - 31 (2003)

M. Hanus, K. Höppner, F. Huch, *Towards Translating Embedded Curry to C,* Proc. 12th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming, WFLP 2003, 89 - 102 (2003)

M. Hanus, F. Huch, *An Open System to Support Web-based Learning,* Proc. 12th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming, WFLP 2003, 269 - 282 (2003)

B. Bennemann, *Bachelor-Studiengang Informatik - Workload als Basis zur Leistungspuntevergabe und Erfahrungen in der Workload-Erfassung im Institut für Informatik an der CAU Kiel,* Workshop "Die Berufsqualifikation und die Arbeitsbelastung der Studierenden - die qualitativen und quantitativen Gestaltungsgrundlagen für Leistungspunktesysteme in der Hochschulbildung", (2003)

B. Bennemann, *Umfrage zu Bachelor- und Master-Studiengängen in der Informatik,* Flyer, CAU Kiel, (2003)

B. Bennemann, *Umfrage zu Bachelor- und Master-Studiengängen in der Informatik,* BLK_V2_1/2003, (2003)

F. Huch, *Model Checking Erlang Programs - LTL-Propositions and Abstract Interpretation,* Proc. 12th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming, WFLP 2003, 255 - 268 (2003)

F. Huch, V. Stolz, *Runtime Verification for Concurrent Haskell,* Proc. 12th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming, WFLP 2003, 21 - 32 (2003)

A. Dold, W. Goerigk, F. von Henke, *A Completely Verified Realistic Bootstrap Compiler,* International Journal of Foundations of Computer Science, **14(4)**, 659 - 680 (2003)

W. Goerigk, H. Langmaack, *Will Informatics be able to Justify the Construction of Large Computer Based Systems? Part I: Realistic Correct Systems Implementation,* International Journal on Problems of Programming, **1**, (2003)

W. Goerigk, H. Langmaack, *Will Informatics be able to Justify the Construction of Large Computer Based Systems? Part II: Trusted Compiler Implementation,* International Journal on Problems of Programming, **2**, (2003)

B. Braßel, *Vorzüge einer Theorie der Dialektik,* Logik, Mathematik und Naturphilosophie im objektiven Idealismus (Festschrift für Dieter Wandschneider zum 65. Geburtstag), 91 - 112 (2003)

B. Braßel, *Das Verhältnis von Logik und Natur bei Hegel,* Sich in Freiheit entlassen - Natur und Idee bei Hegel (Reihe Hegeliana, Band 16), 87 - 105 (2003)

F. Neumann, F. Simon, *Specific Evolutionary Algorithms for Permutation Problems,* WSEAS Transactions on Systems, **4(2)**, (2003)

Präsentationen

M. Hanus, *An Open System to Support Web-based Learning,* 12th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming (WFLP 2003), Valencia, Spanien, 12.06.2003

K. Höppner, *Towards Translating Embedded Curry to C,* 12th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming (WFLP 2003), Valencia, Spanien, 12.06.2003

K. Höppner, *Übersetzung von Embedded Curry nach C,* GI-Workshop "Programmiersprachen und Rechenkonzepte", Bad Honnef, 09.05.2003

M. Hanus, *Declarative Multi-Paradigm Programming in Curry,* Kolloquium, Universität Linköping, Linköping, Schweden, 27.11.2003

M. Hanus, *Programmierung von Kleinrobotern am Beispiel von LEGO-Mindstorms,* Tag der offenen Tür der TF, Kiel, 17.05.2003

B. Bennemann, *Akzeptanz der neuen Abschlüsse bei Arbeitgebern,* BLK-Verbundtreffen, Furtwangen, 08.05.2003

B. Bennemann, *Bachelor-Studiengang Informatik - Workload als Basis zur Leistungspuntevergabe und Erfahrungen in der Workload-Erfassung im Institut Erfahrungen in der Workload-Erfassung im Institut für Informatik an der CAU Kiel,* Workshop "Die Berufsqualifikation und die Arbeitsbelastung der Studierenden - die qualitativen und quantitativen Gestaltungsgrundlagen für Leistungspunktesysteme in der Hochschulbildung", Weimar, 21.05.2003

B. Bennemann, *Erste Erfahrungen mit Workload-Bestimmung am Institut für Informatik an der CAU Kiel,* BLK-Verbundtreffen, Oldenburg, 13.11.2003

B. Bennemann, *Kieler Moduldatenbanken und Austausch von Modulbeschreibungen im BLK-Verbund,* BLK-Verbundtreffen, Oldenburg, 13.11.2003

W. Goerigk, *On the Impact of Logics and Computing Sciences to Science-Art Research,* Tweed Shire Science-Art Research Meeting and Presentation, Uki, Australien, 18.08.2003

B. Braßel, *Conditional Narrowing without Conditions,* GI-Workshop Programmiersprachen und Rechenkonzepte, Bad Honnef, 07.05.2003

B. Braßel, *Conditional Narrowing without Conditions,* ACM SIGPLAN Conference on Principles and Practice of Declarative Programming (PPDP 2003), Uppsala,

Schweden, 29.08.2003

F. Huch, *Fehlersuche beim Debuggen nebenläufiger Programme,* GI-Workshop Programmiersprachen und Rechenkonzepte, Bad, 08.05.2003

F. Huch, *Model Checking Erlang Programs - LTL-Propositions and Abstract Interpretation,* 12th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming (WFLP 2003), Valencia, Spanien, 13.06.2003

F. Huch, *Deadlocksuche beim Debuggen nebenläufiger Programme,* Kolloquium, TU Berlin, Berlin, 11.11.2003

F. Huch, *Automatische Fehlersuche beim Debuggen nebenläufiger Programme,* Kolloquium, Universität zu Lübeck, Lübeck, 27.11.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

M. Hanus: Mitglied im Programmkomitee von WFLP 2003 (12th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming), Valencia, 2003

M. Hanus: Organisation von MultiCPL'03 (2nd International Workshop on Multiparadigm Constraint Programming Languages) im Rahmen der CP 2003 (International Conference on Constraint Programming), Kinsale (Irland), 2003 (zusammen mit Armin Wolf, Fraunhofer FIRST Berlin, und Petra Hofstedt, Technische Universität Berlin)

M. Hanus: Mitglied im Steering Committee der PPDP-Konferenzen (International ACM SIGPLAN Conference on Principles and Practice of Declarative Programming)

M. Hanus: Mitglied im Editorial Board des Journal of Functional and Logic Programming

F. Huch: Mitglied im Programmkomitee des 15th International Workshop on the Implementation of Functional Languages (IFL'03)

F. Huch: Ausrichtung des b+m/DHL-Programmierwettbewerbs Wormworld im Rahmen des wissenschaftliches Jahreskolloquiums des Instituts für Informatik und Praktische Mathematik

W. Goerigk: Sprecher der Fachgruppe FG 2.1.4 Programmiersprachen und Rechenkonzepte der Gesellschaft für Informatik e.V.

W. Goerigk: Stellvertretender Sprecher der Fachgruppe FG 1.1.1 Deklarative Sprachen der Gesellschaft für Informatik e.V.

W. Goerigk: Mitglied des Fachbereich 2 Softwaretechnik der Gesellschaft für Informatik e.V.

W. Goerigk: Mitglied des Programmkomitees, Joint Modular Languages Conference JMLC 2003, Klagenfurt, Österreich, August 2003

W. Goerigk: Veranstalter und Mitglied im Programm- und Organisationskomitee des Workshops Programmiersprachen und Rechenkonzepte der GI-Fachgruppe 2.1.4, Bad Honnef, Mai 2003

Professur für Rechnergestützte Programmentwicklung

Die Forschung der Arbeitsgruppe konzentrierte sich im Berichtszeitraum insbesondere auf drei Gebiete: die Grundlagen von Programmiersprachen und formale Methoden der Programmierung, die algebraische Behandlung von Relationen und Anwendungen von relationalen Methoden in der Informatik sowie die Entwicklung von Algorithmen für insbesondere graphentheoretische Probleme. All dies erfolgte immer unter dem Blickwinkel der Rechnerunterstützung. Insbesondere im Bereich der Relationenalgebra besitzt die Arbeitsgruppe mit dem seit 1993 selbst entwickelten System RelView mittlerweile eines der ausgereiftesten Werkzeuge für dieses Gebiet, welches international anerkannt und weltweit im Einsatz ist.

Ergebnisse

Im Gegensatz zu vielen sich mit Algorithmik befassenden Forschergruppen, bei denen mathematisch oft relativ informell argumentiert wird und häufig Pseudo-Code zur Formulierung von Algorithmen dient, versucht unsere Arbeitsgruppe seit langer Zeit (möglichst effiziente) Algorithmen formal als Programme herzuleiten. Sie bedient sich dabei der seit vielen Jahren bekannten Kalküle, Techniken und Methoden, die auf eine formale Semantik der zugrundeliegenden Programmiersprache aufbauen. Bei Problemen auf diskreten Strukturen (wie Graphen, Ordnungen, Spielen, Petri-Netzen usw.) fand im Berichtszeitraum insbesondere eine Kombination des Zusicherungskalküls a la Floyd/Hoare mit Relationenalgebra oft Verwendung. Ein formales Vorgehen stellt natürlich eine gewisse Beschränkung dar, da es in der Regel aufwendiger als ein informelles Vorgehen ist. Der große Vorteil einer formalen Vorgehensweise ist jedoch die sehr hohe Vertrauenswürdigkeit der entstehenden Programme. Diese kann zusätzlich noch erhöht werden, wenn der Prozess der Programmentwicklung durch geeignete Werkzeuge (z.B. zur Beweisunterstützung oder zum prototypischen Auswerten) unterstützt wird. Auch ist bei einer Algorithmenentwicklung in einer Programmiersprache der abschließende Schritt in eine reale Sprache (wie Java oder C) in der Regel sehr einfach und nicht fehleranfällig, wie dies bei der Verwendung von Pseudo-Code der Fall sein kann.

Im Berichtszeitraum wurde das formale Vorgehen insbesondere bei der Entwicklung von Approximationsalgorithmen angewendet. Dabei stellte sich heraus, dass die Verwendung von Hilfsvariablen das Vorgehen in der Regel sehr vereinfacht und es keinerlei Probleme bereitet, diese wiederum aus dem Programm zu entfernen, um die mit ihrer Einführung verbundenen Effizienzverluste zu vermeiden. Die entsprechenden Resultate wurden auf dem 12. Internationalen Workshop „Logic Based Program Development and Transformation“ präsentiert. Eine weitere Anwendung betraf das bekannte Bin-Packing-Problem. Mittels einer formalen Entwicklung gelang die Herleitung eines Approximationsalgorithmus, dessen Laufzeit linear in der Anzahl der zu packenden Objekte ist. Dies ist optimal. Optimal ist mit hoher Wahrscheinlichkeit aber auch die absolute Approximationsgüte 3/2 des Algorithmus, denn es wurde schon im Jahr 1994 von D. Simchi-Levi gezeigt, dass dieser Wert nur unterschritten werden kann, wenn P gleich NP ist.

Ein weiterer Schwerpunkt bei den Algorithmen war der Bereich der evolutionären Algorithmen. Dies sind problemunabhängige randomisierte Suchheuristiken. Sie haben vielfältigen Einsatz in der Künstlichen Intelligenz und der Optimierung gefunden. Evolutionäre Algorithmen orientieren sich an der aus der Biologie bekannten Evolutionstheorie. Im Mittelpunkt der Forschung unserer Arbeitsgruppe steht derzeit insbesondere die Analyse einfacher evolutionärer Algorithmen für kombinatorische Optimierungsprobleme.

Evolutionäre Algorithmen wurden erfolgreich für verschiedene NP-harte Optimierungsprobleme eingesetzt. Um solche Algorithmen besser zu verstehen, ist es hilfreich, zunächst evolutionäre Algorithmen für polynomiell lösbare Probleme zu betrachten. Dieses erhöht ihr Verständnis für NP-harte Probleme und kann so einem Entwurf besserer evolutionärer Algorithmen für schwierige Probleme beitragen. In Zusammenarbeit mit I. Wegener (Dortmund) konnte gezeigt werden, dass evolutionäre Algorithmen das Problem minimaler spannender Bäume, welches eines der zentralsten Probleme in der Informatik ist, in erwarteter polynomieller Zeit lösen. Das Ergebnis und die hierbei neu entwickelte Analysemethode, welche mittlerweile bei der Tagung GECCO zum Vortrag angenommen wurden, sind insofern interessant, da sie einen Startpunkt für die Analyse von evolutionären Algorithmen für NP-harte Spannbaumprobleme setzt.

Mit der Beendigung der Dissertation von U. Milanese wurde im Jahr 2003 die seit dem Jahr 1998 laufende Umstellung von RelView auf eine Implementierung der Relationenalgebra mittels reduzierter geordneter binärer Entscheidungsdiagramme (kurz: ROBDDs) zu einem gewissen Abschluß gebracht. Es stehen nur noch kleinere Restarbeiten aus; diese betreffen einige Operationen, deren Effizienz noch nicht zufriedenstellend ist. Die Verwendung von ROBDDs führte zu einer nicht in diesem Unfang erwarteten Effizienzsteigerung des Systems. Dies wird u.a. in der Dissertation von U. Milanese durch entsprechende Fallstudien nachgewiesen. Um einen Eindruck davon zu bekommen, sei etwa an dieser Stelle angemerkt, dass es mittels RelView nun auf einer Sun-Fire-880 Workstation möglich ist, alle größten Cliquen von dünnen Graphen (max. 10 Prozent aller Kanten) mit bis zu 1000 Knoten in ungefähr 90 Minuten zu bestimmen. Im Rahmen der Umarbeitung wurde unter anderem auch die Erzeugung zufälliger gleichverteilter Relationen realisiert. Dies erlaubt nicht nur vielfältige Tests. Es führte auch zu neuen Anwendungsmöglichkeiten des Systems. beispielsweise bei probabilistischen oder evolutionären Algorithmen.

RelView ist ein Unix-basiertes System, das in der Programmiersprache C implementiert ist. Wegen des breiten Einsatzgebietes der Relationenalgebra war es wünschenswert, eine die Relationenalgebra implementierende plattformunabhängige Bibliothek zu besitzen, die in eigene domänenspezifische Werkzeuge eingebaut werden kann. Aufbauend auf Vorarbeiten in der Dissertation von U. Milanese wurde dies im Rahmen einer Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl Software-Technologie an der der Universität Dortmund realisiert. Der funktionale Kern von RelView steht nun als Java-Bibliothek zur Verfügung. Durch diese läßt sich Relationenalgebra integriert und überall dort nutzen, wo eine Modellierung mit Relationen angemessen ist. Ein solches Anwendungsszenario bietet das gemeinsam mit dem Lehrstuhl Software-Technologie verfolgte Projekt, Strukturen

zwischen Klassen objektorientierter Programme im dreidimensionalen Raum zu visualisieren und geometrische Eigenschaften dieser Diagramme relational zu überprüfen. Erste Ergebnisse wurden beim 7. internationalen Seminar „Relational Methods in Computer Science“ präsentiert. Ebenso profitiert ein in Dortmund entwickeltes CASE-Werkzeug zur Analyse von Petri-Netzen von dieser Java-Bibliothek.

Personal

Leiter: Prof. Dr. Rudolf Berghammer; Sekretariat: Ulrike Pollakowski-Geuther

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. Martin Halfpap Abgeordnete Lehrkraft	01.01.-31.12.2003
Dipl.-Inform. Ulf Milanese	01.01.-30.09.2003
Dipl.-Inform. Frank Neumann	01.01.-31.12.2003

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Informatik I, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Rudolf Berghammer (+ Ulf Milanese, Frank Neumann)

Informatik I, 2 Std. Praktikum/Woche,
Rudolf Berghammer (+ Ulf Milanese, Frank Neumann)

Didaktik der Informatik I, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Martin Halfpap

Rechnergestütze Programmentwicklung, 2 Std. Seminar/Woche,
Rudolf Berghammer (+ Ulf Milanese, Frank Neumann)

Informatik, Logik und Mathematik, 2 Std. Arbeitsgemeinschaft/Woche,
Rudolf Berghammer

Sommer 2003

Semantik von Programmiersprachen, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Rudolf Berghammer (+ Ulf Milanese, Frank Neumann)

Didaktik der Informatik II, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Martin Halfpap

Binäre Entscheidungsdiagramme mit Anwendungen, 2 Std. Seminar/Woche,
Rudolf Berghammer (+ Ulf Milanese, Frank Neumann)

Informatik, Logik und Mathematik, 2 Std. Arbeitsgemeinschaft/Woche,
Rudolf Berghammer

Winter 2003/2004

Verbands- und Relationentheorie mit Anwendungen in der Informatik, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Rudolf Berghammer (+ Frank Neumann)

Didaktik der Informatik I, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Martin Halfpap

Evolutionäre Algorithmen, 2 Std. Seminar/Woche,
Rudolf Berghammer (+ Frank Neumann)

Software-Praktikum, 4 Std. Praktikum/Woche,
Rudolf Berghammer (+ Frank Neumann)

Informatik, Logik, Mathematik, 2 Std. Arbeitsgemeinschaft/Woche,
Rudolf Berghammer

Didaktik der Informatik I, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Martin Halfpap

Drittmittel

DFG, *Förderung einer wissenschaftlichen Tagung,* 01.01.-31.12.2003 (8.000,00)
EU, *Förderung einer wissenschaftlichen Tagung,* 01.01.-31.12.2003 (5.000,00)
CrossSoft, *Förderung einer wissenschaftlichen Tagung,* 01.01.-31.12.2003 (2.300,00)
Lufthansa, *Förderung einer wissenschaftlichen Tagung,* 01.01.-31.12.2003 (400,00)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Projekts „Teachware“ (Erstellung von Software zur Unterstützung der Lehre): W. Dosch (Lübeck).

Formalen Programmentwicklung durch Transformationen: W. Dosch (Lübeck), B. Möller (Augsburg), G. Schmidt (München).

Anwendungen von relationalen Methoden in der Informatik: B. Möller (Augsburg), G. Schmidt (München), C. Lewerentz (Cottbus), E.-E, Doberkat und A. Fronk (Dortmund) und vielen Beteiligten an der EU COST Action 274 TARSKI.

Evolutionäre Algorithmen: I. Wegener (Dortmund).

Gäste der Arbeitsgruppe im Berichtszeitraum waren: O. Szymanski (Dortmund), 11. - 15.1. 2003, M. Müller-Olm (Dortmund), 25.4. 2003, E. Orlowska (Warschau) und G. Schmidt (München), 19. - 23.5. 2003, A. Fronk (Dortmund), 6. - 10.10. 2003, E.-E. Doberkat (Dortmund), 12.12. 2003.

Dissertationen

Ulf Milanese, *Zur Implementierung eines ROBDD-basierten Systems für die Manipulation und Visualisierung von Relationen,* 10.12.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

Rudolf Berghammer, *A generic program for minimal subsets with applications, Proc. 12th International Workshop on Logic Based Program Development and Transformation„* Springer, **LNCS 2929**, 1 - 16 (2003)

Rudolf Berghammer, et al, *Special Issue on Tools for System Design and Verification,* Journal on Universal Computer Science 9, (2003)

Rudolf Berghammer, *Relational methods in computer science and applications of Kleene Algebra,* Institut für Informatik und Praktische Mathematik der CAU zu Kiel, (2003)

Florian Reuter, *A linear approximation algorithm for bin packing with absolute approximation factor 3/2,* Science of Computer Programming 48, 67 - 80 (2003)

Gunther Schmidt, Michael Winter, *RelView and Rath – Two systems for dealing with relations, Theory and Applications of Relational Structures as Knowledge Instruments,* Springer, **LNCS 2664**, 144 - 157 (2003)

Ulf Milanese, *Zur Implementierung eines ROBDD-basierten Systems für die Manipulation und Visualisierung von Relationen,* Logos-Verlag, (2003)

Frank Neumann, F. Simon, *Specific evolutionary algorithms for permutation problems, WSEAS Transactions on Systems 2(4),* WSEAS Press, 900 - 908 (2003)

Präsentationen

Rudolf Berghammer, *Formal development and verification of approximation algorithms using auxiliary variables,* 13th International Workshop on Logic Based Program Development and Transformation, Uppsala, Schweden, 25.-27.08.2003

Rudolf Berghammer, Alexander Fronk, *Applying relational algebra in graphical 3D software design,* 7th International Seminar on Relational Methods in Computer Science, Malente, Deutschland, 12.-17.05.2003

Rudolf Berghammer, Ulf Milanese, *Systemdemonstration des Kieler RelView-Systems,* 7th International Seminar on Relational Methods in Computer Science, Malente, Deutschland, 12.-17.05.2003

Ulf Milanese, *Random relations: Algorithms and applications,* 7th International Seminar on Relational Methods in Computer Science, Malente, Deutschland, 12.-17.05.2003

Frank Neumann, *Specific evolutionary algorithms for permutation problems,* 4th WSEAS Int.Conf. on Evolutionary Computation (EC '03), Athen, Griechenland, 29.-31.05.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

R. Berghammer war im Jahr 2003 Gutachter für mehrere Fachzeitschriften und Konferenzen und externer Gutachter bei Promotionen.

R. Berghammer war Leiter des Programmkommitees des 7. Internationalen Seminars

„Relational Methods in Computer Science“ und des 2. Internationalen Workshops „Applications of Kleene Algebra“. Beide Veranstaltungen fanden gemeinsam vom 12. bis 17. Mai 2003 in Malente statt und wurden von der Arbeitsgruppe „Rechnergestützte Programmentwicklung“ organisiert.

R. Berghammer ist Mitglied im Steering Commitee der Seminarreihe „Relational Methods in Computer Science“.

R. Berghammer ist einer der Herausgeber der elektronischen Zeitschrift „Journal on Relational Methods in Computer Science“.

R. Berghammer ist Mitglied der internationalen Initiative RelMiCS (Relational Methods in Computer Science) und der COST Aktion 274 TARSKI (Theory and Applications of Relational Structures as Knowledge Instruments) der EU. Einzelheiten findet man im Word Wide Web unter den URLs http://www.relmics.org bzw. http://www.tarski.org.

R. Berghammer ist an der Initiative „Softwarevisualisierung“ beteiligt. Diese Initiative versucht, die Bemühungen von deutschen Wissenschaftlern bei der Visualiserung von Software und der Animation von Algorithmen zu koordinieren. Einzelheiten findet man im World Wide Web unter der URL http://www.softwarevisualisierung.de.

R. Berghammer ist stellvertretender Vorsitzender des Aufsichtsrats der Kieler Firma Ariva.de, einer Gründung von ehemaligen und derzeitigen Kieler Informatikstudenten.

F. Neumann wurde der Preis für das beste Diplom in der Ingenieur-Informatik des akademischen Jahres 2002/2003 vom Förderverein der Technischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität verliehen.

Lehrstuhl für Scientific Computing

Das Arbeitsgebiet der Arbeitsgruppe sind im weitesten Sinne numerische Verfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen, genauer gesagt von (Anfangs-) Randwertproblemen und Integralgleichungen. Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt eindeutig auf der effizienten Behandlung nichtlokaler Operatoren, insbesondere von Randintegralgleichungen wie sie zur Lösung nichtlokaler Randwertprobleme auftreten. Solche Verfahren haben in den letzten Jahren eine enorme Fortentwicklung erlebt, angefangen von den Fast Multipolmethoden bis hin zu neuen Konzepten der H-Matrizen.

Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich vornehmlich mit dem Einsatz von Waveletbasen und kann wohl auf diesem Gebiet algorithmisch sehr effiziente Realisierungen vorweisen. Waveletbasen eignen sich in besonderem Maße zur adaptiven Approxiamtion, sowohl der Kernfunktion wie auch der Lösung in der Kombination mit der Approximation der Lösung.

Ergebnisse

Unter den Ergebnissen im Jahr 2003 sind die Entwicklung von Multi-Wavelet-Packet-Basen zu nennen, die in engem Zusammenhang auch mit Anwendungen in der Signal- und Bildverarbeitung steht. Die Verbindung von den effizienten Waveletmethoden für Randelementmethoden mit Finite Element Methoden, insbesondere mit den *Least Square Ansätzen*, bei denen man die verschiedensten Sobolevnormen zugrundelegt, war in den vergangenen Jahren ebenfalls ein Arbeitsschwerpunkt.

Die Vorteile der Waveletbasen kommen bei der adaptiven Behandlung der Randintegralgleichungen voll zur Geltung. An dieser Thematik wurden im vergangenen Jahr durch die Zusammenarbeit mit den Aachenern Kollegen wesentliche Fortschritte erzielt.

Herr Harbrecht hat sich intensiv mit Gebietsoptimierungsproblemen (shape optimization) auseinandergesetzt und konnte seine Erfahrungen bzgl. schneller Randintegralgleichungsverfahren erfolgreich einbringen.

In dem vergangenen Jahr hat sich die Arbeitsgruppe einer neuen Thematik zugewandt, den ab initio Berechnungsmethoden, wie sie in der Quantenchemie und -Physik entwickelt wurden. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung sogenannter *Linear Scaling Verfahren* in der Elektronenstrukturberechnung auf Grundlage moderner Methoden zur numerischen Behandlung nichtlokaler Operatoren. Bei Einrichtung des DFG-Schwerpunktprogramms wurde ein gemeinsamer Antrag mit der Arbeitsgruppe von Prof. Hackbusch am Max-Planck-Institut in Leipzig beantragt und erfolgreich bewilligt.

Personal

Leiter: Prof. Dr. R. Schneider; Sekretariat: Ä. Straßner (50%)

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Math. J. Burmeister	01.01.-31.12.2003	CAU

Priv.-Doz. Dr. B. Faermann	01.01.-31.12.2003	CAU
Dr. H. Harbrecht	01.10.-31.12.2003	CAU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2003/2004

Numerik elliptischer Differentialgleichungen, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
B. Faermann (+ B. Faermann)

Numerische Mathematik für Ingenieure, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Schneider (+ H. Harbrecht)

Oberseminar Praktische Mathematik, 2 Std. Seminar/Woche,
R. Schneider

Wavelets - Eine Einführung in Theorie und Praxis, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/ Woche,
R. Schneider (+ H. Harbrecht)

Drittmittel

Europäische Kommission, *N.HPRN-CT-2002-00286,* 01.01.2003-31.12.2006 (110100 EUR)
Deutsche Forschungsgemeinschaft (Bewilligung v. 2.10.2003), *Schn 530/4-1,* 01.02.2004-31.01.2005 (50000 EUR)
DFG SFB 393 Numerische Simulation auf massiv parallelen Rechnern (TU Chemnitz) TP 7 (gemeinsam mit Prof. Brunette), *Gebietsadaptierte Wavelets und parallele Multiskalenmethoden für Randintegraloperatoren,* 01.01.2003 (108000 EUR)
SFB 393, TP A12 (gemeinsam mit Prof. Heinrich, Prof. Meyer), *Finite Elemente Methode vom Nitsche-Typ für nichtkonforme Gebietszerlegungen,* 01.01.2003 (79200 EUR)
SFB 393, TP A13 (gemeinsam mit Prof. Hackbusch, PD Dr. Melenk), *Randkonzentrierte Finite-Elemente-Methoden,* 01.01.2003 (54000 EUR)
Deutsche Forschungsgemeinschaft, *MA 1391/17-1,* 01.01.-31.08.2003 (26500 EUR)

Diplom- und Master-Arbeiten

Toralf Weber, *Multiwavelet Packets,* 02.12.2003
Claudia Franken, *Multiwavelets für Discontinuous Galerkin,* 27.06.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

H. Harbrecht, F. Paiva, C. Perez, R. Schneider, *Multiscale preconditioning for the coupling of FEM-BEM,* Num. Lin. Alg. Appl. 10, **3**, 197 - 222 (2003)

H. Harbrecht, R. Schneider, *Self-regularization by projection for noisy pseudodifferential equations of negative order,* Numer. Math. 95, **1**, 123 - 143 (2003)
K. Eppler, H. Harbrecht, *Numerical Solution of Elliptic Shape Optimization Problems using wavelet-based BEM,* Optim. Methods Softw. 18, **1**, 105 - 123 (2003)
G.N. Gatica, H. Harbrecht, R. Schneider, R. Schneider, *Least squares methods for the coupling of FEM and BEM,* SINUM 41, **5**, 1974 - 1995 (2003)
H. Harbrecht, M. Konik, R. Schneider, *Fully Discrete Wavelet Galerkin Schemes,* Engineering Analysis with Boundary Elements 27, 423 - 437 (2003)
H. Harbrecht, R. Schneider, *Adaptive Wavelet Galerkin BEM,* Computational Fluid and Solid Mechanics 2003, **Vol. 2**, (2003)
H. Harbrecht, *2nd Order Shape Optimization using Wavelet BEM,* Technical Report 06-2003, Preprint Series of the Institute of Mathematics, TU Berlin (eingereicht bei Optim. Methods Softw.), (2003)

Präsentationen

H. Harbrecht, *Shape optimization using wavelet BEM,* Internal Mini-Workshop of the IHP-Network Breaking Complexity: Shape Optimization and Multiscale Methods, Bonn, Deutschland, 28.07.2003
H. Harbrecht, *Shape optimization using wavelet BEM,* Workshop on fast boundary element methods in industrial applications, Hirschegg, Österreich, 15.10.2003
R. Schneider, *Adaptive Wavelet BEM,* Workshop on fast boundary element methods in industrial applications, Hirschegg, Österreich, 15.10.2003
B. Faermann, *Adaptive Randelement-Methoden,* Kolloquium der Technischen Universität Wien, Wien, Österreich, 23.01.2003
R. Schneider, *Adaptive Wavelet Methods for Boundary Integral Equations,* Workshop on Nonlinear Approximations in Numerical Analysis, Moskau, Russland, 22.06.2003
R. Schneider, *Gebietsoptimierung mit schnellen Wavelet-Randelementmethoden,* Kolloquium Marburg, Marburg, Deutschland, 12.12.2003
R. Schneider, *Waveletmethoden zur numerischen Behandlung von Operatorgleichungen,* Kolloquium Regensburg, Regensburg, Deutschland, 09.05.2003
R. Schneider, *Wavelet Based Fast Solution of Operator Equations,* TU Graz, Graz, Österreich, 28.01.2003
R. Schneider, *Shape Optimization using Wavelet-BEM,* IHP EU Netzwerktagung, Paris, Frankreich, 10.11.2003
R. Schneider, *Adaptive Fast Solution of Boundary Integral Equations with wavelet BEM,* @nd M.I.T. Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics, Boston, USA, 17.06.2003
R. Schneider, *Wavelet Based Adaptive Fast Solution of Boundary Integral Equation,* ICIAM 2003 5th Intern. Conference Partial Differential Equationson Industrial and Applied Mathematics, Sydney, Australien, 07.07.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Zusammenarbeit:

- Prof. W. Dahmen, Institut für Geometrie und Praktische Mathematik, RWTH Aachen
- Prof. A. Kunoth, Institut für Angewandte Mathematik, Universität Bonn
- Prof. W. Hackbusch, Max-Planck-Institut für Mathematik in Angewandten Wissenschaften, Leipzig
- Prof. C. Schwab, Seminar Angewandte Mathematik, ETH Zürich
- Prof. A. Zhou, Prof. Y. Xu, Chinese Academy of Science, Peking
- Prof. G. Brunette, FB Informatik TU Chemnitz
- Prof. S. Goedecker, Universität Basel

Lehrstuhl für Softwaretechnologie

Der *Lehrstuhl für Softwaretechnologie* konzentriert seine Forschung auf die werkzeuggestützte Entwicklung und Verifikation nebenläufiger und verteilter Programme. Dabei spielen sowohl algorithmische Methoden wie Model-Checking und statische Analyse als auch deduktive Methoden wie Theorembeweisen eine Rolle.

Zwei Anwendungsschwerpunkte der genannten formalen Methoden lassen sich betonen. Zum einen gibt es *objektorientierte, nebenläufige* Systeme, speziell beschrieben mit der Programmiersprache Java (E. Ábrahám, M. Steffen und W.-P. de Roever) und UML (M. Kyas, H. Fecher). Auf diesem Gebiet wurden und werden semantische Modelle, Verifikationstechniken und werkzeugunterstützte Beweismethoden entwickelt.

Zum anderen beschäftigt sich der Lehrstuhl mit automatischen Beweismethoden für parallele Systeme. In diesem Themengebiet wurden 3 Dissertationen (betreut durch Yassine Lakhnech, einem ehemaligen Mitglied des Lehrstuhls und jetzt Professor an der Université Joseph Fourier, Grenoble) abgeschlossen, und zwar zu den Themen *parametrisiertes Model-Checking* (K. Baukus, K. Stahl) und *Softwareverifikation für speicherprogrammierbare Steuerungen* (R. Huuck). Eine weitere Dissertation zum Thema *kompositionelle Verifikation industrieller Steuerungen* (wie z.B. chemische Reaktoren) ist in ihrer Endphase (B. Lukoschus).

Ergebnisse

Die wichtigsten Forschungsgebiete, in denen die Mitglieder des Lehrstuhls im Jahr 2003 Beiträge leisteten, sind:

1. Fortführung und Ausbau der Beweistheorie für mehrfädige Nebenläufigkeit und Monitore in Java. Während sich andernorts die (sehr aktive) Forschung im Bereich formaler Methoden für Java mehr auf sequentielle Aspekte von Java konzentriert, liegt unser Augenmerk auf den *nebenläufigen* Programmierkonzepten in Java ("multi-threading"). Diese Ergebnisse wurden in Kooperation mit Dr. F. de Boer, CWI, Amsterdam, durch E. Ábrahám, M. Steffen und W.-P. de Roever erzielt. Im vergangenen Jahr wurden die Ergebnisse in verschiedene Richtungen ausgebaut, zum Beispiel in Richtung Ausnahmebehandlung und Monitorkoordination sowie in Richtung Kompositionalität und voller Abstraktheit. Ebenfalls ausgebaut wurde die Rechnerunterstützung für die Beweistheorie.

2. Eine Beschreibung der Erweiterung von OCL ("object contraint language"), einem wichtigen Bestandteil von UML. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Spezifikation und Verifikation von objektorientierten Programmierkonzepten und Echtzeit (M. Kyas, betreut durch Dr. F. de Boer, CWI, Amsterdam). Im Rahmen dieser Forschung wurde im vergangenen Jahr verstärkt an einem PVS-basierten Werkzeug zur interaktiven Verifikation von UML-Modellen gearbeitet.

3. Weiterentwicklung des Forschungsschwerpunktes der automatischen Verifikation ("Model-Checking") *parametrisierter Systeme.* K. Baukus untersuchte in seinen Arbeiten verschiedene Methoden zur Verifikation derartiger (i.d.R. unendlicher) Systeme. Dazu bedarf es geeigneter Logiken (WS1S) und Abstraktionstechniken. Die Forschung mündete 2003 in seiner Doktorarbeit. Auf dem selben Gebiet charakterisierte K. Stahl in seiner Dissertationsarbeit speziell verschiedene entscheidbare und unentscheidbare Klassen derartiger Systeme.

4. Abschluss der Doktorarbeit von R. Huuck zum Thema der Verifikation von PLCs ("Programmable logic controllers"). Diese Bausteine spielen eine wichtige Rolle in der Steuerung industrieller Systeme. Der Beitrag der Arbeit besteht darin, für industriell eingesetzte und standardisierte Programmiersprachen Beweistechniken wie Model-Checking und statische Analyse sowie Werkzeuge bereitzustellen, welche die Steuerungssoftware dieser Bausteine der formalen Analyse zugänglich machen.

Im Jahr 2003 arbeiteten 6 Mitglieder des Lehrstuhls an ihrer Dissertation und zwei Assistenten an ihrer Habilitation. Davon wurden 3 Doktorarbeiten im Jahr 2003 fertiggestellt, 2 weitere werden 2004 erwartet, während eine der Habilitationsschriften voraussichtlich 2005 fertiggestellt sein wird.

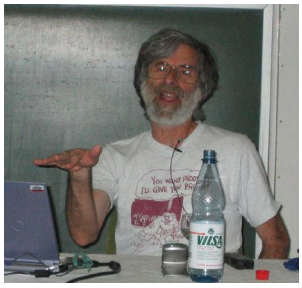


Abb. 1: Dr. Leslie Lamport

Personal

Leiter: Prof. Dr. W.-P. de Roever; Sekretariat: S. Hilge, Ä. Straßner

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

E. Abraham	01.01.-31.12.2003	DFG + EU
Mobi-J, Omega		
K. Baukus	01.01.-30.06.2003	CAU
Lehre, Verifikation parametrisierter Systeme		
Dr. H. Fecher	01.09.-31.12.2003	CAU
Lehre, Verifikation von Komponenten		
R. Huuck	01.01.-30.04.2003	DFG
SoftSpez		

M. Kyas	01.01.-31.12.2003	EU + DFG
Omega, Mobi-J		
B. Lukoschus	01.01.-31.12.2003	DFG + CAU
SoftSpez, Lehre		
S. Rehman	01.01.-31.12.2003	DFG + CAU
Mobi-J, Lehre		
K. Stahl	01.01.-30.06.2003	CAU
Lehre, Verifikation parametrisierter Systeme		
Dr. M. Steffen	01.01.-31.12.2003	CAU
Lehre, Verifikation objektorientierter Systeme		

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Algorithmen und Datenstrukturen, 2 Std. Vorlesung/Woche,
M. Steffen

Algorithmen und Datenbankstrukturen, 2 Std. Praktikum/Woche,
M. Steffen

Entwurf eingebetteter Echtzeitsysteme, 4 Std. Vorlesung/Woche,
W.-P. de Roever (+ R. v. Hanxleden, M. Steffen, J. Lukoschus)

Informatik III, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W.-P. de Roever (+ K. Baukus)

Verifikation nebenläufiger Programme, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W.-P. de Roever (+ K. Stahl)

Softwaretechnologie: Verteilte Algorithmen, 2 Std. Seminar/Woche,
W.-P. de Roever

Sommer 2003

Nebenläufige Programmierung, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W.-P. de Roever (+ K. Stahl)

Teleteaching-Veranstaltung mit der Uni Göttingen, 2 Std. Vorlesung/Woche,
W.-P. de Roever (+ D. Hogrefe)

Softwaretechnologie, 2 Std. Seminar/Woche,
W.-P. de Roever

Projektpraktikum Software-Systeme, 2 Std. Praktikum/Woche,
M. Steffen

Softwarepraktikum (Enigma), 2 Std. Praktikum/Woche,
M. Steffen

Echtzeitsysteme, 4 Std. Vorlesung/Woche,
W.-P. de Roever (+ R. v. Hanxleden, K. Baukus, J. Lukoschus)

Winter 2003/2004

Verteilte Algorithmen, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W.-P. de Roever (+ M. Steffen)

Projektpraktikum Software-Systeme, 2 Std. Praktikum/Woche,
M. Steffen

Softwaretechnologie: Grid Computing, 2 Std. Seminar/Woche,
W.-P. de Roever

Systemorientierte Informatik III: Betriebssysteme, 3 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/ Woche,
W.-P. de Roever (+ M. Steffen)

Modellbahnpraktikum, 4 Std. Praktikum/Woche,
S. Rehman (+ J. Lukoschus)

Informatik IV, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
T. Wilke (+ H. Fecher)

Drittmittel

DFG, *SoftSpez: Integration von Techniken der Softwarespezifikation für ingenieurwissenschaftliche Anwendungen,* 01.02.2002-31.12.2003 (127.800 Euro)
DFG, *Mobi-J: Assertional Methods for Mobile Asynchronous Channels in Java,* 15.09.2001-14.09.2004 (272.300 EURO)
EU, *OMEGA: IST-Correct Development of Real-time Embedded Systems in UML,* 01.01.2002-31.12.2004 (258.800 EURO)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Wir setzten auch 2003 die langjährige enge Zusammenarbeit in den Projekten „Mobi-J“ und „Omega“ mit dem Team von Dr. F. de Boer, Centre for Computer Science and Mathematics, CWI, Amsterdam, fort. Zu den Partnern des IST-Projektes „Omega“ zählen: Verimag (Grenoble), EADS Launch Vehicles (Toulouse), Israel Aircraft Industries, National Aerospace Laboratory NLR (Amsterdam), OFFIS (Oldenburg), CAU (Kiel), Weizmann Institute for Sciences (Rehovot/Israel), France Telecom R&D (Paris), CWI (Amsterdam), i-Logix (Boston) und Telelogic (Malmö).

Ferner arbeiteten wir innerhalb des DFG-Projektes „SoftSpez“ mit Prof. Sebastian Engell und seinem Team vom Lehrstuhl für Anlagensteuerungstechnik, Fachbereich Chemietechnik, Universität Dortmund, zusammen.

Darüber hinaus wurde die langjährige Kooperation mit der TU Eindhoven und dem CWI Amsterdam über Verifikation asynchroner Systeme fortgesetzt. In einer Reihe von Arbeiten wird die automatische Untersuchung speziell von SDL-Protokollen mittels Model-

Checking, Abstraktion und statischer Analyse formalisiert und untersucht.

Dissertationen

K. Baukus, *Abstraction-Based Verification of Parameterized Networks,* 31.05.2003
R. Huuck, *Software Verification for Programmable Logic Controllers,* 30.04.2003
K. Stahl, *Exploring the Limits of Parameterized System Verification,* 30.06.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

E. Abraham, M. Bonsangue, F. de Boer, M. Steffen, *A structural operational semantics for a concurrent class calculus,* Technical report, CAU Kiel, Institut für Informatik und PM, **0307**, (2003)
E. Abraham, F. de Boer, W.-P. de Roever, M. Steffen, *A compositional operational semantics for JavaMT,* Springer-Verlag, **LNCS 2772**, 290 - 303 (2003)
E. Abraham, F. de Boer, W.-P. de Roever, M. Steffen, *A Hoare logic for monitors in Java,* Technical report, CAU Kiel, Institut für Informatik und PM, Lehrstuhl Softwaretechnologie, **TR-ST-03-1**, (2003)
E. Abraham, F. de Boer, W.-P. de Roever, M. Steffen, *Inductive proof-outlines for monitors in Java,* Springer-Verlag, **LNCS 2884**, 155 - 169 (2003)
E. Abraham, F. de Boer, W.-P. de Roever, M. Steffen, *Inductive proof-outlines for multithreaded Java with exceptions,* Technical report, CAU Kiel, Institut für Informatik und PM, **0313**, (2003)
R. Huuck, B. Lukoschus, N. Bauer, *A model-checking approach to safe SFCs,* CESA 2003 - Proceedings of IMACS, (2003)

Präsentationen

E. Abraham, *A tool-supported assertional proof system for multithreaded Java,* FTfJP '03, Darmstadt, 21.07.2003
H. Fecher, *Event structures for interrupt process algebras,* EXPRESS '03, Marseille, Frankreich, 02.09.2003
M. Kyas, *On message specification,* UML '03, San Francisco, USA, 21.10.2003
M. Kyas, *Translating UML and OCL to PVS,* FMCO '03, Leiden, Niederlande, 03.11.2003
B. Lukoschus, *Algorithmisches Prüfen auf' 'Safe SFCs',* DFG-Workshop 'Verifikation/Charts', Augsburg, 25.06.2003
B. Lukoschus, *Semantik, Analyse und Verifikation von PLC-Software,* DFG-Kolloquium 'Softwarespezifikation', Stuttgart, 20.-21.11.2003
W.-P. de Roever, *The Compositional Rely-Guarantee Paradigm for Shared-Variable Concurrency,* University of Singapore, Singapur, 25.03.2003
W.-P. de Roever, *Verification for Java's monitor and multi-threading concepts,* CWI, IFIP WG 2.2, Amsterdam, Niederlande, 14.-17.05.2003
W.-P. de Roever, *Concurrency Verification: Compositional and Noncompositional Proof*

Methods, Universitiy of New South Wales, Sydney, Australien, 14.-20.03.2003

M. Steffen, *Inductive proof-outlines for monitors in Java,* FMOODS '03, Paris, Frankreich, 21.11.2003

M. Steffen, *Object connectivity and full abstraction for class-bases OO,* FMCO '03, Leiden, Niederlande, 03.11.2003

M. Steffen, *Programmierung eingebetteter Systeme mit Lego Mindstorms,* Tag der offenen Tür der TF, Kiel, 17.05.2003

M. Steffen, *Towards full abstraction for class-based OO,* University of Kent, Canterbury, GB, 29.09.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

'Lamport Days' : Am 11. Juli 2003 verlieh die Technische Fakultät der CAU die Ehrendoktorwürde an Dr. Leslie Lamport (Microsoft Research) wegen seiner Pionierarbeit in der Informatik. Lamport schaffte die Grundlagen für unser heutiges Verständnis von verteiltem Rechnen auf parallel arbeitenden Computern. Die Brillanz und die industrielle Relevanz seiner Arbeit machen Leslie Lamport zum idealen ersten Ehrendoktor der Technischen Fakultät. Aus Anlass der Verleihung lud das Institut zu einem 2-tägigen Symposium mit Fachvorträgen von Leslie Lamport und mit Ehrenvorträgen ein.

FMCO '03: Leiden, Niederlande, 5.-7.11.2003, ca. 100 Teilnehmer, wurde gemeinsam organisiert von Prof. Dr. W.-P. de Roever, Dr. F. de Boer und Dr. M. Bonsangue.

Mobi-J-Treffen: Kiel, 9.-13.06.2003, ca. 12 Teilnehmer

Tag der offenen Tür: Im Rahmen des 'Tages der offenen Tür' der Technischen Fakultät fand eine Präsentation unseres Lehrstuhls (gemeinsam mit dem Lehrstuhl 'Eingebettete Systeme' von Prof. R. v. Hanxleden) statt unter dem Titel: Programmierung eingebetteter Systeme mit Lego Mindstorms.

Umzug: Ende März 2003 zog der Lehrstuhl von der Preußerstraße auf den Campus.

Sonstiges: Martin Steffen ist Mitglied des Programmkommitees für FMOODS '03 (Formal Methods for Open Objekt-based Distributed Systems) und 'Program chair' für FMOODS '05.

Lehrstuhl für Technologie der Informationssysteme

In der Forschung und Lehre orientiert sich der Lehrstuhl Technologie der Informationssysteme auf die Schwerpunkte:

Integrierte Entwicklung von Informationssystemen auf der Grundlage einer Entwicklungmethodik, die die Strukturierung, Funktionalität, Interaktivität und Verteilung von Datenbankanwendungen in integrierter Form erlaubt sowie auch Entwicklung von Sprachen für Websites, Transformation der Spezifikation in XML-Dialekte.

Theorie der Datenbank- und Informationssysteme mit dem Schwerpunkt semantische Grundlagen, Grundlagen neuerer (insbesondere Internet-) Anwendungen, Theorie der Integritätsbedingungen und Integritätserzwingung, Kompositionslehre von Informationssystemen. Es konnte eine Axiomatisierung von funktionalen Abhängigkeiten vorgelegt werden, die auch für Datenbanken mit Fehlern gilt. Dazu werden entsprechende Verteilungsannahmen getroffen und auf der Grundlage dieser Verteilungsannahmen eine Reihe von Aktionen und Ableitungsregeln vorgelegt. Weiterhin konnte eine graphische Repräsentationstheorie für mehrwertige Abhängigkeiten entwickelt werden, die eine visuelle Behandlung von Abhängigkeiten erlaubt.

Analyse und Synthese von Polyedertopologien in Kristallen auf der Grundlage Graphmodelle von Kristallstrukturen.

Theorie und Technologie der Content-Management-Systeme mit Mechanismen der Content-Generierung, -Pflege und des Ausspieles von Content.

Entwicklung von Methodiken, Technologien und Theorien für informationsintensive Websites im Bereich des e-Business, e-Learning und für Informationssites.

Ergebnisse

Integrierter Entwurf von großen Informationssystemen

Am Lehrstuhl wurde die Co-Design-Methodik zur Entwicklung großer Informationssysteme ausgebaut zur einer integrierten Spezifikationslehre, mit der Strukturierung, Funktionalität, Interaktivität und Verteilung von Datenbanken unterstützt wird und die entwickelten Schemata in logische Schemata aufgrund von Transformationsprofilen übersetzt werden können. Die Methodik wurde durch das InfoTeam in Website-Entwicklungen zur Entwicklung von Informationsdiensten, e-Learning-Systemen und webbasierten Gruppenarbeitsplätzen angewandt.

Konstruktionslehre zur Entwicklung komponentenbasierter Informationssysteme

Große Informationssysteme können nicht mehr als monolithische Systeme aufgebaut, gepflegt und erweitert werden. Durch eine Komponentenarchitektur kann jedoch die gleiche Leistungsvielfalt und die gleiche Performanz sichergestellt werden, dazu aber die Pflege und die Erweiterung gewährleistet werden. Am Lehrstuhl wurden die theoreti-

schen Grundlagen von komponentenbasierten Informationssystemen aufbauend auf der Entwicklung von Kernkomponenten geschaffen und anhand von ausgewählten Anwendungen insbesondere Internetanwendungen erprobt. So wurde z.B. durch eine Theorie der Interaktionsmuster eine Architektur von interaktiven Systemen geschaffen.

Analyse von Polyedertopologien in Kristallen

Die am Lehrstuhl entwickelte umfangreiche Programmsammlung für die Analyse und Synthese von Polyedertopologien in Kristallen wurde von HP-UX auf andere Plattformen portiert, um ihre Verfügbarkeit weiter zu gewährleisten. Trotz des Einsatzes von Konvertierungsprogrammen erforderte dies einen hohen Aufwand. Ein Verfahren für die Suche nach Polyederclustern in beliebigen Polyederverbunden konnte durch geeignete Ausnutzung vorhandener Symmetrien erheblich verbessert werden. Bei den Synthesealgorithmen für Graphmodelle von Kristallstrukturen wurden Fortschritte beim Vermeiden ungeeigneter Modelle im Aufzählungsprozess erzielt.

Schemaintegration

Die im Gebiet der Schemaintegration begonnenen Arbeiten wurden mit Konzentration auf Korrektheitsaspekte fortgesetzt. Es soll ein Framework entstehen, das die Überprüfung von Eigenschaften, die für SQL-Datenbankschemata auch im Zusammenhang mit einer Integration vorgegeben werden, weitgehend automatisch ermöglicht. Dazu wird als Werkzeug der 'Boyer-Moore Proofer' ACL2 eingesetzt.

Theorie der Informationssysteme

Am Lehrstuhl wurden mit Arbeiten zu mehrwertigen Abhängigkeiten, zu fehlerresistenten funktionalen Abhängigkeiten, zum mittleren Komplexität von Schlüsseln, zur Theorie von Transaktionen und zur ASM-Grundlegung von Datenbank-Verhalten die Arbeiten zu Semantik-Grundlagen der Theorie der Informationssysteme fortgeführt.

e-Learning-Plattformen

Am Lehrstuhl wurde die Theorie der Lernobjekte zu einer Theorie der offenen Lernobjekte erweitert, mit denen in Lernplattformen eine Anpassung des Lerninhaltes und der Abfolge der Lernobjekte an den Benutzer, seine Benutzungsgeschichte, seine technische Umgebung, sein Profil und sein Portfolio unterstützt werden kann. Diese Theorie wurde der DaMiT-Lernplattfom unterlegt. Diese Plattform wurde am Lehrstuhl gemeinsam mit 9 weiteren Universitäten entwickelt, ist DB2-basiert, erlaubt ein XML-Ein- und -Ausspiel von Lerninhalten und wurde für Data-Mining-Anwendungen mit entsprechenden Lernobjekten ausgestattet.

Theorie der Medientypen

Die Theorie der Medientypen wurde am Lehrstuhl um eine Kontext- und Pragmatiktheorie ausgeweitet. Damit kann der Lehrstuhl eine in sich geschlossene Theorie von Websites vorlegen, mit der auch Storyboarding-Zugänge für die Modellierung der Benutzung von Websites eine Theoriegrundlegung erfahren.

Personal

Leiter: Prof. Dr. Peter Kandzia, Prof. Dr. Bernhard Thalheim; Sekretariat: Armgard Kruse (50%)
Technisches Personal: Bernd Rehling

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Inf. Roy Bartsch	01.01.-31.12.2003	CAU, Vossloh Systemtechnik
apl.-Prof. Dr. H.-J. Klein	01.01.-31.12.2003	CAU
Dipl.-Inf. Jan Paul	01.01.-31.12.2003	CAU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Implementierung von Datenbanksystemen, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Peter Kandzia (+ D. Grest, Jan Paul)

Datenbanksysteme, 2 (+4) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H.-J. Klein (+ Roy Bartsch)

Datenbanksysteme, 2 Std. Seminar/Woche,
Peter Kandzia (+ H.-J. Klein)

Datenbanksysteme und Wissensbasierte Systeme, 2 Std. Oberseminar/Woche,
Peter Kandzia (+ Arkadiusz Salski)

Praktische Übungen Fuzzy-Methoden, 1 Std. Übung/Woche,
Peter Kandzia (+ Arkadiusz Salski)

Sommer 2003

Datenbanksysteme I, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Peter Kandzia (+ Jan Paul)

Deduktive Datenbanksysteme, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H.-J. Klein (+ Roy Bartsch)

Datenbanksysteme und Wissensbasierte Systeme, 2 Std. Oberseminar/Woche,
Peter Kandzia (+ Arkadiusz Salski)

Datenbanksysteme, 2 Std. Seminar/Woche,
Peter Kandzia (+ H.-J. Klein)

Ausgewählte Kapitel der Künstlichen Intelligenz, 1 Std. Praktische Übungen/Woche,
Peter Kandzia (+ H.-J. Klein)

Winter 2003/2004

Datenbanksysteme, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
H.-J. Klein (+ Roy Bartsch)

Engineering von Informationssystemen, 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche, Bernhard Thalheim (+ Bernhard Thalheim)

Datenbanksysteme und Wissensbasierte Systeme, 2 Std. Oberseminar/Woche, H.-J. Klein (+ Bernhard Thalheim)

Datenbanksysteme, 2 Std. Seminar/Woche, H.-J. Klein (+ Bernhard Thalheim)

Graduiertenkolleg, 2 Std. Seminar/Woche, Bernhard Thalheim

Drittmittel

VW Elektronikforschung, *Integration von Graphikentwicklungswerkzeuge in intellgentem Warenhaus,* 01.10.-31.12.2003 (40.000)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

University of Antwerp (Jan Paredaens), Free University Berlin (Heinz Schweppe, Hans-Joachim Lenz), Technical University Berlin (Herbert Weber), Humboldt University Berlin (Christoph Freytag, Oliver Günther), Alfred Renyi Institute Budapest (Gyula Katona Dezšö Miklós), MTA SZTAKI Budapest (Janos Demetrovics), University Conception (Marcela Varas), Cottbus University of Technology (Heinrich-Theodor Vierhaus), University of Dortmund (Gabriele Kern Isberner, Joachim Biskup), Freiburg University (Dietmar Janetzko), Technical University Hamburg-Harburg (Joachim W. Schmidt), Klagenfurt University (Heinrich Mayr), Louisiana State University (Peter P. Chen), Manchester University (Farid Meziane), Massey University (Klaus-Dieter Schewe, Roland Kaschek, Sven Hartmann), Lomonossov University Moscov (Elyar Gasonov, Valerij B. Kudrjravcev), Pittsburg University (Alfs Berztiss), Charles University Prague (Jaroslav Pokorny), Queensland University (Maria Orlowska), Microsoft Research Redmond (Yuri Gurevich), Saarbrücken University (Klaus-Peter Jantke), Brighton Young University Salt Lake City (David Embley), Silicon Valley Lab IBM (Laura Haas, Holger Kache), Tampere University of Technology (Hannu Jaakkola), Tampere University (Hannu Kangassalo, Jyrki Nummenmaa), Umea University (Stephen Hegner, Oleg Seleznev), Versailles University (Elisabeth Metais)

Diplom- und Master-Arbeiten

Carsten Ehlers, *Entwicklung und Implementierung eines Workflow-gestützten Ticket-Management-Systems,* 05.01.2004

Alexander Hegener, *Gewinnerbestimmung in kombinatorischen Auktionen: Graphentheoretische Verfahren,* 18.08.2003

Michael Gömann, *Entwurf und Implementierung eines datenbankbasierten Systems zur Verwaltung mehrsprachiger Human-Interface-Texte für Medizingeräte,* 26.03.2003

Dissertationen

Thomas Feyer, *A Component-Based Approach to Human-Computer Interaction Specification, Composition, and Application to Information Services,* 11.12.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

L. Bertossi, G.O.H. Katona, K.-D. Schewe, B. Thalheim, *Semantics in databases,* Springer, **LNCS 2582**, 1 - 6 (2003)

A. Binemann-Zdanowicz, B. Thalheim, *Modeling Information Services on the Basis of ASM semantics In: Abstract State Machines, Advances in Theory and Practice, 10th Intern. Workshop, ASM 2003, Taormina, Italy,* Springer, LNCS 2589, **ISBN3-540-00624-9**, 408 - 410 (2003)

A. Binemann-Zdanowicz, B. Thalheim, B. Tschiedel, *Logistics for learning objects. eTrain '2003,* Kluwer, (2003)

A. Binemann-Zdanowicz, B. Thalheim, *Content modeling for E-learning services. SCI'2003, Orlando, USA,* (2003)

A. Düsterhöft, B. Thalheim, *Systematic development of internet sites: Extending approaches of conceptual modeling. Information Modeling for Internet applications (ed. P. van Bommel),* Idea Group Publishing, 80 - 101 (2003)

A. Düsterhöft, B. Thalheim, *Based Search Facilities in Snowflake-Like Database Schemes. Data and Knowledge Engineering,* (2003)

T. Feyer, B. Thalheim, *A model for defining and composing interaction pattern. Information Modeling and Knowledge Bases XIV,* IOS Press, 277 - 289 (2003)

H. Jaakkola, B. Thalheim, *Visual SQL? High-Quality ER-based Query Treatment. In: Conceptual Modeling for Novel Application Domains, ER 2003 Workshops ECOMO, IWCMQ, AOIS, and XSDM (eds. M.A. Jeusfeld and O. Pastor), Chicago, IL USA,* Springer LNCS 2814, **ISBN 3-540-20257-9**, 129 - 139 (2003)

K.-P. Jantke, M. Memmel, O. Rostanin, B. Thalheim, B. Tschiedel, *Decision Support by Learning-On-Demand. In: The 15th Conf. on Advanced Information Systems Engineering - CAiSE 'o3 (eds. J. Eder, R. Mittermeir, B. Pernici), Klagenfurt/Velden, Austria, Information Systems for a Connected Society,* CEUR Workshop Proc. 75 Technical University of Aachen (RWTH), **ISBN 86-435-0552-8**, 317 - 328 (2003)

R. Kaschek, K.-D. Schewe, B. Thalheim, *Context Modeling for Web Information Systems, In: The 15th Conf. on Advanced Information Systems Engineering - CAiSE '03 (eds. J. Eder, T. Welzer), Klagenfurt/Velden, Austria, CAiSE Forum, Short Paper Proc., Information Systems for a Connected Society,* CEUR Workshop Proc. 74 Technical University of Aachen (RWTH), **ISBN 86-435-0549-8**, 105 - 108 (2003)

R. Kaschek, K.-D. Schewe, B. Thalheim, L. Zhang, *Context integration into web information systems,* WES, (2003)

A. Prinz, B. Thalheim, *Operational Semantics of Transactions. In: Database*

Technologies, 14th ADC , (eds. K.-D. Schewe, X. Zhou), CRPIT 17 Australian Computer Society 2003, **ISBN 0-909-92595-X**, 169 - 179 (2003)

A. Prinz, B. Thalheim, *ASM Specification of Database Systems. In: Abstract State Machines, Advances in Theory and Practice, (eds: E. Börger, A. Gargantini, E. Riccobene)ASM 2003„ Taormina, Italy,* Springer , Berlin, LNCS 2589, **ISBN 3-540-00624-9**, 418 - 420 (2003)

K.-D. Schewe, B. Thalheim, *Structural media types in the development of data-intensive web information systems (eds. D. Taniar, W. Rahayu),* (2003)

O. Seleznjev, B. Thalheim, *Statistical Modelling for Large Databases,* ISI, Berlin, **Vol. 2**, 401 - 402 (2003)

O. Seleznjev, B. Thalheim, *Average case analysis in database problems. Methodology and Computing in Applied Probability 5,* 395 - 418 (2003)

B. Thalheim, V. Vestenicky, *Flexible Association of Varieties of Ontologies with Varieties of Databases. Information Modeling and Knowledge Bases XIV,* IOS Press, 135 - 141 (2003)

B. Thalheim, *Database Component Ware. Australian Computer Science Communications,* Proc. ADC'2003 (eds: K.-D. Schewe, X. Zhou), **Vol. 25, Number 2**, 13 - 26 (2003)

B. Thalheim, *Component Engineering for Large Database Applications. In: The 15th Conference on Advanced Information Systems Engineering, - CAiSE '03 (eds. J. Eder, T. Welzer) Klagenfurt, Austria, CAiSe Forum, Information Systems for a Connected Society,* CEUR Workshop Proceedings 74, Technical University of Aachen (RWTH), **ISBN 86-435-0549-8**, 217 - 220 (2003)

B. Thalheim, *From Databases To XML Suites: Pearls And Hereditary Diseases,* SCI'2003, Orlando, USA, (2003)

B. Thalheim, *Conceptual Treatment of Multivalued Dependencies. In: Conceptual Modeling - ER 2003, 22nd Intern. Conf. on Conceptual Modeling (eds. I.-Y. Song, S.W. Liddle, T.W. Ling, P. Scheuermann),* Springer LNCS 2813, **ISBN 3-540-20299-4**, 363 - 375 (2003)

S. Hartmann, S. Link, K.-D. Schewe, B. Thalheim, *Error-robust functional dependencies,* Technical report, Massey University, Department of Information Systems, (2003)

B. Thalheim, *A Systematic Approach to Structuring, Functionality, and Interactivity of General Databases,* Computer Science Reports 01/03, BTU Cottbus, Institute of Computer Science, (2003)

A. Düsterhöft, B. Thalheim, *Linguistically-Based Understanding of Search Facilities in Snowflake-Like Database Schemes,* Computer Science Reports 05/03, BTU Cottbus, Institute of Computer Science, (2003)

B. Thalheim, *Scrutinizing Multivalued Dependencies through the Higher-Order Entity-Relationship Model,* Computer Science Reports 06/03, BTU Cottbus, Institute of Computer Science, (2003)

B. Thalheim, *Visual SQL-An ER-Based Introduction into Database Programming,* Computer Science Reports 08/03, BTU Cottbus, Institute of Computer Science, (2003)

A. Binemann-Zdanowicz, B. Thalheim, B. Tschiedel, *Storyboarding for Adaptive Content Generation for e-learning Web Services,* Computer Science Reports 10/03, BTU Cottbus, Institute of Computer Science, (2003)

T. Feyer, B. Thalheim, *Component-based interaction design. Information Modelling and Knowledge Bases XV,* IOS Press, Proc. EJC'2003, Kitakyushu, Japan, **ISBN 1 58603 396 4**, 19 - 36 (2003)

H. Jaakkola, H. Kangassalo, E. Kawaguchi, B. Thalheim, *Information Modelling and Knowledge Bases XIV, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications,* IOS Press, Vol. 94, **ISBN 1 58603 318 2**, (2003)

L. Bertossi, G.O.H. Katona, K.-D. Schewe, B. Thalheim, *Semantics in Databases. Second Intern. Workshop, Dagstuhl Castle, Germany, January 7-12, 2001, Revised Papers,* Springer LNCS 2582, Berlin, **ISBN 3-540-00957-4**, (2003)

A. Düsterhöft, B. Thalheim, *Natural Language Processing and Information Systems - NLDB03, 8th Internat. Conf. on Applications of Natural Language to Information Systems, June 2003, Burg(Spreewald),* Lecture Notes in Informatics, GI-Edition, P-29, Köllen-Verlag, **ISBN 1617-5468**, (2003)

L.A. Kalinichenko, R. Manthey, B. Thalheim, U. Wloka, *Advances in Databases and Information Systems, 7th East European Conference, ADBIS 2003, Dresden, Germany, September 3-6, 2003,* Proc. LNCS 2798, Springer, **ISBN 3-540-20047-9**, (2003)

B. Thalheim, G. Fiedler, *Emerging Database Research in East Europe, Proc.of the Pre-Conference Workshop of VLDB 2003,* Computer Science Reports 14/03, BTU Cottbus, Institute of Computer Science, **ISBN 1437-7969**, (2003)

A. Salski, P. Kandzia, *A fuzzy approach to ecological knowledge discovery, in: C. Orlowski (Ed.) Proceedings (Abstracts, CD-ROM),* The International ICSC-NAISO Conf. on Information Technologies in Environmental Engineering (ITEE' 2003) Gdansk, June 24-27, (2003)

Präsentationen

A. Salski, *A fuzzy approach to ecological knowledge discovery,* The International ICSC-NAISO Conf. on Information Technologies in Environmental Engineering (ITEE' 2003), Gdansk, Polen, 24.-27.06.2003

B. Thalheim, *Conceptual Treatment of Multivalued Dependencies,* ER 2003, 22nd Intern. Conf. on Conceptual Modeling, Chicago, USA, 13.-16.10.2003

B. Thalheim, *Visual SQL - High-Quality ER-Based Query Treatment,* IWCMQ'03, Chicago, USA, 13.10.2003

B. Thalheim, *Conceptual Development of Information-Intensive Internet Services,* IBM Silicon Valley Lab, San Jose, USA, 08.10.2003

B. Thalheim, *ASM Semantics for Database Operating,* Microsoft Research, Redmond, USA, 09.10.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

H.-J. Klein: Mitglied des Programmkomitees bei

- PhD Workshop der VLDB 2003 (29th Int. Conf. on Very Large Databases, Berlin, 2003)

Mitglied des Lehrkörpers des Multimedia Campus Kiel.

B. Thalheim: Mitglied des Programmkomitees bei

- ER'2003, Conference on Conceptual Modeling, Detroit, October 2003

- IWCMQ'03, Conceptual Modeling Quality, Detroit, October 2003

- eCOMO'03, Conceptual Modeling Approaches for e-Business, Detroit, October 2003

Vice-Chair der Steering Committees der ER- bzw. FoIKS-Konferenzen

Sprecher und Gründer des German Chapters von DAMA (Data Management) International

Professur für Theoretische Informatik

Die Arbeitsgruppe forscht auf den Gebieten Logik in der Informatik, Automatentheorie und Verifikationstheorie, auf letzterem hauptsächlich mit dem Ziel der Entwicklung effizienter Verifikationsverfahren und der Abgrenzung automatisch lösbarer Verikationsprobleme von solchen, die nur durch menschliche Hilfe lösbar sind. Ein aktueller Forschungsschwerpunkt ist die Verifikation kryptographischer Protokolle.

Ergebnisse

Die Forschungsergebnisse der Arbeitsgruppe, die im Jahr 2003 veröffentlicht wurden, betreffen inkrementelle Model-Checking-Probleme, Minimierung von Büchi-Automaten zu Formeln linearer temporaler Logik, die Klassifizierung von Spezifikationen in linearer temporaler Logik und die automatische Verifikation kryptographischer Protokolle.

Die algorithmische Komplexität des Model-Checking-Problems für lineare temporale Logik ist hinreichend untersucht und verstanden. Weniger untersucht wurde jedoch bislang die Erweiterung um eine dynamische Komponente, bei der man (der Realität folgend) in Betracht zieht, dass sich sowohl die Spezifikation wie auch das betrachtete System im Laufe des Entwicklungsprozesses ändern können. Der Arbeitsgruppe ist es gelungen, ein erstes greifbares Ergebnis über diese Variante des Model-Checking-Problems zu erzielen: das Problem kann für eine feste Formel und ein variables System durch Schaltkreise kleiner Größe gelöst werden.

Alle automatischen Verifikationswerkzeuge, die Spezifikationen in linearer temporaler Logik zulassen, wandeln Formeln dieser Logik in geeignete Automaten um. Dabei ist darauf zu achten, dass die Automaten nicht zu groß werden und die Übersetzung effizient bleibt. Die Arbeitsgruppe hat hier eine konkurrenzfähige Alternative zu den bekannten Verfahren entwickelt, und zwar durch den Aufbau einer geeigneten Minimierungstheorie für alternierende Automaten.

Spezifikationen in linearer temporaler Logik werden in erster Linie durch Verschachtelung der zweistelligen modalen Operatoren „seit“ und „bis“ schwer lesbar. Deshalb stellt sich die Frage, ob bzw. wie man eine solche Schachtelung ggf. beseitigen kann. Diese Frage wurde durch die Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit Forschern aus Montreal unter Benutzung der Theorie der endlichen Halbgruppen abschließend beantwortet.

Bisherige Verfahren zur vollständig automatischen Verifikation kryptographischer Protokolle sind auf Klassen von Protokollen und Angreifern auf diese Protokolle beschränkt, bei denen die verwendeten kryptographischen Primitive, wie zum Beispiel Verschlüsselungsverfahren, keinerlei algebraische Eigenschaften aufweisen. In Zusammenarbeit mit Forschern aus Nancy ist es der Arbeitsgruppe gelungen, in der Praxis häufig vorkommende algebraische Eigenschaften in die Analyse der Protokolle miteinzubeziehen und so die Klasse der automatisch analysierbaren Protokolle deutlich zu erweitern sowie die Genauigkeit der Analysen selbst wesentlich zu erhöhen.

Personal

Leiter: Prof. Dr. Th. Wilke; Sekretariat: M. Krause (50%)
Technisches Personal: Dipl.-Inf. F. Steiner

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Inf. C. Fritz Automatenminimierung	01.01.-31.07.2003	DFG
Dipl.-Inf. C. Fritz Sicherung der Lehre	01.08.-31.12.2003	CAU
Dr. R. Küsters Kryptographische Protokolle	01.01.-31.12.2003	CAU
Dipl.-Inf. D. Kähler Incremental Model Checking	01.01.-30.04.2003	GIF
Dipl.-Inf. D. Kähler Verifikation kryptographischer Protokolle	01.11.-31.12.2003	CAU
Dr. E. Valkema	01.01.-31.12.2003	CAU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Software-Praktikum, 1 (+1) Std. Praktikum (+ Übungen)/Woche,
Th. Wilke

Oberseminar Theoretische Informatik, 2 Std. Seminar/Woche,
Th. Wilke

Informatik für Nebenfächler, 4 Std. Vorlesung/Woche,
E. Valkema

Moderne Kryptographie, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Küsters, Th. Wilke

Sommer 2003

Secure Communications, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Th. Wilke

Moderne Kryptographie, 2 Std. Seminar/Woche,
Th. Wilke

Informatik IV für Ingenieure, 3 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
E. Valkema

Hardware-Praktikum, 4 Std. Praktikum/Woche,
E. Valkema

Informatik II, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Th. Wilke (+ C. Fritz)

Programmierpraktikum zu Informatik II, 3 Std. Praktikum/Woche,
Th. Wilke

Winter 2003/2004

Informatik IV, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Th. Wilke (+ H. Fecher, D. Kähler)

Moderne Kryptographie, 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Th. Wilke (+ D. Kähler)

Bioinformatik, 2 Std. Vorlesung/Woche,
J. Grötzinger, M. Krawczak, Th. Wilke (+ x x, x x)

Informatik für Nebenfächler, 4 Std. Vorlesung/Woche,
E. Valkema

Hardware-Praktikum, 4 Std. Praktikum/Woche,
E. Valkema

Drittmittel

German-Israeli Foundation for Scientific Research and Development (GIF), *Incremental Model Checking,* 01.01.2001-31.12.2003 (60.000 EUR)
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), *Minimierung von Automaten mit Anwendungen in der Verifikation nichtterminierender Systeme,* 01.08.2001-31.07.2003 (126.740 EUR)
Deutscher Akademischer Austausch Dienst (DAAD), *PROCOPE - Personenaustausch mit Frankreich,* 01.01.2003-31.12.2004 (10.056 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Die Arbeitsgruppe pflegt intensive nationale und internationale Kontakte. So waren denn auch in 2003 Arbeitsgruppen z. B. aus Dresden, Nancy und Montreal an den Veröffentlichungen der Arbeitsgruppe beteiligt.

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

Y. Chevalier, R. Küsters, M. Rusinowitch, M. Turuani, *An NP Decision Procedure for Protocol Insecurity with XOR,* Proceedings of the Eighteenth Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS), 261 - 270 (2003)
C. Fritz, *Constructing Büchi Automata from Linear Temporal Logic Using Simulation Relations for Alternating Büchi Automata,* Proceedings of the 8th International Conference on Implementation and Application of Automata (CIAA), 35 - 48 (2003)

Y. Chevalier, R. Küsters, M. Rusinowitch, M. Turuani, *Deciding the Security of Protocols with Diffie-Hellman Exponentiation and Products in Exponents,* 23rd Conference on Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science (FSTTCS), 124 - 135 (2003)

Y. Chevalier, R. Küsters, M. Rusinowitch, M. Turuani, *Extending the Dolev-Yao Intruder for Analyzing an Unbounded Number of Sessions,* Annual Conference of the European Association for Computer Science Logic (CSL), 128 - 141 (2003)

S. Brandt, A. Turhan, R. Küsters, *Extensions of Non-standard Inferences to Description Logics with Transitive Roles,* Proceedings of the 10th International Conference on Logic for Programming, Artificial Intelligence, and Reasoning (LPAR), 122 - 136 (2003)

F. Baader, R. Küsters, F. Wolter, *Extensions to Description Logics,* The Description Logics Handbook: Theory, Implementations, and Applications, 219 - 261 (2003)

D. Therien, Th. Wilke, *Nesting until and since in linear temporal logic,* Theory of Computing Systems, **37**, 111 - 131 (2003)

D. Kähler, Th. Wilke, *Program Complexity of Dynamic LTL Model Checking,* Annual Conference of the European Association for Computer Science Logic (CSL), 271 - 284 (2003)

Präsentationen

C. Fritz, *Constructing Büchi Automata from Linear Temporal Logic Using Simulation Relations for Alternating Büchi Automata,* 8th International Conference on Implementation and Application of Automata (CIAA 2003), Santa Barbara, CA, USA, 16.-18.07.2003

D. Kähler, *Program Complexity of Dynamic LTL Model Checking,* Annual Conference of the European Association for Computer Science Logic, Wien, Österreich, 28.-30.08.2003

Professur für Theorie der Parallelität

Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich in der theoretischen Forschung mit approximativen Algorithmen (Approximationsschemata, Online Algorithmen, und Nicht-Approximierbarkeit), kombinatorischer Optimierung (algorithmische Graphentheorie, algorithmische Geometrie, Schedulingtheorie, lineare und nicht-lineaere Optimierung) sowie parallelen Algorithmen und Komplexität paralleler Berechnungen. In der praktischen Forschung arbeiten wir an Problemen aus der Daten- und Telekommunikation (Kommunikationsnetzwerke, Mobilfunknetze und optische Netzwerke) sowie an Planungsproblemen mit knappen Ressourcen (Scheduling mit Kommunikationszeiten und Ablaufplanung in automatischen Produktionsprozessen).

Ergebnisse

Die Forschungsarbeiten konzentieren sich auf den Entwurf von effizienten optimalen und approximativen Algorithmen in der theoretischen Informatik. Die Hauptthemen sind:

(a) approximative Algorithmen für lineare und konvexe Optimierungsprobleme (wie fractional packing und fractional covering),

(b) Schedulingprobleme mit parallelen Jobs oder Präzedenzen und Packungsprobleme wie Binpacking und Bincovering,

(c) Varianten vom klassischem Rucksackproblem (wie Packungen von Rechtecken in grosses Rechteck mit maximalen Gewinn),

(d) Nicht-Approximierbarkeit von graphentheoretischen Problemen (wie Dominating Set),

(e) Färbungen von Graphen einer speziellen Graphklasse und Varianten vom Färbungsproblem.

Personal

Leiter: Prof. Dr. K. Jansen; Sekretariat: U. Iaquinto (50%)
Technisches Personal: P. Karimi Massouleh (50%)

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. J. Chlebikova ARACNE	01.01.-31.12.2003	EU
Dr. A. V. Fishkin CRESCCO	01.01.-31.12.2003	EU
O. Gerber Stipendiatin Graduierten Kolleg	01.01.-31.12.2003	DFG

Dr. M. Margraf	01.01.-31.07.2003		CAU
H. Marzguioui CRESSCO (Werkvertrag)	15.08.-31.12.2003	(50%)	CAU
R. Thöle APPOL II	01.05.-31.08.2003		EU
D. Ye Stipendiat DAAD	01.10.-31.12.2003		DAAD
Dr. G. Zhang CRESCCO	01.04.-31.12.2003		EU
Hu Zhang Stipendiat Graduierten Kolleg	01.01.-31.12.2003		DFG

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Effiziente Algorithmen (08223), 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Jansen (+ M. Margraf)

Diplomandenseminar (08137), 2 Std. Seminar/Woche,
K. Jansen

Oberseminar: Algorithmen, Kombinatorik und Komplexität (08224), 2 Std. Seminar/Woche,
K. Jansen (+ A. Srivastav)

Online algorithmns (08225), 4 Std. Vorlesung/Woche,
G. Zhang

Praktikum Implementierung von Algorithmen zur Graphen-Färbung (08226), 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Jansen (+ H. Zhang, A. V. Fishkin)

Seminar Färbungen von Graphen (08227), 2 Std. Seminar/Woche,
K. Jansen (+ M. Margraf)

Sommer 2003

Approximative Algorithmen I (Appr.Alg.) (080148), 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Jansen (+ A. V. Fishkin, M. Margraf)

Informatik IV (A4.1) (080191), 4 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Jansen (+ M. Margraf)

Diplomandenseminar (080137), 2 Std. Seminar/Woche,
K. Jansen

Oberseminar: Algorithmen, Kombinatorik und Komplexität (OS: Alg., Komb.,u. Kompl.exit) (080224), 2 Std. Seminar/Woche,
K. Jansen (+ A. Srivastav)

Praktikum Effiziente Algorithmen I (Prak. Eff. Alg.) (080135), 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Jansen (+ H. Zhang)

Seminar Effiziente Algorithmen I (Sem. Eff. Alg.) (080139), 2 Std. Seminar/Woche,
K. Jansen (+ M. Margraf)

Winter 2003/2004

Effiziente Algorithmen (080223), 2 (+2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Jansen (+ A. V. Fishkin)

Fortgeschrittenen Praktikum Implementierung von Algorithmen (FP-IvA) (080130), 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Jansen (+ O. Gerber, H. Zhang)

Drittmittel

DFG Graduiertenkolleg 357, *Stipendiaten, Reisen, Workshops,* 01.10.1999-31.03.2004 (150.000 EUR)
EU-Projekt APPOL II, *Personalkosten, Reisen,* 01.11.2001-31.10.2004 (50.800 EUR)
EU-Projekt ARACNE, *Personalkosten, Reisen,* 01.05.2000-30.04.2004 (145.000 EUR)
EU-Projekt CRESCCO, *Personalkosten, Reisen, Anschaffungen,* 01.01.2002-31.12.2004 (296.000 EUR)
DAAD-Projekt PROCOPE, *Wissenschaftlichen Austausch,* 01.01.2003-31.12.2004 (14.300 EUR)
DFG-Projekt mit Prof. Srivastav, *Wissenschaftl. Mitarbeiter, Sachmittel,* 01.09.2003-31.08.2005 (134.460 EUR)

Dissertationen

A. V. Fishkin, *Approximation and Online Algorithms in Scheduling and Coloring,* 16.06.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

J. Chlebikova, M. Chlebik, *Approximation Hardness of Minimum Edge Dominating Set and Minimum Maximal Matching,* Proceedings of 14th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC), LNCS, **LNCS 2906**, 415 - 424 (2003)
J. Chlebikova, K. Jansen, *The d-precoloring problem on k-degenerate graphs,* Proceedings of 2th European Conference on Combinatorics, Graphs, and Applications (EUROCOMB), 81 - 85 (2003)
J. Chlebikova, M. Chlebik, *Inapproximability results for bounded variants of optimization problems,* Proceedings of 14th International Symposium on

Fundamentals of Computation Theory (FCT), LNCS, **LNCS 2751**, 27 - 38 (2003)

J. Chlebikova, M. Chlebik, *Approximation Hardness for Small OccurrenceInstances of NP-Hard Problems,* Proceedings of 5th Conference on Algorithms and Complexity (CIAC), LNCS, **LNCS 2653**, 152 - 164 (2003)

A. V. Fishkin, K. Jansen, M. Mastrolilli, *On Minimizing Average Weighted Completion Time: A PTAS for Job Shop Scheduling with Release Dates,* Proceedings of 14th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC), LNCS, **2906**, 319 - 328 (2003)

A. V. Fishkin, G. Zhang, *On maximizing the throughput of multiprocessor tasks.,* Theoretical Computer Science, **302**, 319 - 335 (2003)

K. Jansen, R. Solis-Oba, *Approximation algorithms for scheduling jobs with chain precedence constraints,* Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics, **LNCS 3019**, (2003)

K. Jansen, R. Solis-Oba, *An asymptotic fully polynomial time approximation scheme for bin covering,* Theoretical Computer Science, **306**, 543 - 551 (2003)

J. Fiala, K. Jansen, V.B. Le, E. Seidel, *Graph subcolorings: complexity and algorithms,* SIAM Journal on Discrete Mathematics, **16**, 635 - 650 (2003)

K. Jansen, R. Solis-Oba, M. Sviridenko, *Makespan minimization in job shops: a linear time approximation scheme,* SIAM Journal on Discrete Mathematics, **16**, 288 - 300 (2003)

K. Jansen, *Approximate strong separation with application in fractional graph coloring and preemptive scheduling,* Theoretical Computer Science, **302**, 239 - 256 (2003)

K. Jansen, L. Porkolab, *Computing optimal preemptive schedules for parallel tasks: linear programming approaches,* Mathematical Programming, A, **95**, 617 - 630 (2003)

K. Jansen, *The mutual exclusion problem for permutation and comparability graphs,* Information and Computation, **180**, 71 - 81 (2003)

K. Iwama, G. Zhang, *Removable online knapsack - weighted case,* Proceedings of the 7th Japan-Korea Workshop on Algorithms and Computation (WAAC), 223 - 227 (2003)

G. Zhang, X. Cai, C.K. Wong, *Optimal on-line algorithms for scheduling on parallel batch processing machines,* IIE Transactions on Scheduling and Logistics, **35**, 175 - 181 (2003)

D. Ye, G. Zhang, *On-line scheduling with extendable working time on a small number of machines,* Information Processing Letters, **85**, 171 - 177 (2003)

D. Ye, G. Zhang, *On-line extensible bin packing with unequal bin sizes,* Proceedings of the First Workshop on Approximation and Online Algorithms (WAOA), **LNCS 2909**, 235 - 247 (2003)

D. Ye, G. Zhang, *On-line scheduling of parallel jobs with dependencies on 2-dimensional meshes,* Proceedings of the 14th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC), **LNCS 2906**, 329 - 338 (2003)

Präsentationen

J. Chlebikova, *Some inapproximability results for combinatorial optimization problems,* RAND-Seminar, University of Bonn, Bonn, 13.01.2003

J. Chlebikova, *Inapproximability results for bounded variants of combinatorial optimization problems,* STTI 2003, Prag, Czechia, 22.05.2003

J. Chlebikova, *Approximation Hardness for Small Occurrence Instances of NP-Hard Problems,* 5th Conference on Algorithms and Complexity (CIAC), Rome, Italy, 28.05.2003

J. Chlebikova, *Inapproximability results for bounded variants of optimization problems,* 14th International Symposium on Fundamentals of Computation Theory (FCT), Malmo, Sweden, 12.08.2003

J. Chlebikova, *The d-precoloring problem on k-degenerate graphs,* Eurocomb, Prag, Czechia, 08.09.2003

J. Chlebikova, *Approximation Hardness of Minimum Edge Dominating Set and Minimum Maximal Matching,* 14th International Symposium on, Kyoto, Japan, 15.12.2003

A. V. Fishkin, *On Minimizing Average Weighted Completion Time: A PTAS for Job Shop Scheduling with Release Dates,* ISAAC, Kyoto, Japan, 15.12.2003

O. Gerber, *Approximation Algorithms for the Knapsack Problem,* Doktorandenkolloquium (Graduiertenkolleg 357), Kiel, 17.02.2003

O. Gerber, *On Packing Squares into a Rectangle: Maximizing Total Profit,* Klausurtagung in Leck (Graduiertenkolleg 357), Leck, Germany, 10.10.2003

K. Jansen, *Approximation algorithms for scheduling problems with precedence constraints,* Summer School on Approximation Algorithms, Lugano, Schweiz, 19.05.2003

K. Jansen, *Approximation algorithms for Hard problems,* Graduiertenkolleg, Kiel, 07.07.2003

K. Jansen, *Approximation algorithms for the max-min resource sharing problem,* Kolloquium Max-Planck Institut für Informatik, Saarbrücken, 24.07.2003

K. Jansen, *Approximation algorithms for the max-min resource sharing problem,* Workshop Efficient Algorithms, Oberwolfach, 14.08.2003

K. Jansen, *Approximation algorithms for scheduling jobs with chain precedence constraints,* PPAM 2003, Czestochowa, Polen, 08.09.2003

K. Jansen, *Approximation algorithms for the max-min resource sharing problem,* APPOL II Workshop, Szeged, Ungarn, 12.09.2003

K. Jansen, *Approximation algorithms for the max-min resource sharing problem,* Kolloquium, University of Maastricht, Maastricht, Niederlande, 24.09.2003

K. Jansen, *On rectangle packing: maximizing benefits,* CRESCCO Workshop, Athen, Griechenland, 06.12.2003

G. Zhang, *Scheduling parallel jobs on networks,* EU Project Workshop CRESCCO, Santorini, Greece, 04.06.2003

G. Zhang, *Scheduling parallel jobs on networks,* the DFG Graduate School CGC, Free University of Berlin, Germany, 17.06.2003

G. Zhang, *Scheduling parallel jobs on networks,* Lecture at DFG Graduate School 357, Kiel University, Germany, 30.06.2003
G. Zhang, *Online removable knapsack - weighted case,* the 7-th Japan-Korea Workshop on Algorithms and Computation (WAAC03), Sendai, Japan, 04.07.2003
G. Zhang, *Two-dimensional bin packing with applications in scheduling,* School of Informatics, Kyoto University, Japan, 07.07.2003
G. Zhang, *Scheduling parallel jobs on networks,* Project Workshop APPOL II (Approximation and On-Line Algorithms), Szeged, Hungary, 12.09.2003
G. Zhang, *On-line extensible bin packing with unequal bin sizes,* Workshop on Approximation and Online Algorithms (WAOA), Budapest, Hungary, 17.09.2003
G. Zhang, *On-line scheduling of parallel jobs with dependencies on 2-dimensional meshes,* The 14th Annual International Symposium on Algorithms and Computation (ISSAC), Kyoto, Japan, 16.12.2003
Hu Zhang, *Approximation algorithms for packing problems and their applications,* Workshop Effiziente Algorithmen, Kiel, 31.01.2003
Hu Zhang, *Improved Approximation Algorithm for Scheduling with Malleable Tasks and Precedence Constraints,* Klausurtagung (Graduiertenkolleg 357), Leck, 10.10.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Second International Workshop on Experimental and Efficient Algorithms

26 May - 28 May 2003 Monte Verità, Ascona, Switzerland

The Workshop on Experimental and Efficient Algorithms (WEA) was intended as an international forum for researchers in the area of design, analysis and experimental evaluation of algorithms. Proceedings of the workshop will be published in the Springer Series Lecture Notes in Computer Science.

Summer School on Algorithms for Hard Problems

May 19-23, 2003 Lugano, Switzerland

The themes of the school were algorithmic techniques for dealing with hard optimization problems arising in practice. The focus was on algorithms with provable performance guarantees. In particular, the school wanted to cover recent advances in the design and analysis of approximation algorithms. This event was organized by Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale (IDSIA), University of Kiel, ARACNE and Metaheuristics Network.

APPROX 2003 and RANDOM 2003

24 - 26 August 2003 Princeton, USA, LNCS

6th International Workshop on Approximation Algorithms for Combinatorial Optimization and 7th International Workshop on Randomization and Approximation Techniques in Computer Science

WAOA 2003 First Workshop on Approximation and Online Algorithms

15 - 20 September 2003 Budapest, Hungary

Approximation and online algorithms are fundamental tools used to deal with computationally hard problems and problems in which the input is gradually disclosed over time. Both kinds of problems have a vast number of applications arising from a variety of fields. The workshop focused on the design and analysis of algorithms for online and computationally hard problems. The workshop also covered experimental methods used to design efficient approximation and online algorithms. The workshop was part of ALGO 2003 , which also hosts ESA 2003 , WABI 2003 , and ATMOS 2003.

Winterschool on Approximation Algorithms and Randomization

November 29 to December 4, 2003 Braunwald, Switzerland

Invited speakers

* Prof. Dr. Artur Czumaj (New Jersey Institute of Technology, USA) * Prof. Dr. Uriel Feige (Weizmann Institute, Israel) * Prof. Dr. Michael Grigoriadis (Rutgers University, New Jersey, USA) * Prof. Dr. Andrzej Rucinski (Mickiewicz University, Poznan, Poland)

The school was supported by the German Research Foundation (DFG), Graduiertenkolleg „Effiziente Algorithmen und Mehrskalenmethoden, Kiel“ , and by the ETH Zürich.

Lehrstuhl für Allgemeine Materialwissenschaft

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des Lehrstuhl im Jahr 2003 standen überwiegend im Zeichen des Technologietransfers. Insbesondere bei porösen Halbleitern zeichnen sich erste großvolumige Anwendungen ab, aber auch bei der Charakterisierung von Solarzellen nehmen technologieorientierte Aktivitäten zu.

Ergebnisse

Patentanmeldungen: Ende 2003 waren 7 Erfindungs- und Patentanmeldungen bei der PVA deponiert; davon sind 3 hauptsächlich in 2003 entstanden. Im Einzelnen ging es um die Herstellung poröser Halbleitermembranen, die direkte Herstellung von Lichtwellenleitern in InP **(Abb. 1)** durch Porenätzung und insbesondere um Verfahren zur schnellen Porenätzung in Silizium.

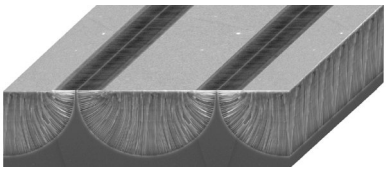


Abb. 1: Die Photomontage zeigt die Struktur der in einem Ätzprozess gewonnenen Wellenleiter. Durch Gradienten in der Porosität wird ein für Wellenleitung günstiger Gradient im Brechungsindex erzeugt.

Kooperation mit Neah Power Systems / Seattle: Neah entwickelt Mikrobrennstoffzellen auf der Basis von porösen Silizium Elektroden. Eine Prozessingenieurin von Neah war als Gastwissenschaftlerin vom 01.10.2002 bis 30.09.2003 am Lehrstuhl tätig. Forschungsgegenstand war die Erprobung der Makroporenätzung in p-Typ Silizium als Alternative zum etablierten Verfahren in n-Silizium mit Rückseitenbeleuchtung. Obwohl die Porenätzung in p-Material generell schwieriger ist als in n-Material, würden sich im Erfolgsfall doch eine Reihe von (Kosten)Vorteilen ergeben. Weiterhin wurden mit der am Lehrstuhl entwickelten Großflächenätzanlage umfangreiche Optimierungsarbeiten an Neah Wafern durchgeführt.

Weitere und neue Kooperationen: Im Rahmen eines BMBF Projekts ist der Lehrstuhl an der Entwicklung eines neuartigen Alkoholsensors auf der Basis photonischer Kristalle beteiligt. Kooperationspartner sind die Dräger Werke Lübeck, das MPI Halle, die IPM Freiburg (FhG) und die Infineon Technologies AG. Aufgabe des Lehrstuhls ist die Herstellung der entwickelten Strukturen auf fertigungsnahen Wafergrößen und Anlagen. Für die Firma Wacker Siltronic wurden im Rahmen von Vorleistungen zahlreiche *quick and dirty* Untersuchungen zu spezifischen Fragen der Ätzung großer Wafer durchgeführt. Die erzielten Resultate werden mit hoher Wahrscheinlichkeit in 2004 zu einem Kooperationsvertrag führen. Ähnliches gilt für die Fa. Phillips (Österreich). Mit der Fa. Lakeshore (USA) wurde eine Kooperation begonnen, die sehr gut angelaufen ist. Im Vordergrund steht die Verwendung von porösem Silizium und von III-V Halbleitern

für optische Anwendungen. Lakeshore hat zwischenzeitlich einen am Lehrstuhl gebauten Großflächenätzer zur Erprobung bezogen.

In Kooperation mit der Fa. Würth AG, in Verbindung mit der ZSW Stuttgart, wurden erste erfolgreiche CELLO Messungen an CIS (Copper Indium (di)Selenide) Solarzellen durchgeführt (Abb. 2). Würth ist an der Technik interessiert und hat ein Angebot angefordert; eine Anschaffung wird jedoch aus Budgetgründen erst in 2004 in Erwägung gezogen.

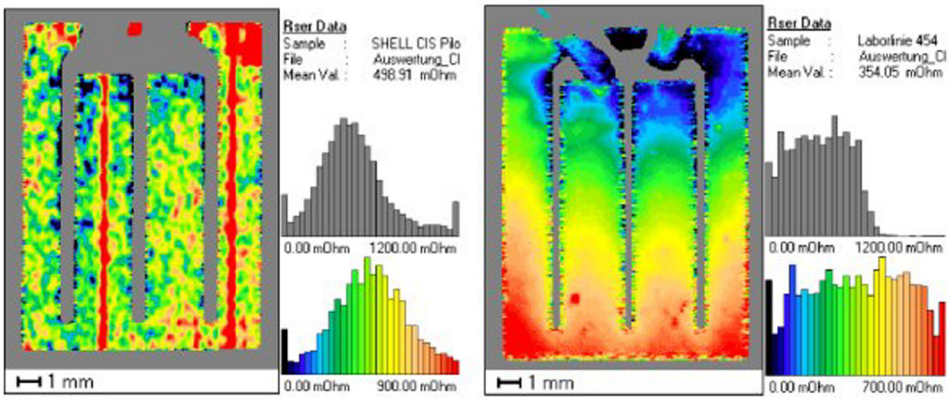


Abb. 2: Erste CELLO Messungen an CIS Solarzellen; gezeigt ist der lokale Serienwiderstand. Links eine Zelle aus einer Produktionsumgebung, rechts eine vergleichbare Zelle aus einer FuE Umgebung.

Das KOSI (Kostengünstiges Silizium) Projekt (BMWi) zu multikristallinen Solarzellen wurde im September 2002 beendet, gleichzeitig ist jedoch ein Nachfolgeprojekt namens ASIS (Angewandtes Solar Silizium) des BMWi angelaufen, an dem der Lehrstuhl weiterhin beteiligt ist. Ziele sind insbesondere die Erprobung von n-typ multikristallinem Si für Solarzellen, um die in p-Si wirkungsgradlimitierenden Bor-Sauerstoffdefekte zu umgehen, mechanische Bruchfestigkeit dünner Solarzellen und die Nutzung schneller RTP-Prozesse für die Solarzellenherstellung.

Als krönender Abschluss der Technologieentwicklungs- und Transferaktivitäten wurde Ende 2003 ein Projekt mit dem Lehrstuhl für Gründungs- und Innovationsmanagement der WiSo Fakultät (Prof. Dr. Achim Walter, Dipl. Wi.-Ing. J. Schmidthals) begonnen. Ziel war, mit Studierenden die im Rahmen einer möglichen Firmengründung anfallende Arbeiten durchzuführen. Das Projekt war erfolgreich: Im Jan. 2004 wurde zur Vermarktung der am Lehrstuhl entwickelten Technologien die ET&TE GmbH (http://www.et-te.com) gegründet.

Forschung und Entwicklung: Im Zentrum der Aktivitäten zur Si Elektrochemie standen die Erhöhung der Wachstumsrate von Makroporen in Silizium. Detaillierte Arbeiten ergaben, dass eine weitere Erhöhung der Ätzgeschwindigkeit bei den etablierten Porenätzverfahren nicht mehr möglich ist, Gesamtätzzeiten liegen damit im (unwirtschaftlichen) Bereich von 10 bis 14 Stunden pro Wafer. Versuche zu neuen Ätzverfahren

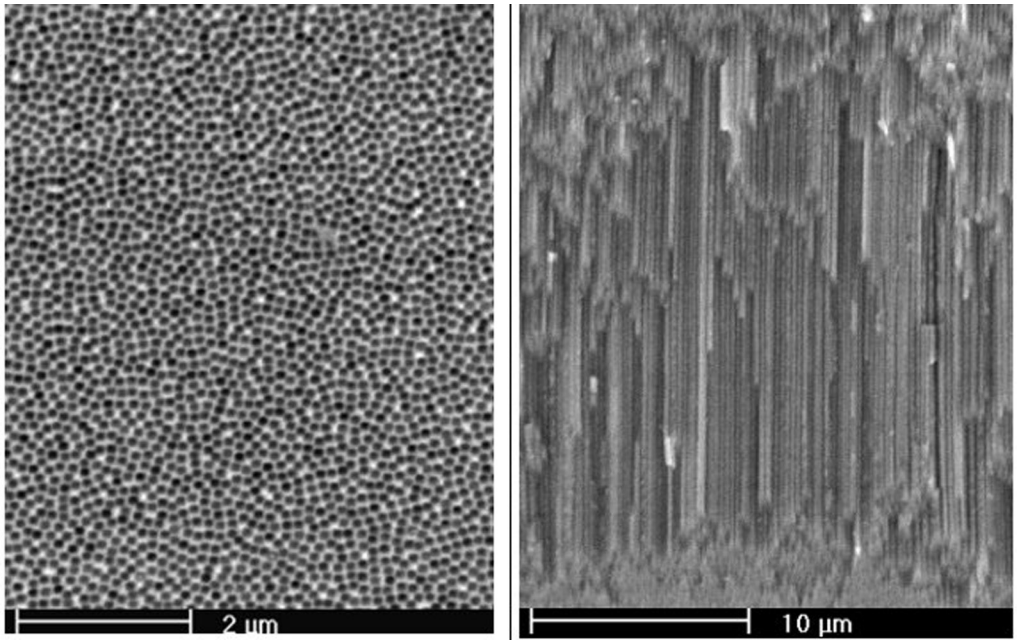


Abb. 3: a) Die Oberflächenaufnahme (REM) zeigt eine neue Art der Selbstorganisation bei *schnellen* Poren: es bildet sich ein sog. frustrierter Kristall; eine Art Mischung aus kubischer und hexagonaler Symmetrie. b) Die Querschnittsaufnahme (REM) einer Probe mit *schnellen* Si Poren zeigt bei *guten* Parametern schöne Poren bei bis zu 6 mal höherer Ätzrate im Vergleich zum konventionellen Verfahren.

orientierten sich an der Porenätzung in III-V Halbleitern (bei denen große Ätzraten bei guter Porengeometrie und Porenmorphologie problemlos darstellbar sind). Erste Versuche waren ermutigend; Abb. 3 zeigt ein Beispiel. Neben höheren Ätzraten finden sich auch viele Selbstorganisationsphänomene (z. B. selbstinduzierte Oszillationen) die teilweise an die Ergebnisse von III-V Halbleitern anknüpfen, teilweise aber auch neuartig sind (vgl. Abb. 2a).

Porenätzung in Germanium wurde als neues Thema (mit DFG Förderung) intensiviert. Neben Aspekten der Grundlagenforschung sind hier auch mögliche Verwendungen von porösen Ge Membranen in der Biotechnologie von großem Interesse. Erste Ergebnisse zeigen: Porenätzung ist möglich, aber vieles ist (etwas unerwartet) ganz anders als in anderen Halbleitern. Vor einigen Jahren wurde am Lehrstuhl erstmalig ein quantitatives Modell zur (Monte Carlo) Simulation, der nach wie vor faszinierenden Stromoszillationen der Si Elektrode, entwickelt und erfolgreich implementiert. Das Programm wurde jetzt auf eine wesentlich leistungsfähigere Plattform umgesetzt und erweitert. Damit konnten völlig neue Ergebnisse nicht nur zu Stromoszillationen, sondern insbesondere auch zu den wesentlich komplizierteren Spannungsoszillationen und zu getriebenen Oszillationen erhalten werden. Das Modell ermöglicht erstmalig eine Simulation der Vorgänge bei der anodischen Auflösung von Si auf nanoskopischer Skala.

Im Rahmen der Kooperation mit der Technischen Unversität Chisinau, Moldavien, wurde eine neuartige Theorievariante zur Wellenausbreitung in photonischen Kristallen entwickelt und weitergeführt, die insbesondere für Bereiche mit Brechungsindex < 1 oder sogar < 0 Vorhersagen ermöglicht. Die Ergebnisse werden in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik (Prof. Knöchel) im Mikrowellenbereich experimentell überprüft. Im Rahmen der Organisation des DFG Schwerpunktprogramms *Photonische Kristalle* wurden die Arbeiten zur Erstellung eines Buches mit Schwerpunkt *Experimentelle Realisierung Photonischer Kristalle* koordiniert. Das Buch erscheint Anfang 2004. Außerdem hat der Lehrstuhl an der Organisation div. Fachtagungen und Workshops mitgewirkt.

In 2003 wurde erstmals eine Statistik zur Nutzung des Internetangebots des Lehrstuhls erstellt. Die dort verfügbaren umfangreichen Hyperskripte erfreuen sich reger internationaler Nachfrage; hochgerechnet auf das ganze Jahr ergeben sich ca. 1.8 x 10^6 Seitenaufrufe und 150 GB downloads.

Personal

Leiter: Prof. Dr. Helmut Föll; Sekretariat: Katrin Brandenburg (50%)
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) Jörg Bahr

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. Jürgen Carstensen 01.01.-31.12.2003

Dr. Marc Christophersen 01.01.-31.12.2003
zur Zeit beurlaubt

Dr. Jens Chr. Claussen 01.01.-30.06.2003

Dipl.-Ing. Gunther Hasse 01.01.-31.12.2003 DFG
Elektrochemische Untersuchungen am Kontakt Si / Elektrolyt

Dipl.-Ing. (FH) Harald Jacobsen 01.08.-31.12.2003 FhG-ISiT
Einsatzmöglichkeiten von Hochleistungskeramiken in der Mikrosystemtechnik

Dipl.-Ing. Sergiu Langa 01.01.-31.12.2003 DFG
Porenätzung in III-V Halbleitern

Dipl.-Phys. Stefan Lölkes 01.01.-31.12.2003 DFG
Preparation of two and three dimensional photonic crystals in Si and III-V semiconductors by pore etching

Dr. Georgi Popkirov 01.03.-31.08.2003 DAAD
INNOVATEC - Gastdozentur für innovative Studiengänge an deutschen Hochschulen

M. Sc. Maxim Shakhray 01.01.-31.12.2003 FhG-ISiT
Untersuchungen zu mikromechanisch schaltbaren variablen Hochfrequenzbauelementen und Zuverlässigkeitsuntersuchungen an neuartigen HF-MEMS-Schaltern

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Einführung in die Materialwissenschaft I, 3 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Helmut Föll (+ Gunther Hasse)

Electronic Materials, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Helmut Föll (+)

Semiconductors, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Helmut Föll (+)

Quantummechanical Aspects in Materials Science, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Jürgen Carstensen (+)

Aktuelle Fragen der Forschung, 2 Std. Seminar/Woche,
Helmut Föll

Aktuelle Fragen der Strukturbildung in der Silizium-Elektrochemie, 2 Std. Seminar/Woche,
Helmut Föll (+ Jens Chr. Claussen)

Werkstoffe und Werkstofftechnologien I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
Helmut Föll (+ Klaus Noack, Klaus Rätzke, Werner Weppner, Franz Faupel, Wing Fong Chu, Wolfgang Jäger, Erdmann Spiecker)

Laboratory Course: Functional Materials, 4 Std. Praktikum/Woche,
Helmut Föll (+ Franz Faupel, Wolfgang Jäger, Werner Weppner)

Sommer 2003

Einführung in die Materialwissenschaft II, 3 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Helmut Föll (+ Gunther Hasse)

Defects in Crystals, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Helmut Föll

Statistical Methods in Materials Science, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Jürgen Carstensen

Aktuelle Fragen der Strukturbildung in der Silizium-Elektrochemie, 2 Std. Seminar/Woche,
Helmut Föll (+ Jens Chr. Claussen)

Seminar des Lehrstuhls für Allg. Materialwissenschaft, 2 Std. Seminar/Woche,
Helmut Föll (+ Jürgen Carstensen)

Lab Course: Electronic measurement techniques for Master-, Diplom- and PhD-students in Materials Science, 1 Std. Praktikum/Woche,
Georgi Popkirov

Electrochemical Impedance Spectroscopy, 2 Std. Vorlesung/Woche,
Georgi Popkirov

Electronic measurement techniques for Master-, Diplom- and PhD-students in Materials Science, 2 Std. Vorlesung/Woche,
Georgi Popkirov

Introdution to Electrochemistry for Materials Scientists, 2 Std. Vorlesung/Woche,
Georgi Popkirov

HTML for science projects, 3 Std. Vorlesung/Woche,
Helmut Föll (+ Jürgen Carstensen)

Werkstoffe und Werkstofftechnologien II, 1 Std. Vorlesung/Woche,
Helmut Föll (+ Kai Dolgner, Klaus Rätzke, Werner Weppner, Franz Faupel, Wing Fong Chu, Wolfgang Jäger)

Laboratory Course: Functional Materials, 4 Std. Praktikum/Woche,
Sergiu Langa (+ Stefan Lölkes, ,)

Winter 2003/2004

Electronic Materials, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Helmut Föll

Semiconductors, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Helmut Föll

Quantummechanical Aspects in Materials Science, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/ Woche,
Jürgen Carstensen

Aktuelle Fragen der Forschung, 2 Std. Seminar/Woche,
Helmut Föll

Einführung in die Materialwissenschaft I, 3 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Helmut Föll (+ Gunther Hasse, ,)

Laboratory Course: Scientif Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
Helmut Föll (+ Franz Faupel, Wolfgang Jäger, Werner Weppner)

Drittmittel

DFG, *Electrochemistry and Pore Formation in III-V Compounds,* 01.05.2001-30.04.2003 (70290 EUR)
DFG, *Elektrochem. Untersuchungen am Kontakt Silizium-Elektrolyt,* 01.06.2001-31.03.2004 (110410 EUR)
DFG, *Schwerpunktprogramm Photonische Kristalle,* 01.09.2001-31.08.2003 (147610 EUR)
DFG, *Deutsch-moldavische Zusammenarbeit zum Thema Electrochemistry and Pore Formation in III-V Cpompounds,* 18.07.2001-17.06.2003 (20450 EUR)
DAAD, *INNOVATEC - Gastdozenturen für innovative Studiengänge an deutschen Hochschulen,* 01.03.-31.08.2003 (31514 EUR)
FhG-ISiT, *Untersuchungen zu mikromechanisch schaltbaren variablen*

Hochfrequenzbauelementen - Investigation of micromechanically switched variable radio-frequency components, 01.10.2001-30.09.2003 (72600 EUR)

FhG-ISiT, *Zuverlässigkeitsuntersuchungen an neuartigen HF-MEMS Schaltern,* 15.07.2002-31.10.2003 (23450 EUR)

FhG-ISiT, *Untersuchungen zu mikromechanisch schaltbaren variablen Hochfrequenzbauelementen und Zuverlässigkeitsuntersuchungen an neuartigen HF-MEMS-Schaltern,* 01.10.2003-30.09.2004 (52950 EUR)

DFG, *Porenätzung in III-V Halbleitern,* 01.05.2003-30.04.2004 (44546 EUR)

FhG-ISiT, *Einsatzmöglichkeiten von Hochleistungskeramiken in der Mikrosystemtechnik,* 01.08.2003-31.07.2005 (108924 EUR)

DFG, *Schwerpunktprogramm Photonische Kristalle,* 01.09.2003-31.08.2005 (112455 EUR)

DFG, *Publikationskosten im Rahmen des Schwerpunktprogrammes Photonische Kristalle,* 12.05.2003-11.05.2004 (9000 EUR)

DFG, *Reisemittel zur Durchführung von Workshops im Rahmen des Schwerpunktprogrammes Photonische Kristalle,* 10.10.2003-09.10.2004 (15000 EUR)

DFG, *Zentralprojekt im Rahmen des Schwerpunktprogrammes Photonische Kristalle,* 15.12.2003-14.12.2005 (5112 EUR)

NEAH POWER SYSTEMS, Inc., *Development: Porous silicon structures suitable for use as an electrode of a direct methanol fuel cell assembly,* 01.10.2002-31.05.2003 (5547 EUR)

FhG-ISE, *Alternatives Silicium für Solarzellen - ASIS - TP1: Schnelle Verfahren, rasches thermisches Prozessieren und schnelle Charakterisierung,* 15.02.2003-30.09.2005 (78000 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

IMEC, Belgien, Kooperation: Austausch von Proben und CELLO-Untersuchungen, Entwicklung eines Potentiostaten für Cello-Messungen.

NEAH Power Systems Inc., USA, Austausch von wissenschaftlichen Mitarbeitern: Suzanne M. Snyder war vom 01.10.2002 bis 30.09.2003 Gastwissenschaftlerin am Lehrstuhl für Materialwissenschaft, Kiel; H. Föll und J. Carstensen: allg. Consulting im Rahmen eines Scientific Advisors; Forschungsgegenstand: Erprobung der Makroporenätzung in n-Typ Silizium mit Rückseitenbeleuchtung und p-Typ Makroporen.

Dräger, Lübeck, Mehrere Konsultationen im Rahmen eines geplanten und inzwischen genehmigten gemeinsamen BMBF Projekts.

Technical University Moldova, Chisinau, Moldova, wissenschaftliche Kooperation mit Prof. I.M. Tiginyanu, Austausch von wissenschaftlichen Mitarbeitern.

Vilnius University, Department of Physical Chemistry, Lithuania, wissenschaftliche Kooperation: Frau Ausra Valiuniene war in der Zeit vom 01.08.2003 - 15.08.2003 Gastwissenschaftlerin am Lehrstuhl für Materialwissenschaft zur Durchführung von Impedanzmessungen an Ag-Elektroden.

University of Helsinki, Dept. of Chemistry, wissenschaftliche Kooperation: Frau Marianna Kemell war in der Zeit vom 29.09. - 28.11.2003 Gastwissenschaftlerin am Lehrstuhl für Materialwissenschaft und wurde in die Techniken des Ätzens von Makroporen eingearbeitet.

Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik (MPI), Halle, wissenschaftliche Kooperation mit Prof. Dr. U. Gösele.

Universität Paderborn, wissenschaftliche Kooperation und gemeinsames BMBF-Projekt mit Prof. Dr. R. Wehrspohn.

Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (Fhg-ISiT), Itzehoe, wissenschaftliche Kooperation: Makroporen für MEMS, mikromechanisch schaltbare variable Hochfrequenzbauelemente, Einsaztmöglichkeiten von Hochleistungskeramiken in der Mikrosystemtechnik.

Fachhochschule Westküste, Heide, Versuche mit Laser-Lithographie bei Prof. Dr. R. Veyhl.

Walter-Schottky-Institut der TU München, Garching, Lithographie auf InP.

Fa. Osram, Regensburg, Elektrochemie auf GaN.

Fa. Wacker Siltronic, Burghausen, wissenschaftliches Consulting: Poröses Silizium, Möglichkeiten und Grenzen des strukturierten Ätzens und des selektiven Ätzens in Si, Voruntersuchungen zur Definition weiterer gemeinsamer Projekte.

Faculte des Sciences de Tunis, Departement de Physique, Tunesien, Kooperation: Austausch von Proben zur Charakterisierung optischer Eigenschaften.

Mehrere Kollegen verwenden die Vorlesungs-Hyperskripte des Lehrstuhls für ihre Lehre, durchschnittlich 18 GB downloads pro Monat, z. B. Prof. Abelson, Stanford-University.

Würth AG und ZSW Stuttgart, gemeinsame Diplomarbeit zum Thema: Entwicklung einer Linienquelle mit höchsten Raten.

Lakeshore, USA, Kooperation mit dem Ziel der Entwicklung einer Großflächenätzanlage für optoelektronische Komponenten.

University of Toronto, Department of Physics, Prof. Dr. Sajeev John, Toronto, Canada, Preparation of 3D photonic crystals by combining electrochemical pore formation and plasma etching.

Diplom- und Master-Arbeiten

Emmanuel Ossei-Wusu, *Optimization of Fast and Deep Macropore Formation in n-Type Silicon with Backside Illumination,* 26.06.2003

Amare Benor, *In situ measurements during the growth of porous structures on p-type Si,* 24.09.2003

Eugen Foca, *Simulation of Si electrode oscillations by rewriting and debugging a Monte Carlo program,* 30.09.2003

Dissertationen

Mohammad Hejjo Al Rifai, *Passivierung und Charakterisierung von Defekten in Siliziumsolarzellen,* 19.12.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

J. C. Claussen, J. Carstensen, M. Christophersen, S. Langa, H. Föll, *Self-organized pore formation and open-loop control in semiconductor etching,* Chaos, **13(1)**, 217 - 224 (2003)

H. Föll, J. Carstensen, S. Langa, M. Christophersen, I. M. Tiginyanu, *Porous III-V compound semiconductors: formation, properties and comparison to silicon,* phys. stat. sol. (a), **197(1)**, 61 (2003)

S. Langa, M. Christophersen, J. Carstensen, I. M. Tiginyanu, H. Föll, *Single crystalline 2D porous arrays obtained by self-organization in n-InP,* phys. stat. sol. (a), **197(1)**, 77 (2003)

S. Langa, J. Carstensen, M. Christophersen, I. M. Tiginyanu, H. Föll, *Voltage oscillations - an emergent property at high density pore growth,* phys. stat. sol. (a), **197(1)**, 186 (2003)

M. Christophersen, S. Langa, J. Carstensen, I. M. Tiginyanu, H. Föll, *A comparison of pores in silicon and pores in III-V compound materials,* phys. stat. sol. (a), **197(1)**, 34 (2003)

M. Christophersen, J. Carstensen, K. Voigt, H. Föll, *Organic and Aqueous Electrolytes Used for Etching Macro- and Mesoporous Silicon,* phys. stat. sol. (a), **197(1)**, 197 (2003)

I. M. Tiginyanu, I. V. Kravetsky, S. Langa, G. Marowsky, J. Monecke, H. Föll, *Porous III-V Compounds as Nonlinear Optical Materials,* phys. stat. sol. (a), **197(1)**, (2003)

J. Carstensen, G. Popkirov, J. Bahr, H. Föll, *CELLO: An Advanced LBIC Measurement Technique for Solar Cell Local Characterization,* Solar Energy Materials & Solar Cells, **76**, 599 - 611 (2003)

S. Langa, I. M. Tiginyanu, M. Christophersen, J. Carstensen, H. Föll, *Self-organized growth of single crystals of nanopores,* Appl. Phys. Lett., **82**, 278 - 280 (2003)

M. H. Al Rifai, O. Breitenstein, J. P. Rakotoniaina, J. Carstensen, *Edge shunt passivation in silicon solar cells by chemical etching investigated by lock-in thermography and CELLO,* 3. World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka, Japan, (2003)

S. Langa, M. Christophersen, J. Carstensen, I. M. Tiginyanu, H. Föll, *Electrochemical pore etching in Ge,* phys. stat. sol. (a), **195(3) (R4-R6)**, 4 - 6 (2003)

H. Föll, S. Langa, J. Carstensen, M. Christophersen, I. M. Tiginyanu, *Pores in III-V semiconductors,* Advanced Materials, **25**, 183 - 198 (2003)

H. Föll, *Buchbesprechung zu Morde Macht Moneten (von Dierk Raabe),* Physik Journal, (2003)

I. M. Tiginyanu, V. V. Ursaki, V. V. Zalamai, S. Langa, S. Hubbard, D. Pavlidis, H. Föll, *Luminescence of GaN nanocolumns obtained by photon-assisted anodic etching,* Appl. Phys. Lett., **83 (8)**, 1551 (2003)

H. Föll, S. Langa, J. Carstensen, S. Lölkes, M. Christophersen, I. M. Tiginyanu, *Engineering Porous III-Vs,* III-Vs Review, **16 (6)**, 42 (2003)

J. C. Claussen, J. Carstensen, M. Christophersen, S. Langa, H. Föll, *Open Loop Control of Pore Formation in Semiconductor Etching,* Alexander L. Fradkov (ed.): Proceedings PHYSCON, **3**, 895 - 900 (2003)

J. C. Claussen, J. Carstensen, M. Christophersen, S. Langa, H. Föll, *Formation of Fractal and Regular Pores in Semiconductors,* Interface and Transport Dynamics, ed. H. Emmerich, B. Nestler, M. Schreckenberg; Lecture Notes in Computational Science and Engineering, Springer, Berlin, **32**, 82 - 87 (2003)

Patent-Anmeldungen

Helmut Föll, Jürgen Carstensen, Marc Christophersen, *Herstellung von Membranen aus porösen Halbleitern,* Deutsches Patent- und Markenamt, 25.04.2003, 103 18 995.5

Helmut Föll, Jürgen Carstensen, Stefan Lölkes, Sergiu Langa, *Verfahren zur Herstellung von integrierten Wellenleitern,* Deutsches Patent- und Markenamt, 03.09.2003, 103 41 030.9

Präsentationen

Jens Chr. Claussen, Jürgen Carstensen, Marc Christophersen, Sergiu Langa, Helmut Föll, *Current-Burst Model of Electrochemical Semiconductor Etching: Population Model and Coupled Current Bursts,* DPG-Frühjahrstagung, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

Stefan Lölkes, *Self-assembled photonic crystals in Si and III-V compounds by electrochemical pore etching,* DPG Frühjahrstreffen, DFG Schwerpunktprogramm 1113 Jahrestreffen, Hannover, Deutschland, 26.-28.03.2003

Jürgen Carstensen, et al., *Large Area Etching for Porous Semiconductors,* ECS-Frühjahrstagung, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

Stefan Lölkes, et al., *Investigation of current oriented pore growth in silicon,* ECS-Frühjahrstagung, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

Stefan Lölkes, et al., *Formation of mesopores with larger diameters,* ECS-Frühjahrstagung, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

Jürgen Carstensen, et al., *Pore Domain Formation in Semiconductors During Electrochemical Etching,* ECS-Frühjahrstagung, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

Sergiu Langa, et al., *Fast IV Measurements during the Growth of Porous Structures in InP, Ge an GaAs,* ECS-Frühjahrstagung, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

Sergiu Langa, et al., *Optical and Photoelectrical Properties of Anodically Etched III-V Compounds,* ECS-Frühjahrstagung, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

Sergiu Langa, et al., *Particularities of Anodically Etched Pores in (100) Ge substrates,* ECS-Frühjahrstagung, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

Helmut Föll, *Elektrochemische Porenätzung in Halbleitern und Anwendungen für*

photonische Kristalle, Kolloquium an der TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland, 06.05.2003

Jens Chr. Claussen, Mathias Schlüter, Uwe-Jens Krabbenhöft, *Dust Recognition by Two-Scale Variance Analysis and Graded Information Fusion,* Int. Fuzzy Systems Association World Congress IFSA 2003, Istanbul, Türkei, 26.06.-02.07.2003

Jürgen Carstensen, *Test zur chemischen Randbehandlung von EFG-Wafern zur Verbesserung der mechanischen Bruchfestigkeit,* ASIS-Projekttreffen, Eisenach, Deutschland, 14.-16.09.2003

Jens Chr. Claussen, *Control of delayed measured systems and impulse length limitations in difference control,* Physics and Control, St. Petersburg, Russland, 19.-24.08.2003

Jens Chr. Claussen, Jürgen Carstensen, Marc Christophersen, Sergiu Langa, Helmut Föll, *Open-Loop Control of Pore Formation in Semiconductor Etching,* Physics and Control, St. Petersburg, Russland, 19.-24.08.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

24. - 25.01.2003 Herr Prof. Dr. H. Föll und Herr Stefan Mathijssen haben die Technische Fakultät auf der Schülermesse „Schoolpool“ im Messezentrum Hamburg repräsentiert.

Herr Prof. Dr. H. Föll ist Mitglied des Fachbeirats des Max-Planck-Instituts für Mikrostrukturphysik, Halle (Teilnahme am Meeting des Scientific Advisory Boards am 06.02.2003 in Halle).

Herr Prof. Dr. H. Föll ist Mitglied des Kuratoriums am Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie, Itzehoe (Teilnahme an der Kuratoriumssitzung am 06.03.2003 in Itzehoe).

Herr Prof. Dr. H. Föll war Kommissionsmitglied im Sonderprogramm „DAAD Siemens-Scholarship Program ASIA 21st Century“ (Teilnahme an einer Kommissionssitzung zur Stipendiatenauswahl im Rahmen des „DAAD-Siemens-Scholarship Program ASIA 21st Century“ am 19.03.2003 in Bonn).

Herr Prof. Dr. H. Föll war Gutachter von Anträgen für ein DAAD-Leibniz-Stipendium.

Herr Dr. G. Popkirov hat am 14.04.2003 seine Antrittsvorlesung an der Technischen Fakultät gehalten.

Herr Prof. Dr. H. Föll hat am 04.06.2004 die Technische Fakultät auf einer Berufs-/Bildungsmesse in der Ostseehalle Kiel repräsentiert.

Herr Prof. Dr. H. Föll hat am 30.06.2003 an einer Pressekonferenz zur Technologiebilanz teilgenommen.

Herr Prof. Dr. H. Föll ist Sprecher des DFG-Schwerpunktprogrammes „Photonische Kristalle“ .

Herr Prof. Dr. H. Föll ist der Vertrauensdozent für Angelegenheiten der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Gäste

Dr. Zacharias, Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle, Vortragende im Rahmen des Kolloquiums der Technischen Fakultät

Dr. V. Lehmann, Infineon Technologies, München, Vortragender im Rahmen des Kolloquiums der Technischen Fakultät

Prof. Bredol; Universität Münster

Dr. B. Falster, Fellow MEMC, U. S. A.

Prof. Dr. H. Bartelt, Institut für Physikalische Hochtechnologie, Jena, Vortragender im Rahmen des Kolloquiums der Technischen Fakultät

Prof. Dr. S. John, Department of Physics, University of Toronto, Canada

Dr. M. Powalla, ZSW Stuttgart, Vortragender im Rahmen des Kolloquiums der Technischen Fakultät

Dr. Krause., ÜAZ, Itzehoe

Lehrstuhl für Materialverbunde

Dank erfolgreicher Drittmitteleinwerbung konnte der Lehrstuhl für Materialverbunde im letzten Jahr fünf neue Doktoranden einstellen und beschäftigte zusammen mit etwa zehn studentischen Mitarbeitern mehr als dreißig Mitarbeiter. Inzwischen kommt der sehr gut qualifizierte Nachwuchs fast ausschließlich aus den Diplom- und Masterstudiengängen der Kieler Materialwissenschaft. Die Forschung konzentrierte sich zunehmend auf die Entwicklung neuer funktioneller Werkstoffe mittels Nanotechnologie. So ist es gelungen, magnetische Nanokomposite mit Arbeitsfrequenzen oberhalb 3 GHz zu entwickeln, die z.B. für Anwendungen in Mobiltelefonen interessant sein könnten. Aus Nanokompositschichtsystemen wurden mehrfach absorbierende ultradünne optische Filter hergestellt. Als besonderes Highlight, über das auch die renommierte Zeitschrift Nature Materials berichten wird, erwiesen sich die von R. Adelung im Rahmen seiner Habilitation begonnenen Arbeiten zur gezielten Herstellung von Nanodrähten und -netzwerken auf beliebigen Substraten. Wichtige Beiträge konnten ferner zum Verständnis des Glasübergangs an Polymeroberflächen geleistet werden. Darüber hinaus wurde neben weiteren Industriekooperationen zusammen mit der Lübecker Firma o.m.t. an neuartigen Elektroden für Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen geforscht. Aufgrund der Vielzahl der Projekte, die auch Untersuchungen zur Dynamik unterkühlter Metallschmelzen, zur Metallisierung von organischen Halbleitern und mit dem GKSS-Forschungszentrum Geesthacht durchgeführte Arbeiten an Polymermembranen einschließen, kann im folgenden exemplarisch nur auf einige Ergebnisse eingegangen werden.

Ergebnisse

a) Magnetische, optische und katalytische Nanokomposite

Wie berichtet (Almanach 2002) hat der Lehrstuhl Verfahren entwickelt, um über Gasphasenabscheidung Nanokomposite herzustellen, die nanoskalige Metall- oder Legierungspartikel in einer Polymermatrix enthalten (1 nm = 0.000001 mm). Inzwischen wurden über Koverdampfung magnetische Komposite hergestellt, die bei Frequenzen oberhalb 3 GHz noch Permeabilitäten über 100 aufweisen. Ein internationales Patent wurde angemeldet, nachdem das Patent in Deutschland erteilt wurde. Ebenfalls über Koverdampfung ist es durch Abscheidung von Multilagen mit unterschiedlichen Metallischen Nanopartikeln gelungen, ultradünne mehrfach absorbierende optische Filter zu entwickeln. Auch die Kombination optischer und transparenter magnetischer Schichten wurde demonstriert. Erste Erfolge wurden auch beim Kosputtern metallischer und organischer Komponenten erzielt. In einem mit der Lübecker Firma o.m.t. durchgeführten Projekt über Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen konnten zwei Doktoranden des Lehrstuhls, die ihre Forschungsarbeiten vorwiegend im Unternehmen durchführten, durch ein neu entwickeltes Abscheideverfahren die eingesetzte Menge an nanoskopisch verteiltem Platin in der Katalysatorschicht erheblich reduzieren. Das internationale Interesse an den Kieler Arbeiten zu Nanokompositen drückt sich in zahlreichen Einladungen (s. Anhang) und in der Veranstaltung eines internationalen Workshops „Polymer-Metal-Nanocomposites“ in

Kiel aus.

b) Nanodrähte und -netzwerke

Ausgehend von früheren in der Experimentalphysik (Gruppe Kipp/Skibowski) begonnenen Arbeiten untersucht R. Adelung in einem Projekt der fakultätsübergreifenden Forschergruppe FOR 353 die Bildung von Nanodrähten, -netzwerken und -tunneln auf Schichtkristallen (s. Almanach 2002). Als wesentliche Ursachen erwiesen sich zum einen mechanische Spannungen aufgrund elektronischer Wechselwirkungen, die zu einer Buckel- und Rissbildung auf den ansonsten atomar glatten Oberflächen führen. Zum anderen sind stark unterschiedliche Diffusionslängen, bedingt durch unterschiedliche Nukleationswahrscheinlichkeiten, Ursache der Selbstorganisation. Die Ergebnisse stießen auf großes Interesse und wurden von R. Adelung in einem eingeladenen Hauptvortrag im Symposium „Metallische Nanodrähte“ auf der Frühjahrstagung 2003 der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vorgestellt.

Ausgehend von den Arbeiten an Schichtkristallen wurde ein Verfahren entwickelt, um Nanodrähte und -netzwerke durch Rissbildung gezielt auf andere Materialsysteme zu übertragen (Abb. 1). Auf ein Substrat wird ein dünner Film abgeschieden. Anschließend werden durch geeignete ausgerichtete mechanische Spannungen gezielt Risse erzeugt. Diese dienen als Templat für Nanodrähte, indem z.B. Metall auf die Oberfläche abgeschieden wird. Bei geeigneter Wahl der Materialien, d.h. wenn das Substrat einen hohen Haftkoeffizienten für das zu deponierende Metall besitzt und der Dünnfilm einen niedrigen, kommt es zu einer direkten Nanodrahtbildung in den Rissen. Bei ähnlichen Haftkoeffizienten wird der Dünnfilm in einem zusätzlichen Prozessschritt entfernt.

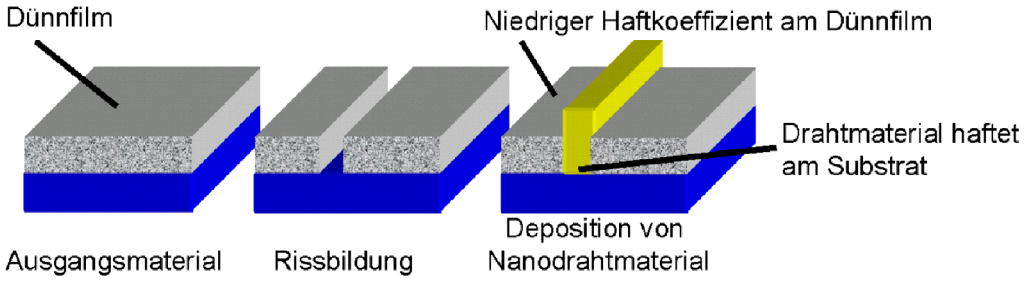


Abb. 1: Prozess zur Nanostrukturierung durch Rissbildung in dünnen Filmen mit niedrigem Haftkoeffizienten (siehe Text).

Das Verfahren ist zwar durch die unterschiedlichen Depositionsschritte aufwändiger als der komplett selbstorganisierte Prozess auf den Schichtkristallen, es bietet aber neben der flexiblen Wahl der Materialien weitere Vorteile. So lassen sich die Nanodrähte durch eine Mikrostrukturierung des dünnen Filmes ausrichten. Weiterhin ist die thermodynamische Stabilität der Drähte wesentlich höher als bei freistehenden Drähten, da die Drähte an bis zu drei Seiten von Grenzflächen zu anderen Materialien umgeben sind. Da sich in einem Schritt Drähte und umgebende Flächen metallisieren lassen, ergeben sich bei dem hier vorgestellten Prozess keinerlei elektrische Kontaktprobleme, welche häufig bei anders hergestellten Nanodrähten auftreten. Das Verfahren wurde mittlerweile

zum Patent angemeldet, ein erster Artikel ist bei Nature Materials in Druck, und ein DFG-Projekt in einem Schwerpunktprogramm zu Nanodrähten wurde bewilligt. Bisher wurden z.B. Gold-Nanodrähte auf Glassubstraten, magnetische Nanodrähte auf Polyimid sowie Platin-Nanodrähte auf Nafion hergestellt, die für Brennstoffzellmembranen interessant sein können (Abb. 2)

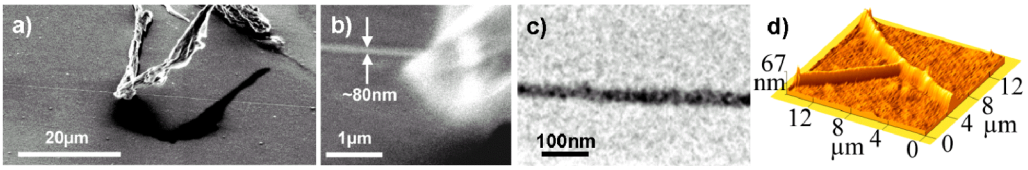


Abb. 2: Verschiedene Nanodrähte.
a) Elektronenmikroskopische Aufnahme eines magnetischen Nanodrahtes (Fe-Ni-Co) unter einem kleinen Staubpartikel. b)Vergrößerung von (a) zeigt den Durchmesser des Nanodrahtes. c) Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme eines Goldnanodrahtes. d) Rasterkraftmikroskopische Aufnahme der Verbindung zweier Golddrähte auf Glas

c) Metall-Polymer- und Metall-Molekül-Grenzflächen

In den zwei BMBF-Projekten mit zahlreichen Industriepartnern (Almanach 2002) wurden alle Zielvorgaben erreicht. Im Projekt über Haftung und Enthaftung an Metall-Klebstoff-Grenzflächen wurde u.a. ein drastischer Einfluss der Schichtdicke auf das Aushärtungsverhalten und die Alterung des untersuchten Epoxidsystems gefunden. Der Schichtdickeneffekt setzt bereits in Mikrometerbereich ein und hängt nicht mit einer veränderten Polymerdynamik zusammen. Vielmehr scheinen Effekte, wie die Abreicherung des Härters, Phasenseparation und heterogene Keimbildung von Kristalliten an der Substratgrenzfläche eine Rolle zu spielen. Im zweiten Projekt über Haftungssteigerung mittels Atmosphärendruckplasma konnten Prozesse wie chemische Funktionalisierung, Kettenbrüche und Vernetzung bis in eine Tiefe von einigen nm unterhalb der Oberfläche nachgewiesen werden. Ferner ergab sich eine gute Korrelation zwischen atomarer und makroskopischer Haftung der Metalls.

Das im Almanach 2002 erwähnte DFG-Projekt zur Metallisierung organischer Halbleiter im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Organische Feldeffekttransistoren“ wurde bewilligt. Erste Arbeiten in Kooperation mit den Universitäten Stuttgart und Paderborn legen nahe, dass es beim Aufwachsen von Metallen und deren Diffusionsverhalten zahlreiche Parallelen zwischen organischen Molekülkristallen und Polymeren gibt.

d) Glasübergang an Polymeroberflächen

In der Frühphase der Metallisierung von Polymeren mit Gold und anderen Metallen entstehenden Nanopartikel, die sich als Sonde für den Glasübergang an Polymeroberflächen eignen. In einem am Lehrstuhl entwickelten Verfahren wird die Einbettung der Partikel bei der Erweichung der Oberflächenschicht in situ verfolgt. Die Arbeiten des letzten Jahres haben gezeigt, dass die gefundene Erniedrigung der Glasübergangstemperatur kein Effekt der makromolekularen Struktur der Polymere ist. In der Literatur als

Ursache vorgeschlagene Anreicherungen von Kettenenden oder kurzen Ketten konnten ausgeschlossen werden. Offensichtlich ist die Erniedrigung der Glasübergangstemperatur auf intrinsische Effekte wie erhöhte Anzahl an Freiheitsgraden an der Oberfläche zurückzuführen. Die Ergebnisse werden demnächst in der renommierten Zeitschrift Macromolecules vorgestellt.

e) Diffusion in metallischen Gläsern und unterkühlten Metallschmelzen

Metallische Gläser sind amorphe Legierungen mit zahlreichen interessanten Eigenschaften und Anwendungen. Sie werden aus der Schmelze hergestellt, indem die Kristallisation durch hinreichend rasche Erstarrung unterdrückt wird. Nachdem im Rahmen der Doktorarbeit von V. Zöllmer erstmals die Diffusion in metallischen glasbildenden Legierungen vom Glas bis zur Gleichgewichtsschmelze untersucht und als ein im gesamten Bereich hochgradig kooperativer Prozess identifiziert wurde (Almanach 2002), soll nun systematisch der Zusammenhang zwischen Viskosität und Diffusion der einzelnen Legierungselemente und der Gültigkeitsbereich der Stokes-Einstein Gleichung untersucht werden.

Erste Ergebnisse an Pd-Cu-Ni-P-Gläsern zeigen, dass eine Entkopplung von Diffusion und Viskosität bei einer von der Modenkopplungstheorie eingeführten kritischen Temperatur weit oberhalb der Glastemperatur einsetzt. Unterhalb der kritischen Temperatur wird die Viskosität nicht von dem häufig als Netzwerkbildner angesehenen Phosphor bestimmt. Vielmehr entspricht die Dynamik des Phosphors im Wesentlichen der des hoch beweglichen Nickels. Die Ergebnisse tragen wesentlich zum Verständnis der Dynamik in den komplexen metallischen Glasbildnern bei und leisten damit auch einen Beitrag zur gezielteren Herstellung neuer maßgeschneiderter Metallischer Gläser. Im letzten Jahr sind zu den bisherigen Arbeiten u.a. ein eingeladener Übersichtsartikel in „Review of Modern Physics“ und eine Arbeit in „Physical Review Letters“ erschienen (s. Anhang). Diese Zeitschriften nehmen in der Physik die beiden Spitzenplätze ein.

Personal

Leiter: Prof. Dr. rer.-nat. F. Faupel; Sekretariat: Dipl.-Geol. B. Minten
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) R. Kloth, Dipl.-Ing. (FH) S. Rehders

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. R. Adelung Nanodrähte, Metallisierung organischer Halbleiter	01.01.-31.12.2003		CAU
M. Sc. O.C. Aktas Optische Nanokomposite	01.10.-31.12.2003	(50%)	CAU
Dipl.-Ing. A. Bartsch Unterkühlte Metallschmelzen	15.-31.12.2003		DFG
Dr. A. Biswas Nanokomposite	01.01.-31.12.2003		TSH, BMBF

Dipl.-Min. A. Büttner Ag/AlO3-Membranen	01.01.-14.07.2003	DFG
Dipl.-Chem. K. Dolgner Haftung und Kristallisation	01.01.-30.09.2003	CAU
M. Sc. M. Elbahri Nanodrähte	10.10.-31.12.2003	CAU
Dipl.-Phys. J. Erichsen Oberflächenglasübergang	01.01.-31.12.2003	BMBF, DFG
Dipl.-Ing. H. Greve Magnetische Nanokomposite	01.11.-31.12.2003	DFG
Dipl.-Ing. S. Iakovlev Ferroelektrische Schichten	01.01.-31.12.2003	FH, Prof. Es-Souni
M. Sc. M. Iwamoto Ligandenstabilisierte Clustser	01.01.-31.03.2003	Mitsuboshi
Dipl.-Phys. J. Kanzow Metall-Epoxidharz-System	01.01.-31.12.2003	CAU
Dipl.-Ing. J. Kruse Membranpolymere	01.11.-31.12.2003	CAU
Dipl.-Phys. R. Kunz Schichtkristalle	01.01.-31.12.2003	DFG
Priv. Doz. Dr. K. Rätzke Metallische Gläser, Positronenvernichtung	01.01.-31.12.2003	CAU
M. Sc. M. Scharnberg Metallisierung organischer Halbleiter	01.09.-31.12.2003	DFG
Dipl.-Min. U. Schürmann Sputtern von Nanokompositen	01.01.-31.12.2003	BMBF
M. Sc. H. Takele Optische Nanokomposite	01.11.-31.12.2003	DFG
Dipl.-Chem. S. Taudin Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen	01.01.-31.12.2003	o.m.t.
Dipl.-Chem. T. Will Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen	01.01.-31.12.2003	o.m.t.
Dr. V. Zaporojtchenko Metall-Polymer-Verbunde	01.01.-31.12.2003	BMBF, DFG
M. Sc. J. Zekonyte Sputtern von Polymeren	01.01.-31.12.2003	CAU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Metals I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Faupel (+ K. Rätzke)

Polymers II, 2 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel

Polymers II, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Solid State Physics for Engineers I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Adelung (+ F. Faupel, J. Kanzow)

Thin Films II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Rätzke

Werkstoffe und Werkstofftechnologie I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel (+ H. Föll, W. Jäger, W. Weppner, K. Noack)

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
F. Faupel (+ H. Föll, W. Jäger, W. Weppner)

Forschergruppenkolloquium und Seminar für Festkörperphysik und Materialwissenschaften, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel (+ R. Berndt, W. Depmeier, W. Jäger, O. Magnussen, W. Schattke, M. Skibowski, W. Tuczek)

Seminar des Lehrstuhls für Materialverbunde, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Tutorium for Master Students (Junior), 1 Std. Tutorien/Woche,
K. Dolgner

Tutorium for Master Students (Senior), 1 Std. Tutorien/Woche,
K. Dolgner

Sommer 2003

Metals II, 2 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel

Metals II, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Polymers I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Faupel (+ A. Biswas)

Solid State Physics for Engineers II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Adelung

Thin Films I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Rätzke

Werkstoffe und Werkstofftechnologie II, 1 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel (+ W.F. Chu, H. Föll, W. Jäger, K. Rätzke, E. Spiecker, W. Weppner)

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
F. Faupel (+ H. Föll, W. Jäger, W. Weppner)

Forschergruppenkolloquium und Seminar für Festkörperphysik und Materialwissenschaften, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel (+ R. Berndt, W. Depmeier, W. Jäger, L. Kipp, O. Magnussen, M. Müller, F. Tuczek)

Seminar des Lehrstuhls für Materialverbunde, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Winter 2003/2004

Metals I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Faupel (+ M. Scharnberg)

Polymers II, 2 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel

Polymers II, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Solid State Physics I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Adelung

Thin Films II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Rätzke

Werkstoffe und Werkstofftechnologie I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel (+ W.F. Chu, H. Föll, W. Jäger, K. Rätzke, E. Spiecker, W. Weppner)

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
F. Faupel (+ H. Föll, W. Jäger, W: Weppner)

Forschergruppenkolloquium und Seminar für Festkörperphysik und Materialwissenschaften, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel (+ R. Berndt, W. Depmeier, W. Jäger, L. Kipp, O. Magnussen, M. Schattke, M. Skibowski, W. Tuczek)

Seminar for Members of the Chair for Multicomponent Materials, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Drittmittel

DFG, *Autodispersion von Goldclustern in metallischen Gläsern,* 01.03.2001-31.12.2003 (136134 EUR)
DFG, *Beryllium als schnell diffundierendes Element in metallischen Massivgläsern,* 01.07.2001-30.06.2004 (122147 EUR)

DFG, *Kondensationskoeffizienten, Keimbildung und Wachstum von Metallen auf Polymeren,* 01.07.2000-31.07.2003 (134833 EUR)
o.m.t., *Entwicklung und Charakterisierung von Kunststoff-Schichtverbunden,* 01.01.2001-31.03.2004 (243767 EUR)
TSH, *Herstellung von Polymerfunktionsschichten durch Abscheidung aus der Gasphase,* 01.07.2001-31.12.2003 (61084 EUR)
BMBF, *Adhäsions- und Alterungsmechanismen in Polymer-Metall-Übergängen,* 01.09.2001-30.04.2004 (221802 EUR)
Fa. Mitsuboshi, *Ligand-stabilized monodisperse gold nanoparticles,* 01.10.2001-31.03.2003 (69949 EUR)
BWB, *Materialakustische Untersuchungen an den desorbierenden Beschichtungen zur Minderung der akustischen Signatur von Unterwasserkörpern,* 01.01.2002-31.12.2004 (244912 EUR)
DFG, *Chalkogenid-Schichtstrukturen,* 01.07.2002-30.06.2005 (137550 EUR)
TSH, *RF-Sputtern mit Composite Targets,* 01.07.2002-31.03.2004 (105500 EUR)
HDW, *Untersuchungen von korrodiertem Schraubenmaterial,* 30.-30.04.2003 (2130 EUR)
BMBF, *Steuerung von Haftmechanismen in Verbundsystemen durch chemische Oberflächenfunktionalisierung im Atmosphärendruckplasma,* 01.10.2002-31.07.2005 (217777 EUR)
HDW, *Elementanalyse eines Anodenmaterials,* 30.-30.06.2003 (240 EUR)
GKSS, *Verbesserte Methoden zur Charakterisierung von Verteilung und Größe des freien Volumens in Polymermembranen,* 01.05.2003-30.04.2005 (81460 EUR)
DFG, *Wachstum und Diffusion von Metallen auf molekularen organischen Halbleitern,* 01.10.2003-30.09.2005 (90460 EUR)
DFG, *Diffusion in glasbildenden Metallschmelzen vom Gleichgewichtszustand bis zum kalorischaen Glasübergang,* 01.09.2003-31.08.2005 (128460 EUR)
GEOMAR, *Konstruktion und Bau eines Tankes,* 15.05.-03.11.2003 (1035 EUR)
DFG, JSPS, *Novel preparation methods for metal and alloy nanoparticles in polymers,* 01.11.2003-31.10.2005 (234040 EUR)
Danfoss, *Profilometermessungen an Cu-Bodenplatten,* 05.11.-29.12.2003 (375 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Universität:

Prof. Dr. S. Deki, Kobe, Japan, optische Nanokomposite

Prof. Dr. M. Es-Souni, S. Iakovlev, FH Kiel, Röntgendiffraktion, Kristallographie und Textur von dotierten PZT Schichten.

Prof. Dr. M. Es-Souni, FH-Kiel, Entstehung und Struktur von Grenzflächen zwischen Metallen und Ferroelektrika mit verschiedenen am Lehrstuhl vorhanden Methoden.

Prof. Dr. H. Fischer-Brandis, Zahnklinik Univ. Kiel, Prof. M. Es-Souni, Charakterisierung von Shape-Memory Legierungen.

Prof. U. Hilleringmann, Universität Paderborn, Metalldiffusion in organische Feldeffekt-Transitoren.

Prof. Dr. Olaf Jacobs, FH Lübeck, Tribologisch modifizierte Hochtemperatur-Thermoplasten, Einfluss des Gegenpartnermaterials (Stahl - thermoplastische Komposite) auf den Verschleiß und tribo-chemische Reaktionen mit verschiedenen am Lehrstuhl vorhanden Methoden.

Prof. Dr. M. Kern, Zahnmedizin, Universität Kiel, AFM und Kontaktwinkelmessungen an Zähnen.

Prof. Dr. L. Kipp, Experimentelle und Angewandte Physik der Universität Kiel, Eigenschaften von Schichtkristallen.

Dr. G. V. Kornich, Zaporozhye National Technical University, Ukraine, Computersimulation zum Sputtern von Clustern.

Prof. Dr. C.-P. Krüger, Universität Saarbrücken, BMBF, Haftung und Enthaftung.

Prof. Dr. K. Ludwig, Zahnmedizin, Universität Kiel, AFM und Kontaktwinkelmessungen an Zähnen.

Dr. A. Meyer, TU München, München, Probenherstellung, wiss. Diskussion, Diffusion in Pd-Cu-Ni-P Legierungen.

Dr. M. Morgenstern, Universität Hamburg, Ausdringtiefen von Elektronen aus zweidimensionalen Elektronengasen.

Dr. J. Pflaum, Universität Stuttgart, Metalldiffusion in organische kristalline Halbleiter.

Prof. Dr. W. Possart, Universität Saarbrücken, BMBF, Haftung und Enthaftung.

Prof. W. Schattke, Theoretische Physik der Universität Kiel, Diffusion von Metallen auf und in Schichtkristallen.

Prof. Dr. M. Silverstein, Materials Engineering, Technion, Haifa, Israel, optische Nanokomposite.

Prof. Dr. Y. Yampolskii, A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Laboratory of Membrane Gas Separation, Moskau, Positronenvernichtung und Membranpolymere.

Forschungsinstitute:

Dr. Ahrens, Fraunhofer Institut, ISIT, Itzehoe, Profilometermessungen an Leiterplatten (Projekt von A. Büttner).

Dr. D. K. Avasthi, Materials Science Group, Nuclear Science Centre New Delhi, India, High energy ion beam effects in polymer-metal nanocomposites.

Prof. Dr. Dietmar Fink, Hahn-Meitner-Institut, Berlin, High energy ion beam effects in polymer-metal nanocomposites.

Fraunhofer Institut, IFAM Bremen, BMBF, Haftung und Enthaftung.

GEOMAR, Kiel, mechanische Konstruktion.

Prof. Dr. G. Grundmeier, Max-Planck Institut, Düsseldorf, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

PD. Dr. Hofmann, Dr. M. Heuchel, GKSS Geesthacht, Berlin Teltow, GKSS Hochschulprojekt, Positronenvernichtung und Auswertung von MD Simulationen in Membranpolymeren.

M. Jacobsen (Doktorand AG Föll), Fraunhofer ISIT Itzehoe, Röntgendiffraktion von Keramiken.

Dr. C.-P. Klages, Fraunhofer Institut, IST, Braunschweig, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Dr. M.-P. Macht, Hahn Meitner Institut, Berlin, Probenaustausch, wiss. Diskussion, Diffusion in Pd-Cu-Ni-P Legierungen.

Dr. E. Quandt, CAESAR, Bonn, magnetische Nanokomposite.

Industrie:

Danfoss Silicon Power GmbH, Schleswig, Profilmessung der Cu-Bodenplatten von Leistungsmodulen.

Dow Automotive AG, Freienbach, Schweiz, BMBF, Haftung und Enthaftung.

HDW, Kiel, Korrosionsuntersuchungen.

inprotec AG, Heitersheim, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerun.

Kömmerling Chemische Fabrik GmbH, Pirmasens, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Mankiewicz Gebr. & Co., Hamburg, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Mitsoboshi Belting Ltd, Kobe, Japan, Nanokomposite.

o.m.t. Lübeck, Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen.

Ormecon Chemie GmbH (ehemals Zipperling) Ahrensburg, Oberflächencharakterisierung.

Renolit-Werke GmbH, Salzgitter, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Sennheiser Electronic KG Wedemark, Elektrete für Mikrophone.

Sika Technology AG, Zürich, Schweiz, BMBF, Haftung und Enthaftung.

SOFTAL electronic, Erik Blumenfeld GmbH & Co. KG, Hamburg, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

tesa AG, Hamburg, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Diplom- und Master-Arbeiten

P.H. Schulze Horn, *Kondensations- und Diffusionsuntersuchungen an Polystyrol und Epoxidharz mit Silber,* 15.01.2003

D. Senftleben, *Metallmembranen zur Wasserstoffabtennung,* 08.05.2003

H. Greve, *Einbettung von Edelmetallclustern in Bisphenol-(A)-Polycarbonat durch lösungsmittelinduzierte Kristallisation,* 15.09.2003

J. Kruse, *Freies Volumen in Membranpolymeren: Vergleich von Positronenannihilationslebensdauerspektroskopie und Auswertung von molekulardynamischen Simulationen,* 01.11.2003

A. Bartsch, *Tracerdiffusion in unterkühlten PdCuNiP-Schmelzen,* 19.11.2003

J. Wang, *Vacuum deposition of Pt-carbon composites for potential applications in fuel-cells and nanotechnology,* 25.09.2003

O.C. Aktas, *Vapor phase Co-deposited polymer-metal nanocomposites: Optical functional applications and generation of nanoparticle superstructures upon MeV ion beam impact,* 30.09.2003

H. Takele, *Preparation and characterization of metal polymer nanocomposites by RF Co-sputtering from multicomponent targets,* 01.10.2003

U. Saeed, *Development and characteriazation of vapor phase Co-deposited GHZ frequency functional soft magnetic polymer-metal nanocomposites,* 13.10.2003

Dissertationen

A. Büttner, *Beitrag zur Entwicklung eines Membranreaktors: Herstellung dünner metallischer Schichten auf porösen keramischen Supporten,* 19.09.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

F. Faupel, A. Thran, M. Kiene, T. Strunskus, V. Zaporojtchenko, K. Behnke, *Diffusion of metals in polymers and during metal-polymer interface formation,* in: Low Dielectric Constant Materials for IC Applications, P.S. Ho, W.W. Lee, and J. Leu (Eds.), Springer Verlag, (invited book chapter), 221 (2003)

S. Lenser, B.S.S. Daniel, V. Zöllmer, J. Erichsen, K. Rätzke, S. Deki, F. Faupel, *Silver diffusion in $Fe_{40}Ni_{38}Mo_4B_{18}$ metallic glass under high vacuum,* Scripta Materialia, **48**, 275 (2003)

A. Biswas, Z. Marton, J. Kruse, J. Kanzow, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, T. Strunskus, *Controlled generation of Ni nanoparticles in the capping layers of Teflon AF by vapor phase tandem evaporation,* Nano Letters, **3, 1**, 69 (2003)

F. Faupel, W. Frank, M.-P. Macht, H. Mehrer, V. Naundorf, K. Rätzke, H.R. Schober, S. K. Sharma, H. Teichler, *Diffusion in metallic glasses and supercooled melts,* Review of Modern Physics, **75**, 237 (2003)

S.-J. Ding, V. Zaporojtchenko, J. Kruse, J. Zekonyte, F. Faupel, *Investigation on interaction of evaporated aluminum with vapor deposited Teflon AF film via X-ray photoelectron spectroscopy,* Applied Physics A, **76**, 851 (2003)

S.K. Sharma, V. Zaporojtchenko, J. Zekonyte, S. Deki, F. Faupel, *Effects of thermal annealing of thin Au film on* $Fe_{40}Ni_{38}Mo_4B_{18}$*,* Mat. Sci. Eng. A, **351/1-2**, 316 (2003)

V. Zaporojtchenko, J. Zekonyte, A. Biswas, F. Faupel, *Controlled growth of nano-size metal clusters on polymers by using VPD method,* Surface Science, **532-535**, 300 (2003)

J. Zekonyte, J. Erichsen, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Mechanisms of Argon ion-beam modification of polystyrene,* Surface Science, **532-535**, 1040 (2003)

A. Biswas, Z. Marton, J. Kanzow, J. Kruse, V. Zaporojtchenko, T. Strunskus, M. Czank, F. Faupel, *Nanocomposites of vapor phase deposited Teflon AF containing Ni clusters,* Solid State Phenomena, **94**, 285 (2003)

V. Zaporojtchenko, J. Zekonyte, J. Erichsen, F. Faupel, *Etching rate and structural modification of polymer films during low energy ion irradation,* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, **208**, 155 (2003)

V. Zöllmer, K. Rätzke, F. Faupel, A. Meyer, *Diffusion in a metallic melt at the critical temperature of mode coupling theory,* Physical Review Letters, **90, 19**, 195502 (2003)

B.S.S. Daniel, M. Heilmaier, B. Bartusch, J. Kanzow, K. Günther-Schade, K. Rätzke, J. Eckert, F. Faupel, *Free volume evolution in bulk metallic glass during high temperature creep,* MRS Symp. Proc., **754, CC 11.16**, (2003)

V. Zöllmer, K. Rätzke, F. Faupel, A. Meyer, *Radiotracer diffusion measurements of isotrope motion in a metal alloy above the glass transition temperature support mode-coupling theory,* MRS Bulletin, **28, 8**, 550 (2003)

V. Zöllmer, K. Rätzke, F. Faupel, *Diffusion and isotope effect in bulk-metallic glass-forming Pd-Cu-Ni-P alloys from the glass to the equilibrium melt,* Journal of Materials Research, **18**, 11 (2003)

H. Fischer-Brandies, M. Es-Souni, N. Knock, K. Rätzke, O. Bock, *Umwandlungsverhalten, chemische Zusammensetzung, Oberflächenbeschaffenheit und mechanische Biegeeigenschaften fünf ausgewählter NiTi-Bogenmateriaien der Dimension 0.016,* Fortschritte der Kieferorthopädie, **64, 2**, 88 (2003)

A. Dhawan, K. Rätzke, F. Faupel, S.K. Sharma, *Air oxidation of* $Zr_{65}Cu_{17,5}Ni_{10}Al_{7,5}$ *in its amorphous and supercooled liquid states, studied by thermogravimetric analysis,* Physica Status Solidi (a), **199**, 431 (2003)

C. Kreis, S. Werth, R. Adelung, L. Kipp, M. Skibowski, E.E. Krasovskii, W. Schattke, *Valence and conduction band states of* HfS_2*: From bulk to a single layer,* Phys. Rev. B, **68**, 235331 (2003)

R. Adelung, R. Kunz, F. Ernst, L. Kipp, M. Skibowski, *Self-organized structures on flat crystals: Nanowire networks formed by metal evaporation,* in: Advances in Solid State Physics, B. Kramer (Ed.), Springer, **43**, 463 (2003)

M. Morgenstern, J. Klijn, Chr. Meyer, M. Getzlaff, R.L. Johnson, R. Adelung, L. Kipp, R. Römer, R. Wiesendanger, *Low-density two-dimensional electron systems studied by scanning tunneling spectroscopy,* Jpn. J. Appl. Phys. B, **42**, 4809 (2003)

S. Hollensteiner, E. Spiecker, C. Dieker, W. Jäger, R. Adelung, L. Kipp, M Skibowski, *Self-assembled nanowire formation during Cu deposition on VSe_2 studied by microscopic methods,* Mat. Sci. Eng. C, **23**, 171 (2003)

S. Iakovlev, C.-H. Solterbeck, A. Piorra, M. Es-Souni, V. Zaporojtchenko, *Dielectric and pyroelectric properties of PZFNT/PZT bimorph,* J. Mater. Sci. Mater. Electr., **14**, 143 (2003)

Patent-Anmeldungen

F. Faupel, A. Biswas, V. Zaporojtchenko, *Verfahren zur Herstellung von Metall-Polymer-Nanokompositen,* Deutsches Patentamt, 10.04.2003, DE 10316379.4

Präsentationen

R. Adelung, *Self organization on structureless surfaces (eingeladener Vortrag),* Materials Science and Engineering Seminar, CWRU, Cleveland, U.S.A., 17.-17.02.2003

R. Adelung, R. Kunz, M. Skibowski, *Fabrication of self organized copper nanostructures on structureless surfaces,* Nanotech 2003, San Francisco, U.S.A., 23.-27.02.2003

F. Faupel, *Polymer/Metall-Nanocomposite für funktionelle Anwendungen (eingeladener Vortrag),* TSH Technologiestiftung, Workshop: Nanowissenschaften in Schleswig-Holstein, Kiel, Deutschland, 26.-26.02.2003

K. Rätzke, *Metallische Gläser - Grundlagen und Anwendungen (eingeladener Vortrag),* VDI Bremen, AW Werkstofftechnik, IFAM Bremen, Bremen, Deutschland, 26.-27.02.2003

R. Adelung, *Self-organized structures on flat crystals: Nanowire networks formed by metal evaporation (eingeladener Vortrag,* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

J. Erichsen, T. Shiferaw, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Untersuchung der Oberflächenglasübergangstemperatur über das Einbetten von Edelmetallnanoclu-stern an monodispersen Polystyrol und bimodalen Mischungen (Poster),* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

F. Faupel, A. Biswas, O.C. Aktas, J. Kanzow, U. Schürmann, V. Zaporojtchenko, *Nanocomposites of Teflon AF containing three dimensionally distributed Ag and FeNiCo isolated clusters by vapor phase co-deposition,* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

H. Greve, K. Dolgner, J. Kruse, K. Koziol, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Untersuchungen zur Dispersion von Goldclustern in Bisphenol-(A)-Polycarbonat durch aceton-dampfinduzierte Kristallisation (Poster),* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

J. Kanzow, P. Schulze Horn, F. Faupel, C. Wehlack, W. Possart, *Untersuchung der Vernetzungsreaktion eines Epoxidharzsystems mit der Positronen-Annihilations-Spektroskopie,* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

J. Kanzow, P. Schulze Horn, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Metallkondensation,*

Clusterbildung und Clustereinbettung an einer Epoxidharzoberfläche (Poster), DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

R. Kunz, R. Adelung, *Selbstorganisation von Kupfer-Nanostrukturen auf strukturlosen Oberflächen (Poster),* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

K. Rätzke, A. Büttner, V. Zaporojtchenko, R. Adelung, H. Kamusewitz, F. Faupel, *Ag-Membranen auf nanoporösen Al2O3-Substraten: Mikrostruktur, Adhäsion und Permeabilität,* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

U. Schürmann, H. Nabika, V. Zaporojtchenko, *Hertstellung metallhaltiger Polymerfilme in der Nähe der Glastemperatur (Poster),* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

J. Zekonyte, V. Zaporojtchenko, J. Erichsen, F. Faupel, *Influence of ion fluence on the sputter rate of polymers (Poster),* DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

K. Rätzke, *Positron annihilation and free volume in membrane polymers (eingeladener Vortrag),* Workshop Permdesign, GKSS Teltow, Teltow, Deutschland, 03.-04.04.2003

K. Rätzke, *Diffusion in metallischen Systemen: Vom Glas bis in die Schmelze (eingeladener Vortrag),* Universität der Bundeswehr, Institut für Luft- und Raumfahrttechnik, München, Deutschland, 29.-29.04.2003

F. Faupel, *Metall/Polymer-Verbunde (eingeladener Vortrag),* Firma Freudenberg, Weinheim, Deutschland, 07.-07.05.2003

K. Rätzke, *Diffusion in Silikatgläsern und -schmelzen,* Planungstreffen DFG Forschergruppe, Mainz, Deutschland, 14.-16.05.2003

M. Iwamoto, *Size evolution effect of reduction rate on synthesis of gold nanoparticles (Poster),* Society of Nano Science and Technology, Kobe, Japan, 30.-30.05.2003

A. Biswas, J. Kanzow, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, M. Frommberger, E. Quandt, *Vapor phase codeposited polymer-metal nanocomposites for GHz applications,* 4th Caesarium, Functional Micro- and Nanosystems, Bonn, Deutschland, 16.-18.06.2003

V. Zaporojtchenko, *Controlled growth of nano-size metal clusters on polymers and in polymer matrix (eingeladener Vortrag),* Faclultes Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, Frankreich, 08.-08.08.2003

F. Faupel, J. Kanzow, K. Günther-Schade, C. Nagel, P. Sperr, G. Kögel, *Positron annihilation spectroscopy in polymers (eingeladener Plenarvortrag),* 13th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-13), Kyoto, Japan, 07.-13.09.2003

J. Kanzow, V. Zaporojtchenko, H. Nabika, M. Mizuhata, S. Deki, F. Faupel, *In-situ investigations on the cross-linking process of the epoxy resin system DGEBA-DETA by means of positron annihilation lifetime spectroscopy in comparison with infrared spectroscopy (Poster),* 13th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-13), Kyoto, Japan, 07.-13.09.2003

J. Kanzow, J. Erichsen, K. Günther-Schade, M. Renner, V. Altstädt, *Positron annihilation lifetime spectroscopy on mechanically fatigued polystyrene samples (Poster),* 13th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-13), Kyoto, Japan, 07.-13.09.2003

R. Adelung, J. Wang, *Trends in nanotechnology,* Festkörperseminar, Sehlendorf, Deutschland, 10.-12.09.2003

R. Adelung, *Self organized metal micro- and nanostructures on van der Waals bound layered crystals,* International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003

A. Biswas, U. Saeed, J. Kanzow, U. Schürmann, F. Faupel, *Combined polymer-metal nanocomposite structures for ultrathin multicolor filters application (Poster),* International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003

A. Biswas, O.C. Aktas, J. Kanzow, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Polymer-metal nanocomposites for softmagnetic ultrahigh frequency and multi-wavelength optical functional applications (invited talk),* International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003

A. Biswas, D.K. Avasthi, D. Fink, J. Kanzow, U. Schürmann, O.C. Aktas, U. Saeed, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Nanoparticle self organization in carbonaceous matrix upon swift heavy ion irradiation of polymer-metal nanocomposites (Poster),* International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003

S. Kreitz, *Plastic metallization via surface modification by atmospheric pressure plasma,* International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003

J. Kruse, K. Dolgner, H. Greve, K. Koziol, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, S. Deki, *Metal dispersion in polymers by vapor-induced crystallization,* International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003

M. Scharnberg, J. Liu, P.S. Ho, *Atomic layer deposition of Cu diffusion barrier layers on low-k dielectrics (Poster),* International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003

U. Schürmann, H. Takele, V. Zaporojtchenko, M. Es-Souni, F. Faupel, *Electrical, magnetic and optical properties of metal/PTFE nanocomposite films prepared by RF magnetron sputtering,* International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003

R. Adelung, M. Scharnberg, F. Faupel, *Schichtteilung zur Bestimmung von Diffusionsprofilen in organischen Halbleitern,* Kolloquium des DFG Schwerpunktprogramms: Organische Feldeffekt-Transistoren: Strukturelle und dynaische eigenschaften, International University Bremen, Bremen, Deutschland, 01.-02.10.2003

K. Rätzke, V. Zöllmer, F. Faupel, *Diffusion in bulk-metallic glass-forming Pd-Cu-Ni-P alloys from the glass to the equilibrium melt (Poster),* 85th Bunsenkolloquium 2003, Rauischholzhausen, Deutschland, 31.-31.10.2003

F. Faupel, *Polymer-Metall-Nanolomposite für funktionelle Anwendungen (eingeladener Vortrag),* Physikalisches Kolloquium der Universität Bonn, Bonn, Deutschland, 14.-14.11.2003

F. Faupel, *Innovation durch Oberflächen- und schichttechnologien (eingeladener Vortrag),* Kieler Salon für Wirtschaft und Wissenschaft, Kiel, Deutschland,

11.-11.11.2003

J. Erichsen, *Surface glass transition of bimodal polystyrene investigated by the embedding of noble metal nano-clusters,* MRS Fall Meeting 2003, Boston, U.S.A., 29.11.-06.12.2003

J. Erichsen, *A new method to determine the glass transition in thin polymer films via charging in XPS (Poster),* MRS Fall Meeting 2003, Boston, U.S.A., 29.11.-06.12.2003

F. Faupel, J. Zekonyte, U. Schürmann, J. Erichsen, V. Zaporojtchenko, *Polystyrene surface modification and influence of the ion irradiation on the metal adsorption proba-bility,* MRS Fall Meeting 2003, Boston, U.S.A., 29.11.-06.12.2003

F. Faupel, A. Biswas, U. Saeed, J. Kanzow, O.C. Aktas, V. Zaporojtchenko, M. Frommberger, E. Quandt, *Soft magnetic vapor phase co-deposited polymer-metal nanocomposites for GHz applications (Poster),* MRS Fall Meeting 2003, Boston, U.S.A., 29.11.-06.12.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Auswahl ehrenamtlicher Tätigkeiten von Prof. Faupel

Vorsitzender des *Fachverbandes Metallphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft,*

Associate Editor der Zeitschrift *Journal of Materials Research,* herausgegebenen von der *Materials Research Society (MRS),*

Mitglied des Editorial Advisory Board der Zeitschrift *Journal of Adhesion Science and Technology,*

Mitglied des Advisory Board der Zeitschrift *Diffusion and Defect Data,*

Herausgeber (Lead Editor) des Focus Issue „Organic Electronics" der Zeitschrift *J. Mater. Res.* (Mitherausgeber: A. Kahn, Princton Univ., C. Dimitrakopoulos, IBM, C. Wöll, Univ. Bochum),

Mitglied des Vorstandsrates der *Deutschen Physikalischen Gesellschaft,*

Stellvertretender Vorsitzender des technisch-wissenschaftlichen Beirates des *GKSS-Forschungszentrums Geesthacht,*

Mitglied der *Arbeitsgemeinschaft Metallphysik,* (Träger: *Deutsche Physikalische Gesellschaft* (DPG), *Deutsche Gesellschaft für Materialkunde* (DGM), *Verein Deutscher Eisenhüttenleute* (VDEH)),

Mitglied des Programmkomitees der 7th European Adhesion Conference, Freiburg, September 2004,

Vorsitzender des Programmkomitees und Gastgeber des Workshops *Polymer-Metal Nanocomposites,* Kiel, September 2003,

Mitglied des Programmkomitees des International Workshop on Dynamics in Viscous Liquids, München 14 - 17.3, 2004,

Mitglied des Programmkomitees der internationalen Konferenz *Diffusion in solids: past, present and future,* Moskau, Mai 2005.

Vorsitzender des *Prüfungsausschuses Materialwissenschaft* (seit 2001),

Verantwortlicher für den *Master-Studiengang Materials Science* (seit 2001),

Neben den hier aufgeführten Tätigkeiten hat Prof. Faupel u.a. an zahlreichen Begutachtung im In- und ausland teilgenommen und regelmäßig Gutachten für Zeitschriften und Drittmittelgeber erstellt.

Preise

M.Sc. Oral Cenk Aktas wurde für seine Masterarbeit „Vapor phase Co-deposited polymer-metal nanocomposites: Optical and functional applications and generation of nanoparticle superstructures upon MeV ion beam impact“ der **Professor Dr. Werner Petersen-Preis der Technik 2003** verliehen.

Arbeitsgruppe Mikrostrukturanalytik

Die Forschungsschwerpunkte der Arbeitsgruppe konzentrieren sich auf die Mikrostrukturforschung von Funktionsmaterialien, dünnen Schichten und Grenzflächen und auf die Entwicklung und Anwendung von quantitativen Verfahren der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) zur Materialforschung. Aktuelle Themenschwerpunkte sind die Mikrostruktur und die Eigenschaften von Materialien für die Mikroelektronik und Optoelektronik, Nanostrukturen, Grenzflächen und Oberflächen sowie das Wachstum von Dünnschichtsystemen bei der Heteroepitaxie. Methodische Schwerpunkte liegen bei der Anwendung der hochauflösenden Verfahren der Transmissions-Elektronenmikroskopie, der Verfahren der konvergenten Elektronenbeugung, der Röntgenmikroanalyse, der Präparation von Proben für die Transmissions-Elektronenmikroskopie, der Computersimulation zur quantitativen Analyse von Bildkontrasten, kombiniert mit Verfahren der digitalen Bildverarbeitung, und der Rasterelektronenmikroskopie in Verbindung mit Röntgenmikroanalyse. Als komplementäre Verfahren stehen die Geräte und Methoden des Centrums für Materialanalytik zur Verfügung. Bei den Arbeiten wird eine Synthese von Grundlagenuntersuchungen (mit Relevanz für mögliche technische Anwendungen) und methodischen Weiterentwicklungen angestrebt.

Die aktuellen Forschungsprojekte befassen sich mit den folgenden Themenbereichen:

Quantitative Verfahren der Transmissionselektronenmikroskopie: Polaritätsanalyse mittels Kontrastanalyse von Biegekonturen und konvergenter Elektronenbeugung

Diffusion und Defekte in den III-V-Verbindungshalbleitern GaP, GaSb, InP und GaN.

Metall-Chalkogenid-Schichtstrukturen: Wachstumsphänomene, Grenzflächen, Nanostrukturen bei Metalldeposition

Heteroepitaxie von Halbleiter-Materialien: SiGe/Si - und InGaP/GaAs-Schichtsysteme

Nanopartikel und Grenzflächen in Verbindungshalbleitermaterialien

Metall-Nichtmetall-Multischichtsysteme für Röntgenspiegel-Anwendungen.

Zum Leistungsspektrum der Arbeitsgruppe gehören die Betreuung von Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten, Drittmittelprojekte, Beratung und Gutachten, Kooperationen mit Forschungsinstituten und mit der Industrie, Beiträge zum Technologietransfer für Industrie und Forschungseinrichtungen im Rahmen des Angebotes des Centrums für Materialanalytik (CMA) sowie Kursveranstaltungen, Übungen und Seminare für Studenten der Materialwissenschaft, der Mineralogie, der Chemie und der Physik im Hauptfachstudium sowie für die Studenten des internationalen Master-Studienganges 'Materials Science and Engineering' (in englischer Sprache).

Ergebnisse

1. Quantitative Transmissionselektronenmikroskopie

Kooperation Universität Lille / Förderung durch DFG

Die Materialcharakterisierung mit den Verfahren der analytischen Transmissionselektronenmikroskopie ermöglicht die quantitative Analyse von Struktur und chemischer Zusammensetzung bis in den atomaren Bereich. In Verbindung mit unseren Untersuchungen von Nanostrukturen, zum epitaktischen Schichtwachstum und zur Charakterisierung von Defekten und Grenzflächen von Dünnschichtsystemen wurden verschiedene neue Verfahren entwickelt, experimentell getestet und mit Bildsimulationen auf der Basis der dynamischen Elektronenbeugung verglichen. Im experimentellen Bereich wurden diese Arbeiten auch von Weiterentwicklungen bei der Herstellung elektronentransparenter Probenpräparate begleitet.

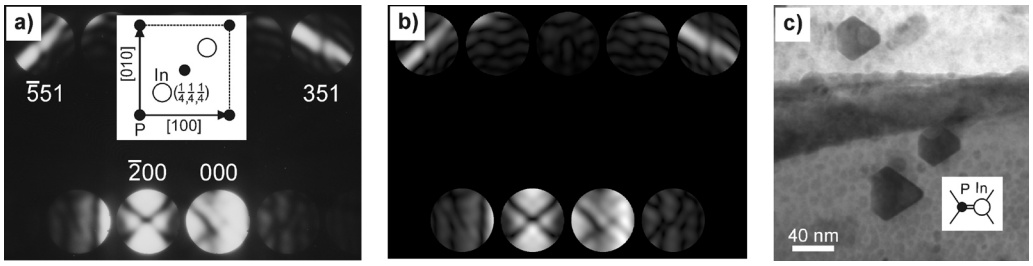


Abb. 1: Elektronenbeugung im konvergenten Strahl (CBED) an einer InP<001>-Probe unter 4-Strahl Bedingung. Das Vorzeichen der Polarität wird aus der Verteilung des Bildkontrastes in (-200)-CBED-Beugungsscheiben (dunkles Kreuz) über Anwendung einer Kontrastregel bestimmt. Ausschnitt: zugehörige polare Atomanordnung. b) Die dynamische Kontrastsimulation zu der in (a) gefundenen polaren Atomanordnung zeigt sehr gute Übereinstimmung mit dem Experiment. c) Charakterisierung der Grenzflächen eines facettierten Nanopartikels in InP (<110>-Projektion).

Schwerpunkte der Methodenentwicklungen der letzten Zeit liegen im Bereich der Verfahren der konvergenten Elektronenbeugung unter großen Winkeln (englisch: large-angle convergent beam electron diffraction, LACBED), die insbesondere auch für die Charakterisieriung von Nanomaterialien und von Grenzflächen bedeutsam sind. Zu diesen Entwicklungen gehören Methoden zur quantitativen Analyse von kristallinen Defekten, wie beispielsweise ein Verfahren zur Analyse der Natur von Versetzungsringen oder ein Verfahren zur Ermittlung der kompletten Burgers-Vektoren von Fehlpassungsversetzungen in heteroepitaktischen Schichtsystemen, womit quantitative Analysen von Schichtspannungsrelaxationen ermöglicht werden. Weitere Methodenentwicklungen betreffen die Bestimmung der Kristallpolarität von III-V-Verbindungshalbleitern über einen direkten Vergleich mit Simulationen auf der Grundlage dynamischer Elektronenbeugung oder unter Anwendung einfacher Regeln für den unter verschiedenen Abbildungsbedingungen auftretenden Bildkontrast. Abb. 1 zeigt als Beispiel die Bestimmung der Kristallpolarität der Grenzflächen von Nanopartikeln im Verbindungshalbleitermaterial Indiumphosphid. Dieses Beispiel einer Polaritätsanalyse zeigt, dass bevorzugt {111}B-Grenzflächen mit einer Phosphor-Terminierung vorliegen.

2. Diffusion und Defekte in III-V-Halbleitern

Förderung durch DFG / Kooperationen Universität Münster und Chalmers Universität

Göteborg

Für die Dotierelemente Zink und Schwefel wurden mikroskopische Untersuchungen zur Diffusion und zur Bildung von diffusionsinduzierten Defekten in den technologisch bedeutsamen Verbindungshalbleitern GaP, GaSb und GaN durchgeführt, um zu einem Verständnis der bei der Diffusion beteiligten Defekte und Transportmechanismen zu gelangen und eine Grundlage für die quantitative Beschreibung der Dotierprofile zu erarbeiten. Die quantitative Profilmodellierung ist von Bedeutung bei der Entwicklung und Herstellung von Bauelementen, beispielsweise von lichtemittierenden Dioden, für die Mikro- und Optoelektronik. Die Untersuchungen zeigten erstmalig, dass die charakteristischen Merkmale der Defektbildung bei Dotierstoffdiffusion unter hohen Konzentrationen ein generelles Phänomen für die III-V-Verbindungshalbleiter darstellen. Für GaP konnte gezeigt werden, dass die Defektbildung als Folge der Erzeugung von Ga-Zwischengitteratomen beim Einbau von Zink in das Ga-Untergitter über eine sogenannte „Kick-Out“ -Reaktion verstanden werden kann. Außerdem konnten erstmals die für die Dotierprofilformen in GaP verantwortlichen Transportprozesse aufgeklärt werden. Die Ergebnisse ermöglichten eine quantitative Profilanpassung auch für die technologisch interessanteren Diffusionsbedingungen, unter denen Defektbildung nicht stattfindet. Für GaP (siehe auch Dissertation Ch. Jäger, Almanach 2002) wurden weitere Messungen mit dem Ziel einer quantitativen Beschreibung der unter verschiedenen Diffusionsbedingungen auftretenden Dotierprofile durchgeführt.

3. Wachstums- und Grenzflächenphänomene von Chalkogenid-Schichtstrukturen

Förderung durch DFG / Kooperation DFG Forschergruppe CAU Kiel

Aktuelle Arbeiten in diesem Projekt konzentrieren sich auf das epitaktische Wachstum dünner Filme und auf die Struktur von Grenzflächen sowie auf Untersuchungen zur Mikrostruktur von Volumenkristallen und von Strukturdefekten und deren Entstehung. Die Strukturuntersuchungen solcher Materialien sind für die Deutung der elektronischen Eigenschaften, beispielsweise des Ladungstransfers zwischen den unterschiedlichen Schichten, von Interesse. Wichtige Ergebnisse betreffen die Aufklärung der Atomanordnungen an den Grenzflächen beim Kristallwachstum, die Orientierungsbeziehung zwischen Substrat und Schichtkristall sowie die Mikrostruktur der Schichtkristalle.

4. Nanostrukturen und Oberflächen von Metall-Chalkogenid-Schichtsystemen

Förderung und Kooperation DFG Forschergruppe CAU Kiel / Kooperation Forschungszentrum Jülich

Schwerpunkte dieses Projektes sind Untersuchungen zur Metalldeposition auf Chalkogenid-Schichtkristall-Substrate, die selbstorganisierte Bildung von Nanostrukturen und die Interkalation von Metallen und organischen Molekülen.

Die Untersuchungen konzentrieren sich zunächst auf den Modellfall der Deposition von Kupfer auf VSe2-Schichtkristallsubstrate. Abb. 2 zeigt Beispiele von Nanostrukturen, die sich bei Deposition von Kupfer auf VSe2-Schichtkristallsubstraten ausbilden. Quantitati-

ve Analysen mittels verschiedener Verfahren der analytischen TEM erlauben Rückschlüsse über die Mechanismen der Strukturbildung und über die Interkalation von Kupfer während des Depositionsprozesses.

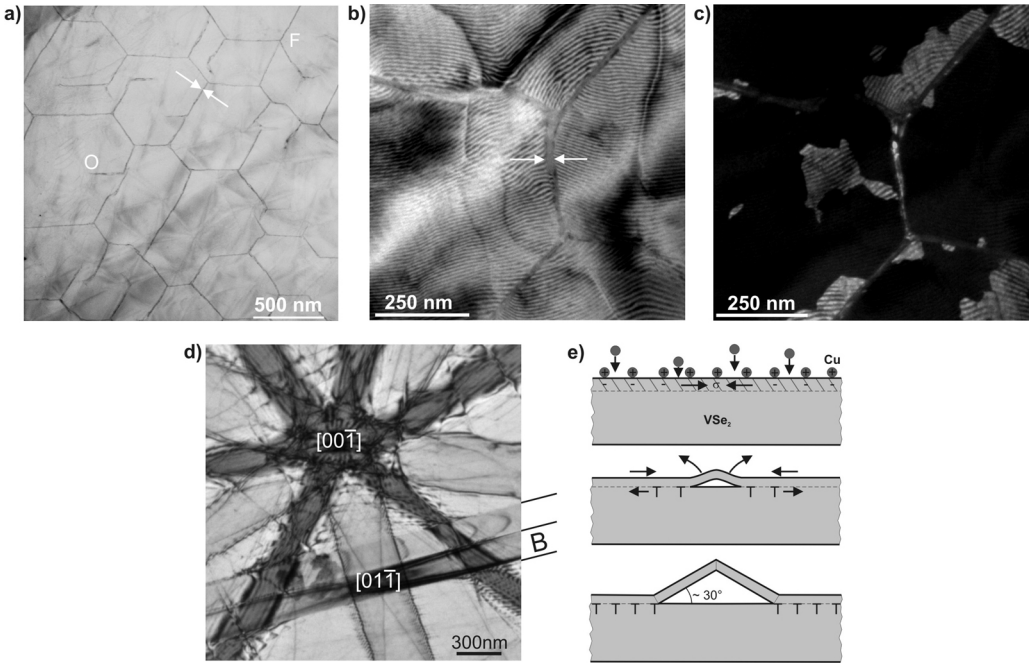


Abb. 2: Nanostrukturen auf VSe2-Oberflächen nach Cu-Deposition (TEM-Hellfeldabbildungen). a) Hexagonales Netzwerk mit typischer Maschenweite von ˜800 nm und Strukturbreiten von ˜40nm. b) Moire-Kontraste als Folge von veränderten Netzebenenabständen in Oberflächenbereichen der Netzwerkmaschen (Zweistrahl-Abbildungen, Pfeile markieren Nanostruktur). c)Abbildung einer Domäne der Oberflächenphase (TEM-Dunkelfeldabbildung mit einem Überstruktureflex, gleiche Stelle wie in b)) d) Geometrie einer Nanostruktur (Detailuntersuchungen des Beugungskontrastes). e) Stadien der Entstehung der Nanostrukturen als Folge der Relaxation von Spannungen.

5. Epitaktisches Wachstum von Halbleiter-Nanostrukturen

Kooperation Forschungszentrum Jülich

Die aktuellen Arbeiten konzentrieren sich auf Untersuchungen zum selbstorganisierten Wachstum von Inseln bei der auch für industrielle Anwendungen interessanten Niederdruck-Gasphasendeposition (LPCVD) von GeSi-Schichten auf Si(001) und Si(011)-Substrate und auf Untersuchungen zur Grenzflächenstruktur und Spannungsrelaxation von SiGe/Si-Schichtstrukturen mit niedriger Fehlpassung, welche für die Herstellung von schnellen Transistoren für die Mikroelektronik von Interesse sind. Methodische Aspekte betreffen aktuelle Analysen der Kontraste von Fehlpassungsversetzungen in Biegekonturen zur quantitativen Bestimmung ihrer Beiträge zur Schichtspannungsrelaxation und die Bildkontrastanalyse der Beugungskontraste von Inselstrukturen bei verschiedenen

TEM-Abbildungsbedingungen. Für Si(011)-Substrate konnte die Korrelation von Morphologie, Komposition und optischen Photolumineszens-Eigenschaften von SiGe-Inseln mit Dimensionen im Nanometerbereich aufgezeigt werden. Wegen ihrer besonderen elektronischen Eigenschaften sind Inselstrukturen mit Dimensionen im Nanometerbereich als Quantendots für potentielle Anwendungen in einer zukünftigen Nanoelektronik von Interesse. Von Interesse für mögliche technologische Anwendungen sind Untersuchungen zum Einfluß der Kristallwachstumsparameter auf die Ordnung der Inseln in Vielfachschichten und auf die Oberflächenstruktur sowie Untersuchungen der resultierenden optischen Eigenschaften, beispielsweise der Photolumineszens-Eigenschaften. Abb. 3 zeigt als Beispiel das selbstorganisierte Kristallwachstum von Inselstrukturen in einer Si/SiGe-Halbleiterheterostruktur mit der resultierende Oberflächenmorphologie.

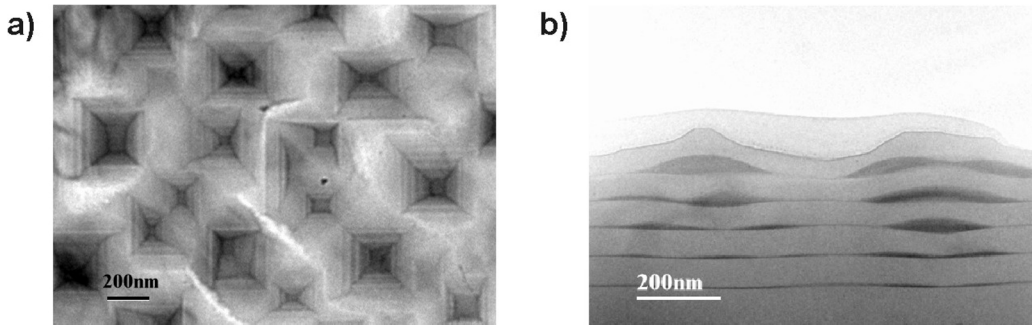


Abb. 3: Halbleiterheterostruktur aus Si70Ge30-Schichten (dunkler Kontrast), Si-Zwischenschichten und einer Si-Deckschicht mit lateraler und vertikaler Ordnung von Inseln und einer Oberflächen-Pyramiden. TEM-Hellfeldabbidungen in Aufsicht (a) und von einem Probenquerschnitt(b).

6. Morphologie und Grenzflächen von Nanopartikeln in III-V-Verbindungshalbleitern

Für die Anwendungsbereiche Optoelektronik, photonische Kristalle und Mikrostrukturierung von Interesse sind grundlegende Untersuchungen, die auf ein Verständnis der die Grenzflächen von Nanostrukturen bestimmenden materialphysikalischen Parameter zielen. Aktuelle Untersuchungen für diffusionsinduzierte metallische Gallium-Nanopartikel in Galliumphosphid und in InP ergaben Hinweise auf die wichtige Rolle der lokalen Fehlstellen-Gleichgewichte für die Partikelmorphologie. Erste Untersuchungen zur Grenzflächenmorphologie von Makroporen in GaP und in GaAs haben ergeben, dass die Analyse der Grenzflächenterminierung auf einer atomaren Skala mittels der entwickelten quantitativen Verfahren der analytischen Transmissionselektronenmikroskopie in solchen Materialien durchführbar ist und werden mit dem Ziel fortgesetzt, weitere Aufschlüsse über die Grenzflächenstruktur von Poren in Verbindungshalbleitermaterialien zu bekommen.

Personal

Leiter: Prof. Dr. Wolfgang Jäger; Sekretariat: Katrin Brandenburg (50%)
Technisches Personal: Dr. Dietrich Häußler, Dr. Christian Jäger

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Ing Stefan Hollensteiner	01.01.-31.12.2003	DFG
Transmissions-Elektronenmikroskopie von Metall-Chalkogenid-Schichtsystemen / Nanostrukturen		
M. Sc. Huanming Lu	01.01.-31.10.2003	DFG
Transmissions-Elektronenmikroskopie von Dünnschichtstrukturen		
Dr. Erdmann Spiecker (wiss. Assistent)	01.01.-31.12.2003	

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Materials Analysis I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Wolfgang Jäger

Electron Microscopy - Mikroskopie mit Elektronen, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Erdmann Spiecker (+ Wolfgang Jäger, Jens Kuntze, Richard Berndt)

Seminar für Festkörperphysik und Materialwissenschaften, 1 Std. Seminar/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Richard Berndt, Franz Faupel, Werner Press, Michael Skibowski)

Analytical Methods in Materials Research, 2 Std. Seminar/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Erdmann Spiecker)

Werkstoffe und Werkstofftechnologien I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Klaus Noack, Helmut Föll, Klaus Rätzke, Werner Weppner, Franz Faupel, Wing Fong Chu, Erdmann Spiecker)

Forschergruppenkolloquium WS 02/03, 1 Std. Seminar/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Richard Berndt, Wulf Depmeier, Franz Faupel, Olaf Magnussen, Michael Skibowski)

Laboratory Course: Functional Materials, 4 Std. Praktikum/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Franz Faupel, Helmut Föll, Werner Weppner)

Sommer 2003

Materials Analysis II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Wolfgang Jäger

Electron Microscopy - Mikroskopie mit Elektronen II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Erdmann Spiecker)

Microstructure Research of Thin Films and Nanostructures, 2 Std. Seminar/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Erdmann Spiecker)

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Franz Faupel, Helmut Föll, W. Weppner)

Seminar für Festkörperphysik und Materialwissenschaft (Schwerpunkt im SS: Festkörperoberflächen und Grenzflächen), 1 Std. Seminar/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Franz Faupel, Richard Berndt, Werner Press, Michael Skibowski)

Werkstoffe und Werkstofftechnologien II, 1 Std. Vorlesung/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Kai Dolgner, Helmut Föll, Klaus Rätzke, Werner Weppner, Franz Faupel, Wing Fong Chu)

Winter 2003/2004

Materials Analysis I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Wolfgang Jäger

Microscopy with Electrons - Mikroskopie mit Elektronen, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Erdmann Spiecker

Methods of analytical TEM, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Wolfgang Jäger

Analytical Methods in Materials Research, 2 Std. Seminar/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Erdmann Spiecker)

Forschergruppenkolloquium WS 03/04, 1 Std. Seminar/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Richard Berndt, Wulf Depmeier, Franz Faupel, Olaf Magnussen, Michael Skibowski)

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
Wolfgang Jäger (+ Franz Faupel, Helmut Föll, Werner Weppner)

Drittmittel

DFG, *Forschergruppe Wachstum und Grenzflächeneigenschaften von Sulfid- und Selenid-Schichtstrukturen, TP8,* 15.11.2001-31.12.2004 (137540 EUR)
DFG, *Forschergruppe Wachstum und Grenzflächeneigenschaften von Sulfid- und Selenid-Schichtstrukturen, TP8,* 01.11.2002-31.10.2003 (63030 EUR)
DFG, *Forschergruppe Chalkogenid-Schichtstrukturen: Wachstum und Grenzflächenphänomene, TP 8 (1),* 14.05.2002-13.04.2004 (94350 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Die Abteilung Mikrostrukturanalytik hat auch in 2003 Arbeiten für die Industrie, für Hochschulgruppen und für externe Forschungseinrichtungen im Rahmen des CMA-Technologietransferangebotes durchgeführt. Schwerpunkte lagen bei der Charakterisierung der Mikrostruktur von Dünnschichtsystemen, von Grenzflächen und von Oberflächen,

bei der Defektanalyse und bei der Optimierung und Qualitätskontrolle von Funktionsschichten. Einige Partner und Themen sind im folgenden aufgeführt:

Hochschulen

CAU, Anorganische Chemie: Characterization of Powder of Composition (NH4)2MoS4 + Ni(dien)2MoS4 by Transmission Electron Microscopy

Universität Kaiserslautern: Charakterisierung von nanokristallinen Partikeln mittels analytischer TEM

Forschungseinrichtungen

GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH: Charakterization of Nanopowder Materials by Analytical Transmission Electron Microscopy: MgH2 + 30wt% Nb2O5

GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH: Mikrostruktur von Metall-Nichtmetall-Nanoschichten auf strukturierten Si(001)-Substraten

Forschungszentrum Jülich, Institut für Schichten und Grenzflächen (ISG): Silizium-Germanium-Schichten für die Optoelektronik

Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (Fhg-ISiT), Itzehoe, wissenschaftliche Kooperation: Development of boron doping and trench filling processes for a superjunction based diode.

Diplom- und Master-Arbeiten

Tanja Trenkner, *Bestimmung der Kristallpolarität an inneren Grenzflächen von III-V-Verbindungshalbleitern mittels Transmissionselektronenmikroskopie,* 10.03.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

E. Spiecker, *Interface and Surface Phenomena of Transition Metal Dichalcogenide Crystals: Ultrathin Layer Epitaxie and Self-Assembling of Nanostructures,* Microsc. Microanal. (Suppl. 3), **9**, 300 (2003)

Ch. Jäger, E. Spiecker, W. Jäger, *Shapes and Interfaces of Voids in III-V Compound Semiconductors,* Microsc. Microanal. (Suppl. 3), **9**, 296 (2003)

S. Hollensteiner, E. Spiecker, W. Jäger, H. Haselier, H. Schroeder, *TEM Analyses of VSe2 Surfaces with Nanostructures Formed by Cu Deposition,* Microsc. Microanal. (Suppl. 3), **9**, 216 (2003)

E. Spiecker, Ch. Jäger, H. Lu, W. Jäger, *Polarity Determination of Sphalerite-type <110> and <100> Crystal Samples Using Simple Bragg-line Contrast Rules,* Microsc. Microanal. (Suppl. 3), **9**, 94 (2003)

S. Hollensteiner, E. Spiecker, W. Jäger, H. Haselier, H. Schroeder, *TEM Analyses of VSe2 Surfaces with Nanostructures Formed by Cu Deposition,* Microsc. Microanal. (Suppl. 3), **9**, 216 (2003)

E. Spiecker, *Fundamentals of Large-Angle Convergent Beam Electron Diffraction (LACBED),* Invited Lecture at 1st Stanislaw Gorczyca Summer School on Advanced Transmission Electron Microscopy, 30.06. - 05.07.2003, Krakow, Poland, Proceedings Part B, 229 - 250 (2003)

E. Spiecker, *Application of Large-Angle Convergent Beam Electron Diffraction (LACBED) and bend contour contrast analysis for the investigation of crystal defects,* Invited Lecture at 1st Stanislaw Gorczyca Summer School on Advanced Transmission Electron Microscopy, 30.06. - 05.07.2003, Krakow, Poland, Proceedings Part B, 251 - 276 (2003)

E. Spiecker, Ch. Jäger, W. Jäger, *Lokale Bestimmung der Atomanordnung in polaren Kristallen mit Sphaleritstruktur im Transmissionselektronenmikroskop,* Zeitschrift für Kristallographie, Suppl. 20, **20**, 37 (2003)

Ch. Jäger, E. Spiecker, J.-P. Morniroli, W. Jäger, *Analyse von Versetzungsringen mittels konvergenter Elektronenbeugung,* Zeitschrift für Kristallographie, Suppl. 20, **20**, 34 (2003)

S. Hollensteiner, E. Spiecker, C. Dieker, W. Jäger, R. Adelung, L. Kipp, M. Skibowski, *Self-assembled nanowire formation during Cu deposition on VSe2 studied by Microscopic Methods,* Mat. Sci. Eng. C, **23**, 171 (2003)

J. Brandt, L. Kipp, M. Skibowski, E. E. Krasovskii, W. Schattke, E. Spiecker, C. Dieker, W. Jäger, *Charge transfer in misfit layered compounds,* Surface Science, **705**, 532 - 535 (2003)

Präsentationen

Christian Jäger, Erdmann Spiecker, J. P. Morniroli, Wolfgang Jäger, *Analyse von Versetzungsringen mittels konvergenter Elektronenbeugung,* 11. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie an der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Deutschland, 11.-13.03.2003

Erdmann Spiecker, Christian Jäger, Wolfgang Jäger, *Lokale Bestimmung der Atomanordnung in polaren Kristallen mit Sphaleritstruktur im Transmissionselektronenmikroskop,* 11. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie an der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Deutschland, 11.-13.03.2003

Wolfgang Jäger, *Dopant Diffusion and Defect Formation in III-V Compound Semiconductors,* Arbeitskreis Punktdefekte, TU Dresden, Physik, Dresden, Deutschland, 22.03.2003

Tanja Trenkner, Christian Jäger, Erdmann Spiecker, Wolfgang Jäger, *Anwendung von konvergenter Elektronenbeugung und Biegekonturkontrastanalyse zur Analyse von Kristallpolarität und Grenzflächen in III-V Verbindungshalbleitern,* DPG Frühjahrstagung, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003

Erdmann Spiecker, Wolfgang Jäger, *Burgers Vector Analysis of Large Area Misfit Dislocation Arrays from Bend Contour Contrast in Transmission Electron Microscope Images,* Microscopy of Semiconducting Materials XIII, Cambridge, United Kingdom, 31.03.-03.04.2003

Erdmann Spiecker, Huanming Lu, Christian Jäger, Wolfgang Jäger, *Determination of the Crystal Polarity of Sphalerite-Type Semiconductors using a simple Rule for Bragg-line Contrast,* Microscopy of Semiconducting Materials XIII, Cambridge, United Kingdom, 31.03.-03.04.2003

Erdmann Spiecker, Michael Seibt, Wolfgang Schröter, *Exploiting Long-Range Atomic Ordering for the Investigation of Strain Relaxation in Lattice-Mismatched Epitaxy: A Case Study on CuPt-type Ordered (GaIn)P,* Microscopy of Semiconducting Materials XIII, Cambridge, United Kingdom, 31.03.-03.04.2003

Wolfgang Jäger, *Hochauflösende Elektronenmikroskopie von Dünnschichtstrukturen und Grenzflächen,* TSH-Initiative Oberflächentechnik SH, Geesthachter Innovations- und Technologiezentrum GITZ GmbH, Geesthacht, Deutschland, 15.04.2003

Wolfgang Jäger, *Transmission electron microscopy of self-asembled nano-structures,* PICS Workshop 2003, Pittsburgh, U. S. A., 23.-25.06.2003

Wolfgang Jäger, *TEM of nanostructures and semiconductor materials,* 1st Stanislaw Gorczyca Summer School on Advanced Transmission Electron Microscopy, Krakow, Polen, 30.06.-05.07.2003

Erdmann Spiecker, *Application of Large-Angle Convergent Beam Electron Diffraction (LACBED) and bend contour contrast analysis for the investigation of crystal defects (invited),* 1st Stanislaw Gorczyca Summer School on Advanced Transmission Electron Microscopy, Krakau, Polen, 30.06.-05.07.2003

Erdmann Spiecker, *Fundamentals of Large-Angle Convergent Beam Electron Diffraction (invited),* 1st Stanislaw Gorczyca Summer School on Advanced Transmission Electron Microscopy, Krakau, Polen, 30.06.-05.07.2003

S. Hollensteiner, W. Jäger, C. Michaelsen, J. Wiesmann, R. Bormann, *Characterization of structure and interfaces of new multilayer X-ray mirrors,* EuroConference on Moving Interfaces in Solids, Irsee, Deutschland, 10.-15.08.2003

Christian Jäger, Erdmann Spiecker, Wolfgang Jäger, *Shapes and Interfaces of Voids in III-V Compound Semiconductors,* Microscopy Conference MC 2003, Dresden, Deutschland, 07.-12.09.2003

Erdmann Spiecker, Christian Jäger, Huanming Lu, Wolfgang Jäger, *Polarity Determination of Sphalerite-type <110> and <001> Crystal Samples Using Simple Bragg-line Contrast Rules,* Microscopy Conference MC 2003, Dresden, Deutschland, 07.-12.09.2003

Erdmann Spiecker, *Interface and Surface Phenomena of Transition Metal Dichalcogenide Crystals: Ultrathin Layer Epitaxy and Self-assembling of Nanostructures (invited),* Microscopy Conference MC 2003, Dresden, Deutschland, 07.-12.09.2003

S. Hollensteiner, E. Spiecker, W. Jäger, H. Haselier, H. Schroeder, *Analyses of Nanostructure Formation by Cu Deposition onto VSe2 Surfaces,* Microscopy Conference MC 2003, Dresden, Deutschland, 07.-12.09.2003

Wolfgang Jäger, *Quantitative Transmission Electron Microscopy of Silicon-Germanium Nano-Structures (plenar invited),* XIX Congress of the Brazilian Society of Microscopy and Microanalysis (XIX CSBMM), Caxambu, Minas Gerais, Brasilien, 22.09.2003

Wolfgang Jäger, *Crystal defects in III-V compound semiconductors: characterization by transmission electron microscopy and large angle convergent beam electron diffraction (plenar invited),* XIX Congress of the Brazilian Society of Microscopy and Microanalysis (XIX CSBMM), Caxambu, Minas Gerais, Brasilien, 23.09.2003

Wolfgang Jäger, Erdmann Spiecker, Stefan Hollensteiner, Huanming Lu, *Interface and Surface Phenomena of Transition Metal Dichalcogenide Crystals: Self-assembling of Nanostructures and Ultrathin Layer Epitaxy,* eingeladener Vortrag am Instituto de Fisica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasilien, 26.09.2003

Erdmann Spiecker, Christian Jäger, Wolfgang Jäger, *Unified Polarity Analysis of <110> and <001> Sphalerite-type Crystal Samples using Bragg-line Contrast Rules,* The Ninth Frontiers of Electron Microscopy in Materials Science 2003, Berkeley / Cal., U. S. A., 05.-10.10.2003

Erdmann Spiecker, Wolfgang Jäger, *Using Bend Contour Splittings in Transmission Electron Microscopy Images for Burgers Vector Analysis of Dislocations in Two-dimensional Dislocation Arrays,* The Ninth Frontiers of Electron Microscopy in Materials Science 2003, Berkeley / Cal., U. S. A., 05.-10.10.2003

Erdmann Spiecker, *Interface and Surface Phenomena (invited),* National Center of Electron Microscopy, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley / Cal., U. S. A., 21.10.2003

E. Spiecker, S. Hollensteiner, W. Jäger, H. Haselier, H. Schroeder, *Early stages of self-assembled Nanostructure Formation during Cu Deposition onto VSe2 Crystals,* The Ninth Frontiers of Electron Microscopy in Materials Science 2003, Berkeley / Cal., U. S. A., 05.-10.10.2003

Erdmann Spiecker, Stefan Hollensteiner, Wolfgang Jäger, *TEM Investigation of the Structure and Geometry of Nanotunnels formed upon Cu Deposition on VSe2 Surfaces,* The Ninth Frontiers of Electron Microscopy in Materials Science 2003, Berkeley / Cal., U. S. A., 05.-10.10.2003

Erdmann Spiecker, *Transmissionselektronische Untersuchungen der Struktur und Verspannung ultradünner PbS Schichten auf Schichtkristalloberflächen (invited),* Laboratorium für Elektronenmikroskopie (LEM), Physikalische Fakultät der Universität Karlsruhe, Karlsruhe, Deutschland, 24.11.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Öffentliche Vorträge

W. Jäger, *NANOWELTEN - Elektronenmikroskopie in der Materialwissenschaft* , Night of the Profs - Vorlesungsnacht an der CAU, 19.02.2003

W. Jäger, *NANOWELTEN - Elektronenmikroskopie in der Materialwissenschaft* , Saturday Morning Physics, 29.11.2003

Ehrenamtliche Tätigkeiten (Prof. Dr. W. Jäger):

Gutachten für Drittmittelgeber.

Gutachten für verschiedenen Fachzeitschriften.

Fachliche Begutachtungen im Inland und Ausland.

Organisation von Konferen-Symposien.

Mitarbeit in Arbeitskreisen / Mitgliedschaften Prof. Dr. W. Jäger):

Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)

Deutsche Gesellschaft für Elektronenmikroskopie (DGE)

Deutsche Gesellschaft für Kristallographie (DGK)

Organisation

Organisation eines Symposiums „Interfaces“ zur 31st Conference of the DGE, Microscopy Conference MC 2003, 07. - 12.09.2003, Dresden

Gäste

04.02.2003 Prof. Dr. H. Lichte, Universität Dresden, Vortragender im Rahmen des Physikalischen Kolloquiums zum Thema „Electron Holography: Basic properties of electron waves and their applications“

07.03.2003 Dr. M. Shimojo, National Institute of Materials Science, tsukuba, Japan, vortragendes im Rahmen des Arbeitsgruppenseminars zum Thema „Nanometer-sized fabrication by means of electron stimulated desorption“

26.05.2003 Prof. J. Mayer, RWTH Aachen, Vortragender im Rahmen des Kolloquiums der Technischen Fakultät zum Thema „Hochauflösende analytische Transmissionselektronenmikroskopie und ihre Anwendungen in der Nanotechnologie“

03.09.2003 Prof. M. Tanaka, Tohoku University, Sendai, Japan, Vortragender im Rahmen des Arbeitsgruppenseminars zum Thema „Crystal structure refinement by convergent beam electron diffraction“

27.11.2003 Prof. Dr. H. Gnaser, Technische Universität Kaiserslautern, Vortragender im Rahmen des Forschergruppen-Kolloquiums zum Thema „Hochauflösende Oberflächen- und Dünnschichtanalytik“

Lehrstuhl für Sensorik und Festkörper-Ionik

Einige Festkörper können Ladungsträger in Form von Ionen in etwa dem gleichen Maße leiten wie flüssige Elektrolyte oder Elektronen in Halbleitern. Die Arbeiten am Lehrstuhl befassen sich mit dem Verständnis dieses Phänomens und dessen praktischer Anwendung, insbesondere der Entwicklung geeigneter Materialien. Im Hinblick auf Batterien, Brennstoffzellen, Sensoren, elektrochrome Anzeigen und thermoelektrische Konverter sind besonders ionische Leiter für Alkaliionen, Oxidionen und Protonen von Interesse. Materialien mit vorwiegender Ionenleitung sind als mechanisch und thermodynamisch stabile Elektrolyte von Bedeutung, während gemischt ionisch-elektronisch leitende Stoffe als Elektroden interessant sind.

Im Bereich der Sensorik besteht ein Interesse an der Erweiterung des Spektrums der nachweisbaren Stoffe und der Reduzierung der Querempfindlichkeit. Im Falle der Lithiumbatterien ist es notwendig, die Energiedichte weiter zu verbessern, die Zyklenzahl zu erhöhen, Umweltverträglichkeit herzustellen und die Systeme sicherer zu machen. Die Entwicklung der Brennstoffzellen leidet unter hohen Kosten, kurzen Lebenszeiten und der Notwendigkeit der Verwendung reinster Gase. In der Elektrochromie ist ein komplexer Aufbau aus mindestens fünf fehlerfreien dünnen Filmen über große Fensterflächen erforderlich, die aufwendig aufgebracht werden müssen. In allen Fällen handelt es sich um Materialprobleme, deren Lösung über das Verständnis der Prozesse und Eigenschaften führt.

Ergebnisse

Lithiumbatterien. Feste Ionenleiter bieten die Chance der Herstellung von Batterien, die keine Flüssigkeiten mehr enthalten. Ferner erlauben sie die Erzeugung wesentlich höherer Spannungen bis zu etwa 6 V und damit deutlich besserer Energiedichten im Vergleich zu konventionellen Systemen. Um gleichzeitig hohe Ströme, d.h. hohe Leistungsdichten, zu erzielen, wurde eine Allfestkörper-Lithium-Dünnfilmbatterie entwickelt, bei der der Elektrolytwiderstand und die Diffusionslänge der Elektroden minimiert sind. Als Kathode wurde Li2CoMn3O8 aufgedampft, der feste Ionenleiter bestand aus gesputtertem Li3PO4 mit gelöstem Li3N und als Anode wurde gesputtertes Aluminium verwendet, das in einem ersten Ladevorgang mit Lithium legiert wurde. Je nach Anwendung als Elektrolyt oder Elektrode lagen die Dicken der dünnen Schichten im Bereich von 0,1 bis 10 mm. Die Funktion der Batterie, deren Langzeitstabilität sowie Reversibilität wurden demonstriert. Die Systeme eignen sich für den Einsatz auf Chipkarten, auf Chips oder in Verbindung mit Solarzellen. Ferner wurden unter Verwendung konventioneller aprotischer Elektrolyte neue Anoden- und Kathodenmaterialien entwickelt. Unter den interessantesten Materialien befinden sich verschiedene Verbindungen des Siliziums, insbesondere SiO, und verschiedene nicht-oxidische Verbindungen niedriger Lithiumaktivität.

Brennstoffzellenmaterialien. Drei unterschiedliche Wege wurden beschritten, um den inhärenten Problemen gegenwärtiger Brennstoffzellensysteme zu begegnen. Im Vordergrund stand die weitere Entwicklung des SEA (Single Element Arrangement) - Konzepts,

Abb. 1: Sputterkammer zur Herstellung der Lithiumbatterien

bei dem eine einzige Verbindung die Aufgaben sowohl der Elektroden als auch des Elektrolyten unter dem Einfluss der vorherrschenden Sauerstoffpartialdrucke übernimmt.

Die gewünschten Eigenschaften wurden zum einen durch geeignete Dotierungen erzeugt, die unter den vorgegebenen Bedingungen n- oder p-Leitung erzeugen. In Betracht gezogen wurde CeO2, das bei mittleren Temperaturen eine hohe ionische Leitfähigkeit aufweist, thermodynamisch sehr stabil ist und unter den Bedingungen der Anode bereits überschuss-elektronisch leitend ist. Unterschiedliche Dotierungen wurden eingestellt, insbesondere mit verschiedenen Seltenen Erden, um die Löcherleitung unter den Bedingungen der Kathode (Umgebungsluft) zu erhöhen. Die Materialien erwiesen sich schließlich auch als vorteilhaft für Sauerstoffsensoren bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen. Ferner wurde der ebenfalls sehr interessante perowskitische Oxidionenleiter La0.9Sr0.1Ga0.8Mg0.2O2.85 (LSGM) mit Praseodymiumoxid dotiert, um die Löcherleitung zu erhöhen.

Ein neues höchstinteressantes, alternatives Konzept geht umgekehrt von klassischen halbleitenden Verbindungen aus, die eine Dotierung zur Erhöhung der ionischen Leitung erhielten. Auf diese Weise entstand durch Dotierung des Perowskiten SrSnO3 mit SrFeO3 ein Material, das im Bereich bis zu 50 % der Eisenverbindung bei Sauerstoffpartialdrucken zwischen 10-23 und 1 atm im mittleren Bereich eine Oxidionenleitung aufweist und bei hohen und niedrigen Drucken überwiegend p- bzw. n-leitend ist. Bei höheren Eisengehalten bleibt das Material im gesamten Sauerstoffpartialdruckbereich überwiegend elektronisch leitend.

Eine wesentliche Entdeckung war die potentielle Protonenleitung in verschiedenen Schichtperowskiten des Dion-Jacobson-Typs. In diesen Materialien der Zusammensetzung ACA-2Nb3O10, mit A = K, Rb, Cs, entsteht in Anwesenheit von Wasserstoff eine ionische Leitfähigkeit, die in Wasserstoff-Luft-Konzentrationszellen selbst bei Raumtemperatur die thermodynamisch erwartete EMK liefert. Zahlreiche Hinweise deuten auf einen Protonentransport in dem Oxid, das damit das erste oxidische Material mit einer solchen

Abb. 2: Neuer keramischer Protonenleiter (ohne Wasser)

Leitfähigkeit ohne gleichzeitige Anwesenheit von Wasser in der Kristallstruktur wäre. Bei einem Einsatz in Brennstoffzellen entfallen damit die mit der Kontrolle des Wassergehalts verbundenen Schwierigkeiten. Gegenüber polymeren Ionenleitern lassen sich höhere Betriebstemperaturen erreichen, bei denen Hemmungen der elektrochemischen Verbrennung reduziert sind. Andererseits sind solch hohe Temperaturen, bei denen Oxidionenleitung vorliegt, nicht erforderlich. Es konnte auch gezeigt werden, dass sich die Schichtperowskite als Ammoniaksensoren einsetzen lassen. Unter Wasserstoff gehen die Materialien bei Temperaturen von etwa 700 °C in Halbleiter über.

Chemische Sensoren. Das Konzept der neuen Theta-Sensoren wurde demonstriert. Dabei handelt es sich um die Vorgabe periodischer Spannungs- oder Stromsignale an einen Ionenleiter, meist für Alkalionen, und die Analyse des komplementären elektrischen Signals, das charakteristische „Fingerabdrücke“ (Koeffizienten der Fourier-Reihen-Analyse) der nachzuweisenden Stoffe enthält. Mit einem einzigen Sensor gelingt der Nachweis einer multiplen Zahl einfacher und komplexer Stoffe. Als Beispiel wurde der simultane Nachweis von SO2 und NO2 demonstriert. Das Konzept ist verblüffend einfach und nimmt die Vorteile sowohl der Vorgabe als auch der Messung von Spannungs- und Stromsignalen in Anspruch.

Ferner wurden die Probleme des CO2-Sensors auf der Basis von festen Natriumionenleitern analysiert. Daraus ergab sich als Ursache die Ausbildung intermediärer Schichten, sowohl zwischen dem Festelektrolyten und der aktiven Elektrode als auch der Referenzelektrode. Diese Schichten bilden Kapazitäten, die seriell der EMK überlagert sind und daher zwar eine richtige Partialdruckabhängigkeit der EMK ermöglichen, aber eine Parallelverschiebung verursachen. Schließlich wurden Mechanismen der Bildung der EMK bei konventionellen Konzentrationszellen geklärt, die damit Hinweise auf Verbesserungen der Ansprechzeiten ermöglichen.

Elektrochromie. Neue Materialverbindungen des Typs Li-Sr-Ti(Nb,Ta)-O wurden im Hinblick auf das aussichtsreiche SEA-Konzept, bei dem die galvanische Zelle lediglich aus einem einzigen Material besteht, angewandt. Unter diesen Verbindungen zeigte Li0.3Sr0.6Ta0.5Ti0.5O3 die höchste ionische Leitfähigkeit bei Umgebungstemperatur. Durch die Bewegung des Lithiums im elektrochemischen Potentialgradienten kann Ti-

tan reduziert werden. Dotierung mit Eisen, das oxidiert werden könnte, ergab jedoch eine Erniedrigung der ionischen Leitung. Die Verbindung zeigt eine Färbung der positiven Elektrode beim Anlegen einer Spannung von 1,5 V und wird wieder farblos bei einem Kurzschluss. Die Realisierbarkeit elektrochromer Fenster konnte unter Verwendung monolithischer Proben demonstriert werden.

Über die hier dargestellten Arbeiten hinaus fanden Kooperationen mit Firmen statt und unterstützten dadurch die praktische Entwicklung ionischer Materialien.

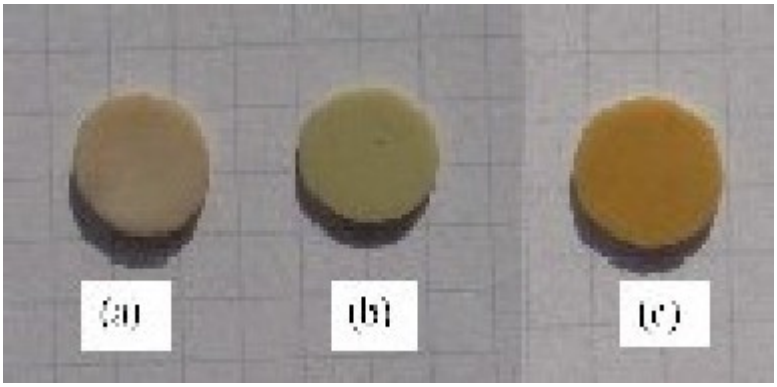


Abb. 3: Elektrochrome Verfärbung keramischer Leiter

Personal

Leiter: Prof. Dr. W. Weppner; Sekretariat: G. Schröder
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) T. Metzing

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. W.F. Chu	01.01.-31.12.2003		CAU
Dr. Ch. Dietz Keramische Lithiumionenleiter	01.01.-31.12.2003		BASF
M.Sc. Q.-P. Fang	01.01.-31.12.2003	(50%)	CAU
Dipl.-Phys. G. Holstermann	01.01.-31.12.2003	(50%)	CAU
Prof. R. Huggins Neue Materialien für Lithiumbatterien	01.01.-31.12.2003	(50%)	Sanyo
Dr. Ing. A. Netz Neue Materialien für Lithiumbatterien	01.01.-31.12.2003		Sanyo
M.Sc. M. Sakthivel	01.01.-31.12.2003	(50%)	CAU
Dipl.-Phys. J. Schwenzel	01.01.-31.12.2003	(50%)	CAU
M.Sc. T. Shiferaw	01.01.-31.12.2003		CAU
Dr. V. Thangadurai Innovatec	01.01.-31.12.2003		DAAD

Dipl.-Phys. E. Tsagarakis	01.01.-31.12.2003		CAU
Dipl-Ing. (FH) St. Warnat	01.01.-31.12.2003	(50%)	TSH
Sensor für Wasch- und Spülmaschinen			

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Ionics, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Weppner (+ W.F. Chu)

Ceramic Materials, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Weppner (+ Andreas Netz, Quing Ping Fang, Julian Schwenzel)

Thermodynamics and Kinetics, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W. Weppner (+ Evaangelos Tsagarakis, Tesfaye Shiferaw, Mariapann Sakthivel)

Electrochemical and Chemical Aspects of Materials, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
W.F. Chu

Sensors and Solid State Ionics, 2 Std. Seminar/Woche,
W. Weppner

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
W. Weppner (+ H. Föll, F. Faupel, K. Noack)

Werkstoffe und Werkstofftechnologien I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
W. Weppner (+ H. Föll, F. Faupel, K. Noack)

Chemical Aspects of Materials with Functional Properties, 4 Std. Vorlesung/Woche,
Venkataram Thangadurai

Development of Materials with Functional Properties for Energy and Environmental Technologies, 2 Std. Vorlesung/Woche,
Venkataram Thangadurai

Drittmittel

SANYO, *Advanced High Performance Batteries,* 01.01.-31.03.2003 (270.000)
BASF, *Identifizierung eines lithium-ionen-leitenden Systems,* 01.01.-31.03.2003 (131.250)
TSH, *Entwicklung eines Allfestkörper-Supercaps mit festen Alkaliionenleitern,* 01.01.-31.12.2003 (71766)
DAAD, *Innovatec,* 01.01.-31.12.2003 (76.518,68)
TSH, *Entwicklung eines Allfestkörper-Supercaps mit festen Alkaliionenleitern,* 01.01.-31.12.2003 (25.826,60)

Diplom- und Master-Arbeiten

Christian Knittlmayr, *Präparation und Charakterisierung von Oxiden mit Scheelitstruktur,* 23.06.2003

Yongming Zhu, *CO2 Sensor based on Solid Lithium Ion Conductors,* 30.09.2003

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2003

V. Thangadurai, H. Kaack, W. Weppner, *Novel Fast Lithium Ion Conduction in Garnet-Type Li5La3M2O12 (M = Nb, Ta),* J. Am. Ceram. Soc., **86**, 437 - 440 (2003)

Venkataram Thangadurai, P. Schmid-Beurmann, W. Weppner, *Mixed Oxide Ion and Electronic Conductivity in Perovskite-Type SrSnO3 by Fe Substitution,* Materials Science and Engineering, **B100**, 18 - 22 (2003)

A. Netz, R. Huggins, W. Weppner, *The Formation and Properties of Amorphous Silicon as Negative Electrode Reactant in Lithium Systems,* J. of Power Sources, **119-121**, 95 - 100 (2003)

V. Thangadurai, W. Weppner, *Materials Aspects of Solid State Ionic Devices: Solid Oxide Fuel Cells and Electrochromism, in: Recent Research Developments in Solid State Ionics,* Transworld Research Network, **1**, 131 - 156 (2003)

S. Stramare, V. Thangadurai, W. Weppner, *Lithium Lanthanum Titanates: A Review,* Chem. Mater., **15**, 3974 - 3990 (2003)

W.F. Chu, E. Tsagarakis, *Fundamental and Practical Aspects of CO2 Sensors Based of Nasicon Electrolytes,* Ionics, **9**, 321 - 328 (2003)

V. Thangadurai, W. Weppner, *, Electrical Conductivity Studies of Ti-Substituted Pr0.45 La0.45Sr0.1Ga0.8Mg0.2O2.85 and Fe-Substituted SrSnO3, Proc. Eighth Intl. Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC VIII),* The Electrochemical Society, Pennington, NJ, **07**, 359 - 371 (2003)

J. Schwenzel, V. Thangadurai, W. Weppner, *Investigation of Thin Film All-Solid-State Lithium Ion Battery Materials,* Ionics, **9**, 348 - 356 (2003)

P. Schmid-Beurmann, V. Thangadurai, W. Weppner, *Phase Transitions in the SrSnO3-SrFeO3 Solid Solutions: X-ray Diffraction and Mössbauer Studies,* J. Solid State Chem., **174**, 392 - 402 (2003)

J. Schwenzel, V. Thangadurai, W. Weppner, *All-Solid-State Thin Film Lithium Battery; Materials and Device Studies, in: New Trends in Intercalation Compounds for Energy Storage and Conversion (K. Zaghib, C. Julien and J. Prakash, Eds.),* The Electrochemical Society, Pennington, NJ, **2003-20**, 575 - 583 (2003)

W. Weppner, *Engineering of Solid State Ionic Devices,* Ionics, **9**, 444 - 464 (2003)

V. Thangadurai, W. Weppner, *Single Element Approach for Electrochromic Displays Using Lithium Ion Conducting Perovskite Oxides, Proc. Symposium on Electrochromic Materials and Applications (A. Rougier, D. Rauh and G.A.Nazri,Eds.),* The Electrochemical Society, Pennington, NJ, **PV 2003-17**, 231 - 242 (2003)

V. Thangadurai, W. Weppner, *Monolithic Electrochromic Devices Using Lithium Ion*

Conducting Perovskite-Type Oxides, Ionics, **9**, 308 - 314 (2003)

Patent-Anmeldungen

Ch. Dietz, et al. W. Weppner, *Verfahren zur Herstellung eines Lithiumionenleiters,* PA Europa, USA, 07.11.2003, PF 54142/SB

Ch. Dietz, et al. W. Weppner, *Verfahren zur Gewinnung von Lithium,* PA Europa, USA, 07.11.2003, PF 54143/SB

Präsentationen

W. Weppner, *Ceramic Ionic - Electronic Conductor Interfaces for Sensing Environmental and ProcessControl Gases (Invited),* 27th Annual Cocoa Beach Conference and Exposition of Advanced Ceramics & Composites, American Ceramic Society, Cocoa Beach, Florida, USA, 26.-31.01.2003

J. Schwenzel, V. Thangadurai, W. Weppner, *Neues über Festkörperionenleiter und Anwendung (eingeladen),* 203rd Meeting of the Electrochemical Society, Paris, Frankreich, 19.-20.02.2003

V. Thangadurai, W. Weppner, *Electrical Conductivity Studies of Ti-substituted Pr0.45 La0.45Sr0.1Ga0.8Mg0.2O2.85 and Fe-substituted SrSnO3,* 203rd Meeting of the Electrochemical Society, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

G. Holstermann, V. Thangadurai, W. Weppner, *Electrical Conduction Pehnomena in the Dion-Jacobson Phase KCa2Nb3O10,* 203rd Meeting of the Electrochemical Society, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

V. Thangadurai, W. Weppner, *Single Element Approach for Electrochromic Display Using Lithium Ion Conducting Perovskite Oxides,* 203rd Meeting of the Electrochemical Society, Paris, Frankreich, 27.04.-02.05.2003

W. Weppner, *Interfacial Aspects in Advanced Ceramic Ion Conducting Sensors (eingeladen),* 204th Meeting of the Electrochemical Society, Orlando, Florida, USA, 13.-17.10.2003

W. Weppner, *Materials Science, Energy and Environment (eingeladen),* CSIRO, Science Advisory Council Meeting, Melbourne, Australia, 26.-31.10.2003

W. Weppner, *Festkörper-Ionik - Eine Herausforderung für Dünnschicht-Technologie,* Hahn-Meitner-Institut, Berlin, BRD, 13.-13.11.2003

V. Thangadurai, W. Weppner, *Development of Materials for All-Solid-State Ionic Devices(keynote),* International Conference on Ionic Devices (ICID), Chennai, India, 28.-30.11.2003

V. Thangadurai, W. Weppner, *Concept and Materials for Single Element Arrangement Solid Oxide Fuel Cells (SEA-SOFC's)(invited),* International Conference on Ionic Devices (ICID), Chennai, India, 28.-30.11.2003

R. Huggins, *Potential Distributions in Solid and Liquid Nonaqueous Electrolytes and Mixed Conductors Under Various Conductions,* International Battery Association - Hawaii Battery Conference, Big Island, Hawaii, 07.-10.01.2003

R. Huggins, *In-situ Formation of Amorphous Silicon and its Behaviour as a Negative Electrode Reactant in Lithium Systems,* SFB: Electroactive Materials, Graz, Austria,

02.-04.02.2003

R. Huggins, *Potential Distributions within Components of Electrochemical Cells,* 203rd Meeting of the Electrochemical Society, Paris, Frankreich, 01.-01.05.2003

R. Huggins, *Innovative H2/O2 Fuel Cell Using Molten Hydride Electrolyte /MHFC),* 14th International Conference on Solid State Ionics, Monterey, USA, 22.-27.06.2003

R. Huggins, *Amorphous Silicon Formed In-Situ as Negative Electrode Reactant in Lithium Cells,* 14th International Conference on Solid State Ionics, Monterey, California, USA, 22.-27.06.2003

R. Huggins, *In-situ Formed Amorphous Silicon as Negative Electrode Reactant in Lithium Cells,* Lithium Battery Discussion 2003: Electrode Materials, Bordeaux, Arcachon, Frankreich, 14.-19.09.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Herausgabe von Band 9 (6 Ausgaben) der Zeitschrift IONICS (W.F. Chu und W. Weppner)

Mitglied, Editorial Boards der Zeitschriften Journal of Solid State Electrochemistry and European Journal of Solid State and Inorganic Chemistry (W. Weppner)

Mitglied, Advisory Board des CSIRO, Australien (W. Weppner)

Mitglied, Advisory Committee, Confernce on Solid State Ionics - Transport Properties, Patras, Griechenland (W. Weppner)

Mitglied, International Scientific Committee, International Conference on Ionic Devices, Chennai, Indien, 28. - 30.11.2003 (W. Weppner)

Mitwirkung beim „Gründungspraktikum“ Elektrisch abdunkelbare Gläser (IONIK) des Lehrstuhls für Gründungs- und Innovationsmanagements der CAU (W. Weppner, W.F. Chu, Ch. Knittlmayer, J. Schwenzel, St. Warnat)

Member-at-large, Electrochemical Society, High Temperature Materials Division (W. Weppner)

Mitglied Wissenschaftlicher Beirat, Science Lab Förderverein e.V., Starnberg (W. Weppner)

CMA Centrum für Materialanalytik / TF-Praktika für Studierende der Ingenieurstudiengänge

Leitungsgremium: Dr. W. Brünger, Prof. Dr. F. Faupel, Prof. Dr. H. Föll, Prof. Dr. A. Heuberger, Prof. Dr. W. Jäger, Prof. Dr. P. Seegebrecht, Prof. Dr. W. Weppner

Die Lehrstühle und Arbeitsgruppen der Materialwissenschaft und der Elektrotechnik der CAU Kiel verfügen über hochmoderne Geräte und Techniken für Materialanalytik, Materialprüfung und Elektronenmikroskopie in der Materialwissenschaft. Das Centrum für Materialanalytik (CMA) stellt die vorhandenen Forschungsexpertisen und Methoden Kooperationspartnern aus Forschung und Wirtschaft für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsaufgaben und als Dienstleistung zur Verfügung.

Zu den bisherigen zentralen Aufgaben des CMA gehören:

- Materialcharakterisierung
- Struktur und Eigenschaften von dünnen Schichten, Oberflächenspektroskopie, mechanische Materialprüfung
- Bereitstellung von modernsten Geräten und wissenschaftlichem Fachwissen in Materialanalytik und Materialprüfung für interne und externe Nutzer
- Förderung von Forschungskooperationen, Service und Beratung für Industrie und Forschungsinstitute
- Erweiterung des Spektrums verfügbarer Methoden durch „resource sharing“ in Kooperationen
- Unterstützung bei Forschungsarbeiten der Studierenden
- Unterstützung der Ausbildung von Studierenden und Ingenieuren durch Lehr-und Kursmodule in Materialanalytik, Materialprüfung und Elektronenmikroskopie
- Unterstützung der Studierenden bei der Arbeitsuche durch Kontakte zu Industrie und Forschungsinstituten.

Das Angebot zum Technologietransfer des CMA umfasst auch die gemeinsame Bearbeitung und gegenseitige Vermittlung von Industrieanfragen auf der Grundlage einer Zusammenarbeitsvereinbarung der CAU/CMA mit dem Werkstoffanwendungs- und Technologiezentrum (WATZ) des GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH. Das CMA bietet Zugang zu modernsten, leistungsfähigen Messgeräten, die auch den Studierenden in Fortgeschrittenenpraktika und für ihre Forschungsarbeiten zur Verfügung stehen.

Seit dem 01.05. wurde das Aufgabenspektrum um die Einrichtung, Betreuung und Weiterentwicklung der materialwissenschaftlichen Studiengänge erweitert:

- Einwerbung und Vorbereitung der fachlichen Bewertung von Studienbewerbern
- Betreuung der Studierenden während des Studiums auch in Alltagsfragen
- Entwurf und Weiterentwicklung neuer Studiengänge
- Akkreditierung vorhandener Studiengänge
- Entwurf und Versand von Werbe- und Informationsbroschüren

Zu den zentralen Aufgaben gehört ferner die Organisation und Durchführung aller Materialwissenschaftlichen Praktika sowie der gemeinsamen Grundpraktika.

Ergebnisse

Centrum für Materialanalytik CMA

Die externen Aufträge waren im Jahr 2003 rückläufig. Wichtige Kooperationspartner aus der Wirtschaft in den letzten Jahren befinden sich in wirtschaftlichen Schwierigkeiten bzw. haben ihre Forschungsaktivitäten zurückgefahren. Die Geräte der CMA sind aber nach wie vor gut ausgelastet, da die interne Nachfrage gestiegen ist.

In 2003 wurde den Gerätepark des CMA um ein Oberflächenmessgerät erweitert: Das konfokale 3D-Weisslichtmikroskop μSurf bietet eine robuste, präzise, berührungslose und schnelle Messtechnik zur Ermittlung von Oberflächenkennwerten, wie z.B. Rauheit oder Mikrogeometrien. Der Anwendungsbereich reicht von glatten Oberflächen wie rückseitig geschliffenen Siliziumwafern über Rauhigkeitsmessungen an Metall- und Kunststoffoberflächen bis hin zu mikro- und nanostrukturierten Proben.

Mit dem konfokalen Oberfächenmesssystem μSurf der Fa. NanoFocus sind wir nun in der Lage, Oberflächentopographien bis 1nm Auflösung aufzunehmen, wobei ein Basisbereich xy von 160mm x 151mm zur Verfügung steht. Größere Flächen können durch Aneinanderreihen von Basisfeldern automatisch vermessen werden (Stitching).

Praktika und Studiengangsbetreuung

Das CMA hat im Zuge der Umstrukturierung zusätzlich die Organisation zweier weiterer Praktika übernommen. Durch den großen Erfolg des Studienganges Wirtschaftsingenieurwesen sind die Praktikumsplätze gut ausgelastet. Durch organisatorische Veränderungen beim Personaleinsatz gelang es, den Personalbedarf aus den Arbeitsgruppen zu reduzieren.

Für den Masterstudiengang in Materialwissenschaften hat das CMA in 2003 über 150 Bewerbungen evaluiert und 21 Studierende eingeworben. Die Studierenden werden seit ihrer Ankunft vom CMA betreut.

Im Zuge der inzwischen erfolgreichen Akkreditierung wurde in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Franz Faupel eine ausführliche Broschüre (194 S.) erstellt und die Webseiten unter http://www.kielmat.de neu gestaltet.

Es wurden Werbeplakate und Studienführer erstellt, gedruckt und ins Internet gestellt.

Für den geplanten Bachelorstudiengang wurde ein Konzept erarbeitet.

Personal

Leiter: Dipl.-Chem. K. Dolgner; Sekretariat: M. Wallisch (50%)
Technisches Personal: Dipl.-Ing. K. Rath

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Min. M. Schwitzke 01.01.-31.12.2003 (50%)

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Werkstoffprüfung I, 2 Std. Vorlesung/Woche,
K. Noack

Einführung in die Fertigungstechnik, 2 Std. Vorlesung/Woche,
K. Noack

Gemeinsames Grundpraktikum für Ingenieure I, 3 Std. Praktikum/Woche,
K. Noack (+ J. Noss, A. Bartsch, M. Wiatr, S. Christiansen, J. Kanzow, U. Schürmann, M. Schwitzke, R. Kunz)

Fachpraktikum I/Werkstoffprüfung I, 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Noack (+ A. Biswas, K. Dolgner, S. Hollensteiner, H. Kaack, J. Schwenzel, M. Schwitzke)

Materials Testing, 4 Std. Praktikum/Woche,
N. N. (+ M. Schwitzke, J. Kanzow, R. Kunz, S. Warnat, S. Daniel, J. Zekonyte, V. Thangadurai, Q.P. Fang, A. Biswas, H. Kaack, M. Sakthivel, W.F. Chu)

Werkstoffe und Werkstofftechnologien I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
K. Noack (+ F. Faupel, H. Föll, W. Weppner, W. Jäger)

Sommer 2003

Gemeinsames Grundpraktikum für Ingenieure II, 3 Std. Praktikum/Woche,
K. Dolgner (+ J. Noss, M. Wiatr, A. Bartsch, S. Christiansen, S. Langa, M. Schwitzke, V. Thangadurai, J. Zekonyte, C. Lehmann)

Fachpraktikum II/Werkstoffprüfung II, 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Dolgner (+ W.F. Chu, G. Holstermann, M. Sakthivel, T. Shiferaw, M. Schwitzke, S. Warnat)

Werkstoffe und Werkstofftechnologien II, 1 Std. Vorlesung/Woche,
K. Dolgner (+ K. Rätzke, F. Faupel, H. Föll, W. Weppner, W.F. Chu, W. Jäger)

Lab Course: Functional Materials, 4 Std. Praktikum/Woche,

K. Dolgner (+ Q.P. Fang, J. Kanzow, S. Langa, S. Lölkes, K. Rätzke, M. Sakthivel, U. Schürmann, E. Spiecker, V. Thangadurai)

Tutorium for Junior Students, 1 Std. Seminar/Woche,
K. Dolgner

Tutorium for Senior Students, 1 Std. Seminar/Woche,
K. Dolgner

Winter 2003/2004

Fachpraktikum Werkstoffprüfung, 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Dolgner (+ H. Greve, S. Hollensteiner, M. Jeppel, K. Rath, M. Schwitzke, J. Schwenzel)

Gemeinsames Grundpraktikum für Ingenieure I, 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Dolgner (+ M. Albrecht, A. Bartsch, S. Christiansen, H. Kaack, M. Jeppel, R. Bock, U. Schürmann, J. Tornow)

Tutorium for Junior Students, 1 Std. Seminar/Woche,
K. Dolgner

Tutorium for Senior Students, 1 Std. Seminar/Woche,
K. Dolgner

Werkstoffe und Werkstofftechnologien I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
K. Dolgner (+ K. Rätzke, M. Schwitzke, F. Faupel, H. Föll, W. Weppner)

Materials Testing, 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Dolgner (+ M. Schwitzke, J. Kanzow, G. Holstermann, M. Sakthivel, J. Zekonyte, V. Thangadurai, Q.P. Fang, L. Jiang, H. Greve, C. Knittelmeyer)

Lab Course Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
K. Dolgner (+ G. Hasse, J. Carstensen, E. Tsagarakis, J. Schwenzel, V. Zaporojtchenko, R. Kunz, H. Takele, E. Spieker, S. Hollensteiner)

Drittmittel

Diverse Auftragsarbeiten, *Geräteinstandsetzung und Erweiterung,* 01.01.-31.12.2003 (6.064,48)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

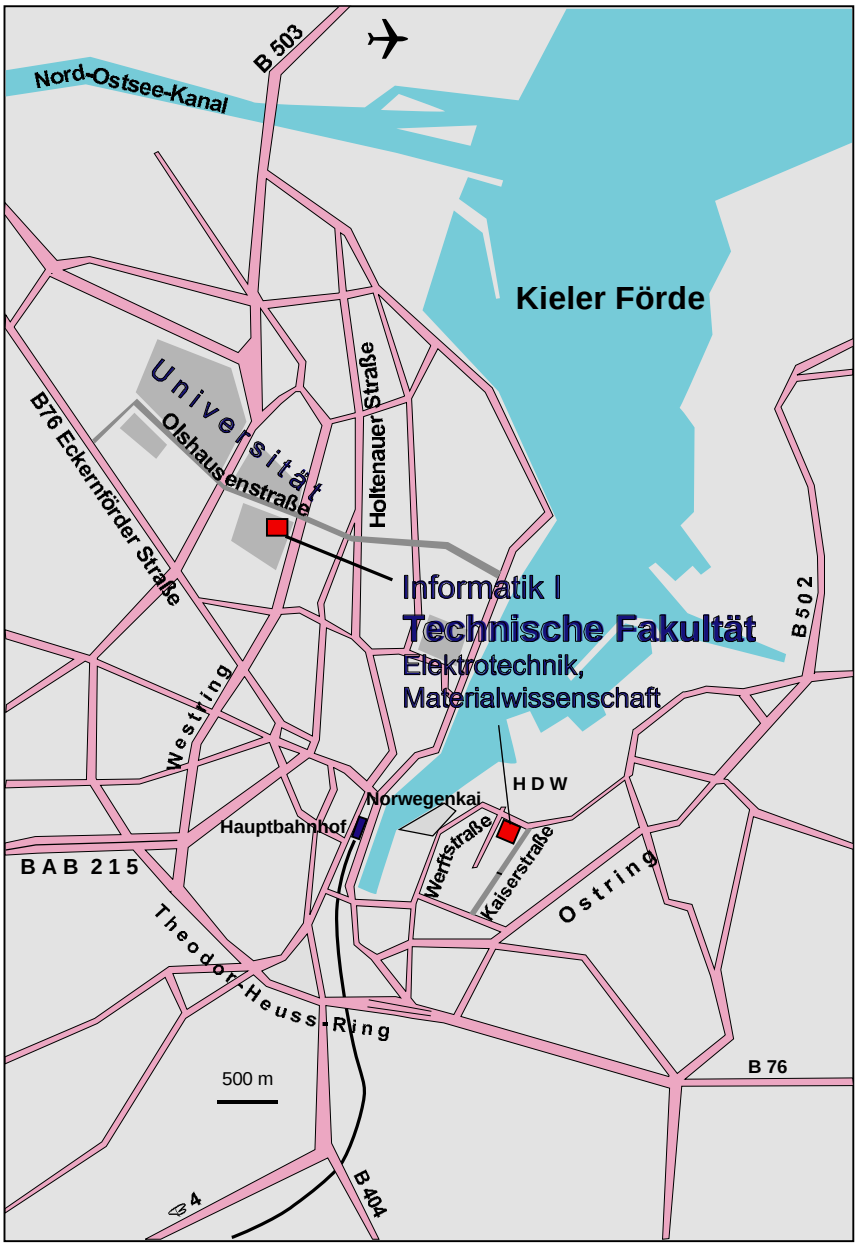
Die genannten Firmenkontakte beinhalten:

- Anfragen und Beratungen zur Schadensfallanalyse, zur Werkstoffauswahl und zur Oberflächenbehandlung
- Einzel- und Serienuntersuchungen von Schadensfällen, von Werkstoffkennwerten, von Verbindungstechniken und zum Werkstoffeinsatz
- Werkstoffanalysen im Makro- und Mikrobereich.

Firmenkontakte

1. Fette, Schwarzenbek
2. Sozialgericht Dortmund
3. Institut für Schadenverhütung u. Schadenforschung, Kiel
4. HDW Bereiche Kunststoff u. Metall, Kiel
5. Metalldrückerei Thate, Preetz
6. Elac, Kiel
7. Caterpillar, Kiel
8. Tricumed Medizintechnik, Kiel
9. Sanyo Energy, München
10. Signus Medizintechnik, Alzenau
11. Löffler Druckguß, Lübeck
12. Wöhlk, Schönkirchen

Technische Fakultät
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Kaiserstr. 2, D-24143 Kiel
0431 880-6001, -6068, FAX -6003
e-mail: dekanat@tf.uni-kiel.de
http://www.tf.uni-kiel.de



erstellt: 1.6.2004